



**KİNETİK VE KİNEMATİK ÖLÇÜM
PARAMETRELERİNE DAYALI ÜST
EKSTREMİTE ANTRENMAN CİHAZININ
TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Erkan YILMAZ

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Uğur FİDAN

BİYOMEDİKAL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Haziran 2018

Bu tez çalışması 17.FEN. BİL.17 numaralı proje ile BAPK tarafından desteklenmiştir.

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KİNETİK VE KİNEMATİK ÖLÇÜM PARAMETRELERİNE
DAYALI ÜST EKSTREMİTE ANTRENMAN CİHAZININ
TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Erkan YILMAZ

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Uğur FİDAN

BİYOMEDİKAL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Haziran 2018

TEZ ONAY SAYFASI

Erkan YILMAZ tarafından hazırlanan “Kinetik Ve Kinematik Ölçüm Parametrelerine Dayalı Üst Ekstremitte Antrenman Cihazının Tasarımı Ve Gerçekleştirilmesi” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 29/06/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Biyomedikal Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Uğur FİDAN

Başkan : Dr. Öğr. Üyesi Fecir DURAN
Gazi Üniversitesi
Teknoloji Fakültesi

Üye : Doç. Dr. Uçman ERGÜN
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Uğur FİDAN
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

İmza



Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
...../...../..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....

Prof. Dr. İbrahim EROL
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI
Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

29/06/2018

İmza
Erkan YILMAZ

ÖZET
Yüksek Lisans Tezi

**KİNETİK VE KİNEMATİK ÖLÇÜM PARAMETRELERİNE DAYALI ÜST
EKSTREMİTE ANTRENMAN CİHAZININ TASARIMI VE
GERÇEKLEŞTİRİLMESİ**

Erkan YILMAZ

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyomedikal Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Uğur FİDAN

Bedensel gelişmeyi sağlamak, eğlenmek ve yarışmak amacı ile belli kural ve tekniklere uyularak yapılan beden hareketlerinin tümü spor olarak adlandırılmaktadır. Spor, toplumların ekonomik, siyasi ve kültürel zenginliğini gösteren en önemli sosyal etkinlikler içerisinde yer almaktadır. Teknolojide yaşanan hızlı değişim her alanda olduğu gibi sağlık ve antrenman bilimlerinde de etkili olmuştur. Teknolojinin spor alanında kullanılması hassas ölçümlerin yapılmasını ve sporcu performanslarının nitel veriler yerine nicel veriler üzerinden objektif olarak değerlendirilmesini sağlamıştır.

Teknolojinin sağlık ve antrenman bilimlerine uygulanması ile birlikte sporcuların her yönden doğru yetiştirilmesi ve performanslarının artırılması sağlanmaktadır. Sporcunun ilgili olduğu spor dalındaki performansı kuvvet, dayanıklılık, sürat, esneklik ve koordinasyon olarak sınıflandırılan motorik özellikleri ile belirlenmektedir. Antrenörler tarafından planlanan antrenman programının ve sporcunun antrenman sırasında uyguladığı performansın etkinliği ancak bir sonraki testte belirlenebilmektedir. Bu durum hem zaman kaybına hem de ekonomik kayba neden olmaktadır. Bu konudaki temel problem sporcunun antrenman sırasında uyguladığı anlık performansının ölçülememesi ve bilişsel uyaranların antrenman programlarına dâhil edilmemesidir.

Bu çalışmada boks, judo, karate vb. üst ekstremiteler performansı gerektiren spor dalları için kinetik ve kinematik parametrelere dayalı antrenman ve ölçüm sisteminin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Geliştirilen sistem ile bilişsel uyaranlar antrenman

programına dâhil edilerek kuvvet, sürat ve koordinasyon parametreleri anlık olarak ölçülmektedir. Sporcunun antrenmanı esnasında çalıştırıcı tarafından belirlenebilen renkli bilişsel uyaranlara karşı uyguladığı kuvvet, uyaranlara verilen tepki süresi, toplam antrenman süresi vb. parametreler yazılım tarafından anlık olarak gösterildiği gibi antrenman sonunda da raporlanmaktadır. Sonuç olarak geliştirilen sistem ile sportif verimliliğe ait elde edilen kinetik ve kinematik veriler ile sportif performansın takip edilmesi, sporcuya uygun yeni antrenman yöntemlerinin geliştirilmesi, gerçekleştirilen antrenman programının etkinliğinin belirlenmesi ve sakatlık riskinin öngörülebilmesi sağlanmıştır.

2018, xi + 58 sayfa

Anahtar Kelimeler: Performans, Üst Ekstremité, Kinetik, Kinematik, Spor

ABSTRACT
M.Sc. Thesis

**KİNETİK VE KİNEMATİK ÖLÇÜM PARAMETRELERİNE DAYALI ÜST
EKSTREMİTE ANTRENMAN CİHAZININ TASARIMI VE
GERÇEKLEŞTİRİLMESİ**

Erkan YILMAZ

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Biomedical Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Uğur FİDAN

All of the body movements, which are carried out with the purpose of ensuring physical development, having fun and racing, and observing certain rules and techniques, are all called sports. Sports is one of the most important social events showing the economic, political and cultural richness of the societies. Rapid change in technology has affected the health and training sciences as well as every field. The use of technology in sports has made it possible to make precise measurements and objectively evaluate athletic performances over quantitative data rather than qualitative data.

With the application of technology to the health and training sciences, it is ensured that the athletes are trained in every direction and their performances are increased. The performance of the sport in which the athlete is concerned is determined by its motor characteristics, which are classified as strength, endurance, speed, flexibility and coordination. The performance of the training program planned by the coaches and the performance of the athlete during the training can only be determined in the next test. This situation causes both loss of time and economic loss. The main problem in this regard is that the athlete's instant performance during training is not measured and cognitive stimuli are not included in the training programs.

In this study, boxing, judo, karate and so on. it is aimed to develop a training and measurement system based on kinetic and kinematic parameters for sports branches that require upper extremity performance. With the developed system, the cognitive stimuli

are included in the training program and the force, speed and coordination parameters are instantly measured. The force applied to the color cognitive stimuli that can be determined by the coach during the training of the athlete, the response time to the stimuli, the total training time, the parameters are reported at the end of the training as indicated by the software instantly. As a result, the developed system and the kinetic and kinematic data obtained from the sportive productivity were used to monitor the sportive performance, to develop new training methods suitable for the athlete, to determine the effectiveness of the training program and to predict the disability risk.

2018, xi + 58 pages

Keywords: Performance, Upper Extremity, Kinetic, Kinematic, Sports

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın konusu, deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarından dolayı tez danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Uğur FİDAN'a, araştırma ve yazım süresince yardım ve desteğini esirgemeyen Hatice Kübra ZİĞARLI'ya, her konuda öneri ve eleştirileriyle yardımlarını gördüğüm hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkür ederim. Ayrıca bu tez çalışması 17.FEN.BİL.17 numaralı lisansüstü tez projesi olarak Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu (BAPK) tarafından desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı üniversitemize ve Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonuna teşekkür ederim.

Bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolayı aileme teşekkür ederim.

Erkan YILMAZ

AFYONKARAHİSAR, 2018

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ	3
2.1 Sportif Performans	3
2.2 Mekanik	4
2.3 Biyomekanik	5
2.3.1 Kinezyoloji	5
2.3.2 Spor Biyomekaniği	5
2.3.3 Biyomekaniğin Sporda Yeri	6
2.4 Antrenman Bilimi	7
2.4.1 Antrenman Biliminin Tarihi Gelişimi	7
2.4.2 Antrenman	8
2.4.3 Antrenmanın Temel Görevleri.....	10
2.5 Temel Motorik Özellikler	12
2.5.1 Kuvvet	12
2.5.2 Dayanıklılık	13
2.5.3 Sürat.....	14
2.5.4 Hareketlilik	15
2.5.5 Koordinasyon	16
2.6 Kaslar	17
2.6.1 Kasların Ortak Özellikleri	19
2.6.2 Çizgili Kasların (İskelet Kasının) Yapısı	19
2.7 Üst Ekstremité.....	21
2.7.1 Eklem Hareketleri.....	23
2.8 Literatür Taraması.....	25
3. MATERYAL VE METOT.....	29

3.1 Elektronik Geliştirme Kartı.....	29
3.2 Yük Hücresi	30
3.3 Yük Hücresi Kuvvetlendiricisi	31
3.3.1 Wheatstone Köprüsü	32
3.3.2 Seri Çevresel Arayüz Haberleşmesi (SPI).....	34
3.4 RF Haberleşme	35
3.5 Microsoft Visual Studio C# Programlama Dili	36
3.6 Antrenman ve Performans Ölçüm Sisteminin Tasarımı	37
3.6.1 Temel Ölçüm Biriminin Mekanik Tasarımı	38
3.6.2 Temel Ölçüm Biriminin Elektronik Tasarımı	39
3.7 Yazılım Algoritması	40
3.8 Kinetik ve Kinematik Parametrelerin Ölçümü	41
3.9 Kuvvet Sensörü Kalibrasyonu	43
3.10 Antrenman Protokolü.....	44
4. BULGULAR	46
4.1 Bilgisayar Tabanlı Ölçüm Sistemi Yazılımı	47
4.2 Mobil Cihaz Tabanlı Ölçüm Sistemi Yazılımı	49
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	51
6. KAYNAKLAR.....	53
ÖZGEÇMİŞ.....	56

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

g	Gram
µm	Mikrometre
mm	Milimetre
cm	Santimetre
m	Metre
kg	Kilogram
dB	Desibel
GHz	Gigahertz
mA	Miliamper
V	Potansiyel fark
N	Newton
Mbps	Saniyedeki megabit değeri
Kbps	Saniyedeki kilobit değeri
R ²	Belirleme katsayısı

Kısaltmalar

ABD	Amerika birleşik devletleri
ADC	Analog dijital dönüştürücü (analog digital converter)
APAS	Ariel performans analiz sistemi
AVR	Mikrodenetleyici
BAPK	Bilimsel araştırma projeleri koordinasyon birimi
BES	Beden eğitimi ve spor
DLL	Dinamik bağlantı kütüphanesi (dynamic link library)
IP66	Uluslararası koruma sınıfı kodu
ISM	Endüstriyel bilimsel tıbbi (industrial scientific medical)
KYM	Kırmızı yeşil mavi (red green blue)
EVA	Etilen vinil asetat
MAC	Machintosh işletim sistemi
PC	Kişisel bilgisayar (personal computer)
PGA	Programlanabilir güç yükselteci
RF	Radyo frekansı
RMS	Kare ortalamalarının karekökü (root mean square)
SPI	Seri haberleşme arabirimi (serial peripheral interface bus)
USB	Evrensel seri veriyolu (universal serial bus)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1	Mekaniğin alt dalları.	4
Şekil 2.2	Antrenman uygulamasına bir örnek.	10
Şekil 2.3	Kas doku türlerinin yapısal görünümü.	18
Şekil 2.4	İskelet kasının yapısı ve bağ dokuları.	20
Şekil 2.5	Miyofilamentlerin dizilimi.	21
Şekil 2.6	Sağ üst ekstremitte kemiklerinin önden görünüşü.	22
Şekil 2.7	Fleksiyon ve ekstansiyon hareketi.	24
Şekil 2.8	Abduksiyon ve adduksiyon hareketi.	24
Şekil 2.9	Rotasyon hareketi.	25
Şekil 3.1	Arduino geliştirme kartı ve Arduino tümleşik geliştirme ortamı.	29
Şekil 3.2	Yük hücresi ve gerinim ölçer sensörü.	30
Şekil 3.3	TAS606 yük hücresi.	31
Şekil 3.4	Wheatstone köprüsü devresi.	32
Şekil 3.5	Gerinim ölçer devresi.	33
Şekil 3.6	HX711 entegresinin blok diyagramı.	34
Şekil 3.7	Basit SPI haberleşme.	34
Şekil 3.8	Çoklu SPI haberleşme.	35
Şekil 3.9	NRF24L01 RF haberleşme kartı.	36
Şekil 3.10	Antrenman ölçüm sisteminin donanımsal blok şeması.	38
Şekil 3.11	Antrenman ölçüm sistemini oluşturan temel ölçüm birimi.	39
Şekil 3.12	Temel ölçüm birimine ait elektronik tasarım.	40
Şekil 3.13	Antrenman ölçüm sisteminin yazılım algoritması.	41
Şekil 3.14	Kuvvet ölçümü.	42
Şekil 3.15	Reaksiyon süresi hesaplama.	43
Şekil 3.16	Kuvvet ölçümü kalibrasyonu için kurulan deney düzeneği.	43
Şekil 3.17	Kuvvet sensörü kalibrasyon grafiği.	44

Şekil 3.18 Örnek antrenman protokolü.	45
Şekil 4.1 Gerçekleştirilen antrenman ve performans ölçüm sistemi.	46
Şekil 4.2 Antrenman ve performans ölçüm sisteminin bilgisayar yazılımı.	48
Şekil 4.3 Antrenman ve performans ölçüm sistemi için bilgisayar yazılımında antrenman protokolünün belirlenmesi.....	48
Şekil 4.4 Rapor formatı.	49
Şekil 4.5 Antrenman ölçüm sisteminin mobil uygulaması.....	50



ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1 NRF24L01 RF haberleşme kartının teknik özellikleri(İnt.Kyn.12).....	36
Çizelge 4.1 Gerçekleştirilen antrenman ve performans ölçüm sisteminin teknik özellikleri	47



1. GİRİŞ

Belirli teknik ve kurallara uyularak yapılan, bedensel gelişime yararlı, eğlenmek ve yarışmak amacı da bulunan beden hareketlerinin tümüne spor denilmektedir. Yıllar boyunca spor, toplumların en önemli sosyal etkinlikleri içerisinde yer almıştır. Teknolojide yaşanan hızlı değişimin ekonomik, siyasi ve kültürel olmak üzere birçok alanı etkilediği görülmektedir. Bu alanlardan biri de hiç şüphesiz ki spordur. Teknoloji, sağlık ve antrenman bilimlerindeki gelişmeler günümüzde sporcuların her yönden doğru yetiştirilmesini sağlamıştır. Teknolojinin sağlık ve antrenman bilimlerine uygulanması ile birlikte sporcuların performansları artırılmış ve sportif başarıları geliştirilmiştir. Bundan dolayı günümüzde spor teknolojilerinden yararlanmak bir tercih değil zorunluluk haline gelmiştir.

Kültürlerarası etkileşim aracı olan spor sürekli artan rekabet düzeyi ile ulusal kimliğin ve itibarın dünya üzerinde kanıtlandığı bir alan haline gelmiştir. Sporcunun ilgili olduğu spor dalında performansını motorik faktörler belirlemektedir. Teknolojinin spor alanında kullanılması hassas ölçümlerin yapılmasını ve sporcu performansını oluşturan faktörlerin nitel veriler yerine nicel veriler üzerinden değerlendirilmesini sağlamıştır. Antrenörler tarafından planlanan antrenman programının ve sporcunun antrenman sırasında uyguladığı performansın etkinliği ancak bir sonraki testte belirlenebilmektedir. Bu hem zaman kaybına hem de ekonomik kayba neden olmaktadır.

Nisan 2016'da milyonlarca öğrenciyi yakından ilgilendiren, Gençlik ve Spor Bakanlığı ile Millî Eğitim Bakanlığı arasında ülkemizde sporun ve sporcunun geliştirilmesi amacıyla imzalanan protokol kapsamında, Milli Eğitim Bakanlığı'na ait tesisler okul dışı zamanlarda gençlik ve spor faaliyetlerinde kullanılabilecektir. Bunun yanı sıra Gençlik ve Spor Bakanlığı'nın insan kaynakları ve tesisleri de Milli Eğitim Bakanlığı'nın faaliyetlerinde kullanılabilecektir. İki bakanlık arasında imzalanan iş birliği protokolüne göre 5. sınıflarda tüm öğrencilerin yetenek testinden geçirilmesi ve bu kapsamda 8 yıl içerisinde bütün öğrencilerin en az bir spor dalında lisans alması hedeflenmektedir. Yetenekleri doğrultusunda eğitim alan öğrenciler 8. sınıfta eğitimleriyle ilgili kapsamlı bir değerlendirmeye tabi tutulacak ve öğrencilere gerekli

yönlendirmeler yapılacaktır (İnt.Kyn.1). Bu protokol, sporun önemini ortaya koyduğu gibi spor alanında teknolojiye olan ihtiyacı da gündeme getirmiştir. Maalesef ülkemizde spor teknolojileri ile ilgili üretimin bulunmaması ve yapılan akademik çalışmaların istatistiksel yöntemlerle sınırlı kalması spor bilimcileri ile mühendislik bilimcileri arasında iletişim eksikliğinin olduğunu göstermektedir.

Bu çalışma ile üst ekstremité performansı gerektiren alanlarda kullanılabilecek kinetik ve kinematik parametrelere dayalı bir antrenman ölçüm sistemi gerçekleştirilecektir. Bu sistem ile sporcunun antrenör kontrolünde antrenman yapması ve aynı zamanda sporcuya ait kinetik ve kinematik parametrelerin ölçümü sağlanacaktır. Elde edilen veriler sportif performansın takip edilmesinde ve uygun antrenman yöntemlerinin belirlenmesinde sporcu ve antrenörlere yön gösterecektir. Çalışmanın amacı sporcuya ait hareketlerin farklı metot ve yöntemlerle analiz edilmesi ve sporcunun performansını oluşturan motorik özelliklerine ait verilerin nicel olarak ortaya konulmasıdır.

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

2.1 Sportif Performans

Sportif bir aktivitenin meydana getirilmesi sırasında o aktivitenin gerektirdiği fizyolojik, biyomekanik ve psikolojik verime performans denilmektedir. Performans, bir sporcunun göstermiş olduğu ortalama icranın bir göstergesidir. Performans antrenman seviyesi, yaş, cinsiyet, motivasyon, genetik, beslenme ve sağlık gibi iç etkenlere bağlı olmasının yanında spor kıyafetleri, nem oranı, yükseklik ve uygun zemin gibi dış etkenlerin etkisi ile de değişmektedir. Performansın belirlenmesi, sportif başarının en önemli unsurudur. Sporcu için planlanan antrenman programları ve yöntemlerinin sporcunun o anki performansına göre yapılması gerekmektedir. Elde edilen veriler sportif performansın takip edilmesinde ve uygun antrenman yöntemlerin belirlenmesinde sporcu ve antrenörlere yön göstermektedir (Kamar 2003).

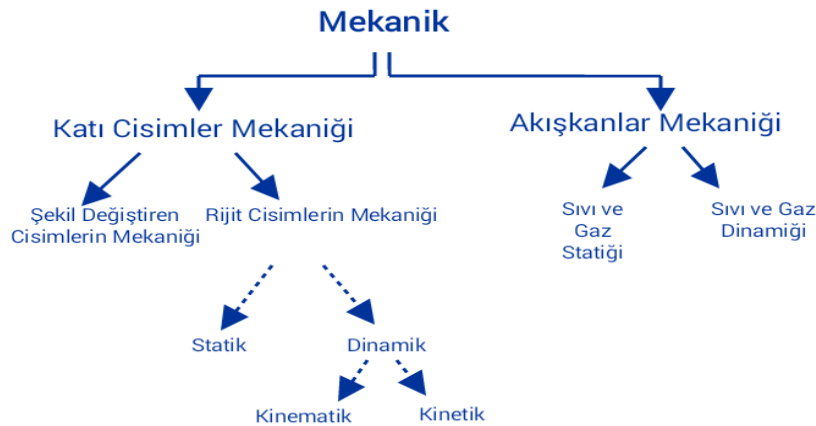
Sportif performans, sporcunun motorik düzeyinin biçimlenme derecesidir. Karmaşık yapısından dolayı çok fazla parametre içermektedir. Bu nedenle sportif performans gelişiminin sağlanması için yapılan antrenmanların sporcunun sınırını birden fazla yönden zorlayacak şekilde olması gerekmektedir. Performansı belirleyen iç ve dış etkenlerin uyumlu bir şekilde gelişiminin sağlanması ile bireysel ya da takım olarak en iyi başarıya ulaşılmaktadır. Sportif performans uzun süreli antrenman boyunca, antrenmanın amacı, kapsamı, metot ve bazı diğer faktörlere bağlı olarak planlanması ile geliştirilmektedir (Bilgiç 2017).

Sporcuya ait hareketlerin farklı metot ve yöntemlerle analiz edilmesi sporcunun motorik özelliklerine ait verileri nicel olarak ortaya koymaktadır. Bu verilerin düzenli olarak kayıt altına alınması sporcunun gelişim sürecinde ve performans artışının planlanmasında önemli yer tutmaktadır. Konu ile ilgili uluslararası çalışmalara bakıldığında sporcunun anatomik yapısından ayakkabısına kadar her alanda yapılan çalışmaların olduğu ve ölçümlere dayalı nicel verilerin değerlendirilmesi sonucunda performans arttırmaya yönelik yeni ürünler geliştirildiği görülmektedir (Wixted *et al.* 2007).

Özellikle takım sporlarında yapılan genel antrenman programları, bazı sporcuların gelişimini sağlarken bazılarında ise gerekli katkıyı sağlayamamaktadır. Bu durum ise takımın genel başarısızlığına neden olmaktadır. Sporcuların birey olarak performans durumlarına göre sınıflandırılarak antrene edilmeleri, takım başarısını sağlamaktadır. Performans testlerinin sporcuların spor dalını icra etmeye başlamadan önce uygulanması ile elde edilen sonuçlara göre antrenman programları planlanmaktadır. Bu yaklaşım ile sporcunun mevcut durumu ortaya konularak iyi durumda olan performansa veya eksikliğe göre daha sistemli bir şekilde antrenman programları hazırlanmış olacaktır. Antrenman sırasında yapılan performans testleri ise antrenman programının başarısını ortaya koymaktadır. Bu aşamada yapılan test sonuçları değerlendirilerek sporcuların hedeflenen performansa ulaşması için antrenmanın programı yeniden planlanmaktadır. Çeşitli performans testleri ile sporcunun veya takımın durumu hakkında bilgi sahibi olmak eksikliklerin giderilmesinde, yeni taktiklerin geliştirilmesinde ve spor sakatlıklarının önüne geçilmesinde önemli yer tutmaktadır.

2.2 Mekanik

Mekanik, objeler üzerine etki eden kuvvetleri inceleyen fizik biliminin alt dallarından birisidir. Kuvvet ya da bileşke kuvvet etkisindeki cisimlerin denge veya hareket durumlarını fiziğin temel kanunlarına göre incelemektedir. Cisimlerin dengede ya da hareketli olmasına göre mekanik katı ve akışkanlar mekaniği olarak 2'ye ayrılır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Mekaniğin alt dalları.

2.3 Biyomekanik

Biyolojik varlıkların hareketlerini mekanik prensipler kullanarak açıklamaya ve değerlendirmeye dayanan bilim biyomekanik olarak adlandırılmaktadır. Başka bir deyişle biyomekanik, fiziksel hareketlerin sayısal veriye dönüştürülerek incelendiği bir bilim dalı olarak ifade edilebilir (Dönmez vd. 2014). Yürüme, koşma, atlama gibi aktivitelerin oluşumu ve ortaya çıkış şekli biyomekanik ile açıklanmaktadır. Biyomekanik, hareketleri oluşturan mekanik kuralların biyolojik yapı, hücre, doku ve daha geniş anlamda organizma seviyesindeki etkilerini ve ortaya çıkan sonuçlarını incelemektedir. Bu nedenle biyomekanikğin sadece insan ve insan hareketleri ile ilgili bir alan olmadığı, doğadaki tüm canlıları ve nesneleri ilgilendirdiği görülmektedir. Örneğin; biyomekanik analizlerin ilk örneği olan atın koşma hareketi, bir bitkinin büyüme ve gelişmesi sırasında güneş ışınlarını takip ederek gün içinde yaptığı hareket veya günlük yaşamda kullandığımız eşyaların insanın fiziksel yapısına uygunluğu vb. konular biyomekanik bilimi içerisinde incelenmektedir.

2.3.1 Kinezyoloji

Kinezyoloji fizyolojik yapılar üzerindeki anatomik ve mekanik etkilerin incelenmesidir. Bir kasın hangi tür kasılma ile hareket açığa çıkardığı kinezyoloji alanına ait bir çalışma iken bu kasın kasılması ile ortaya çıkan kuvvetlerin miktarı, hızı, yönü biyomekanik alanını ilgilendirmektedir. Dirsek eklemine oluşan 50°'lik bir fleksiyon hareketini gerçekleştiren kaslar ve özellikleri kinezyolojinin konusu iken, bu açının kaslar üzerinde yaptığı etki sonucu açığa çıkan kuvvetlerin özellikleri biyomekanikğin konusu olmaktadır.

2.3.2 Spor Biyomekanikği

Spor biyomekanikği, dinlenme veya hareket anında insan vücudu üzerine etkiyen kuvvetleri ve bu kuvvetlerin diğer nesnelere, kişilere olan sonuçlarını inceleyen bir bilim dalıdır. İnsan vücudunun düzgün, koordineli ve amacına uygun olarak yaptığı hareketler kas iskelet sistemi tarafından gerçekleştirildiğinden spor biyomekanikği katı

cisimler mekaniği içinde incelenmektedir. Kemik, kas, bağ, ligament, fasya ve destek dokusu ile açığa çıkarılan kuvvet, esneklik, sürat ve dayanıklılık spor biyomekaniğinin temel konularını oluşturmaktadır. Spor biyomekaniği aynı zamanda vücuda dışarıdan etki eden kuvvetleri de incelemektedir. Bu kuvvetler bir rakipten, partnerden, top, yer veya raketten uygulandığı gibi hava veya sudan da gelmektedir. Dolayısıyla spor biyomekaniği sadece katı cisimler mekaniğini değil, kısmen de olsa akışkanlar mekaniğini de ilgilendirmektedir. Bu şekilde vücudun içinde ve dışında gelişen kuvvetler arasındaki ilişkiler ve etkileşimler sonucu sporcudan beklenen hareketler açığa çıkarken vücut kısımları sürekli olarak az ya da çok baskı altında kalmakta ve zamanla dokularda şekil bozuklukları oluşmaktadır. Gözle görülemeyen, önceleri hissedilemeyen bu bozukluklar üst üste bindikçe artmakta ve aşırı kullanım adı verilen yaralanmalara neden olmaktadır. Bu durumların tanımlanması, en aza indirgenmesi veya önlenmesi spor biyomekaniğinin bir diğer ilgi alanı olan deforme olan cisim mekaniğini ilgilendirmektedir. Disk veya cirit fırlatan bir atletin omuz eklemindeki ya da tenisçinin dirsek eklemindeki aşınmalar, bir kürekçinin veya bisikletçinin belinde gerçekleşen osteoartritlik rahatsızlıklar vb. gerekli önlemlerin alınmasıyla önlenilmekte veya hafifletilebilmektedir.

2.3.3 Biyomekaniğin Sporda Yeri

Spor alanında en iyiye ulaşma çabası spor biyomekaniği alanında yapılan bilimsel çalışmalar ile önemli gelişmelerin elde edilmesine yol açmaktadır (Havuç vd. 2007). Teknolojideki ilerlemelere bağlı olarak uygulama alanları genişleyen bu bilim dalında kullanılan gözleme dayalı araştırma yöntemleri yerini bilgisayar yardımıyla yapılan hareket analizlerine bırakmıştır. Spor biyomekaniğinin gelişmesini sağlayan bir diğer konu ise elit düzeyde veya sağlıklı yaşam için yapılan sporun insan vücudunda yol açabileceği yaralanmaların en aza indirilmesidir. Nitekim bilindiği üzere doğru hareket prensipleri çerçevesinde yapılan sportif hareketler sayesinde, vücuda binen yükler en düşük düzeyde tutulabilmektedir. Böylece doğrudan ve aşırı kullanıma bağlı olarak gelişen harabiyetlerin önlenmesi veya etkilerinin azaltılması mümkün olmaktadır. Dolayısıyla, biyomekaniğin spor bilimi içindeki etkinliğinin giderek artmasının en

önemli nedenleri arasında sporcunun en iyi seviyeye ulaşabilmesi ve spor yaşamını olabildiğince üst seviye performansta tutabilmesi gelmektedir (İnal 2004).

2.4 Antrenman Bilimi

2.4.1 Antrenman Biliminin Tarihi Gelişimi

İnsan vücudunun belirli amaçlar için eğitilmesi düşüncesi, insanlığın dünya üzerindeki varlığı kadar eskiye dayanmaktadır. Güçlü bir doğa, hayvan âlemi ve buna benzeyen tehlikeler karşısında savunmasız kalan insanoğlu, yaşama uğraşında davranışlarını bu duruma karşı değiştirmek zorunda kalmıştır. Bu süreçte, insanoğlu nefesine ve bacaklarına güvendiği sürece bu tehlikeler karşısında durumunu güvenilir şekilde sağlayabileceğini düşünerek kendini geliştirmeyi denemiştir. Ancak, bu tehlikeli üstün güçlere karşı mücadele etmenin ve başarılı olmanın, insan vücudunda birtakım yeteneklerin geliştirilmesine bağlı olduğunu da anlamıştır. İnsanoğlu günlük yaşantısında bu zorluklarla doğa yaşamı içerisinde çok sık karşılaşmıştır. Bu nedenle yaşantısı içerisinde güç ve yeteneklerini geliştirirken çeşitli alıştırmalara da yer vermiştir. Bu yapılan alıştırma bazen günlük yaşantısı içerisinde olurken, bazen de planlı ve amaca yönelik davranışlar olarak görülmüştür.

İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra spor bilimindeki gelişmelere paralel olarak antrenman bilimi de gelişmiştir. Burada ülkelerin çeşitli spor aktiviteleri ile kendilerini spor aracılığıyla tanıtmak ve kendilerini dünyaya kabul ettirmek düşüncesi önemli bir etken olmuştur.

Dünyadaki ilk genel antrenman araştırmalarından sayılan Sovyet Matwejew'in "Spor Antrenmanının Periyotlanması" adlı kitabında spor türlerindeki planlama ve yönetim ile ilgili bilgiler genelleştirilmiş, antrenman şekilleri ve tanımlarına yer verilmiştir. 1970'li yıllardan sonra antrenmanda yüksek performans daha çok antrenörler, spor eğitimcileri ve spor metotçularının ortak çalışması ile gerçekleştirilmiştir. Çünkü antrenmanın etkileri ve sonuçları o yıllarda antrenman içeriğini ve antrenman metodunu geliştirmiştir. Bu içerik ve metotlar uygulamalı antrenmanın spor eğitimi dallarında

uygulanmış, bu uygulamalar ve deneysel olarak doğru ya da yanlış bilgiler bir araya getirilerek fizyolojik başarı parametreleri ile geçerlilik kazanmıştır.

Antrenmanın sistematik yapıldığı tarihler 1935’li yıllara rastlamaktadır. Bundan önceki yıllarda spor etkinliklerinin yaygın olduğu bilinmekte, fakat bu konuda sistematik bir yaklaşımın var olduğu söylenememektedir. 1935’ten 1970’li yıllara kadar yapılan sistematik antrenman beden eğitimi kuramlarından hareketle gerçekleştirilmiş ve özgün olmayan bir yapı içerisinde değerlendirilmiştir. Başlangıçta karmaşık olan spor metodolojisinin milletler arası tecrübelerin bir araya getirilmesi sonucu ağırlık noktaları belirlenmiştir. Örneğin; 1970’lerde rekorlara göz atacak olursak Avusturyalı Derek Clayton, İngiliz David Bedford haftalık 320 km’yi bulan antrenmanlarla rekorlara ulaşabilmişlerdir. Sonraki yıllarda daha az kilometre koşularak aynı performansın elde edildiği gözlemlenmiştir.

Antrenman bilimindeki teknik gelişmelerin yanı sıra psikolojik antrenman ya da antrenmana yönlendirmede motive etme, antrenmanı sürdürme ve yarışma hazırlığında psikolojik etkiler günümüzde birçok ülke tarafından önemle ele alınarak bu konudaki araştırmalar yoğun şekilde sürdürülmektedir. Araştırma konularının başında sporcuların yarışma ve performansa hazır oluşlarının psikolojik açıdan sağlanması, otojenik (gevşeme tekniği) antrenman, saldırganlık sorunlarının engellenmesi ve kişilik faktörlerini göz önünde bulunduracak daha iyi antrenman yönteminin geliştirilmesi vb. konularda araştırmalar yapılmıştır. Sonuç olarak, spor alanında başarı göstermiş önde gelen ülkeler bilim ve teknolojiyi etkin ve yaygın bir şekilde kullanmaktadırlar. Antrenman biliminde uygulanan bilim ve teknoloji bireysel sporlarda olduğu kadar takım sporlarında da üst düzeyde performans geliştirmek için kullanılmaktadır.

2.4.2 Antrenman

Günümüzde antrenmanın geniş anlamdaki tanımı, bireyin fiziksel, psikolojik, zihinsel veya mekanik verimini planlı olarak hızlı arttırmaya yönelik olan, mevcut sporcu verimi göz önünde bulundurularak organize edilmiş eğitim olarak ifade edilmektedir. Sporun bilimsel olarak gerçekleştirildiği ülkelerde antrenman süreci çeşitli araştırmalara,

gözlemlere ve uygulamalara konu olmuştur. Farklı ülkelerde yapılan çalışmaların bir bütün olarak değerlendirilmesi sonucu antrenman bilgisi ortaya çıkmıştır. Sporcunun ilgili olduğu alanda müsabakalara en iyi şekilde hazırlanmasında etken olan bütün öğeler laboratuvar çalışmaları ile ölçümlenerek ayrıntılarıyla incelenebilmekte ve kurallara bağlanabilmektedir.

Holmann, antrenmanı tıp açısından şöyle tanımlamaktadır: “Antrenman, organizmada fonksiyonel ve morfolojik değişmeler sağlayan ve sporcuda verimin yükseltilmesi amacıyla belirli zaman aralıkları ile uygulanan yüklenmelerin tümüdür.” Ulich ise antrenmanı eylem psikolojisi açısından “beceri ve yeteneklerin eylem planı ve eylem yapılarının optimalleşmesini sağlayan düzenli ve planlı bir süreç” olarak tanımlamaktadır.

Mellerowics/Meler ise antrenmanı “güç yeteneğinin yükseltilmesi ve spor dallarında başarıya ulaşmasını sağlamak amacıyla sporcunun bedeni ve psikosomatik gelişiminde son derece etkin olan yöntem” şeklinde tanımlamaktadır. Tüm bu tanımlamaların yanı sıra Alman literatüründe antrenman süreci daha çok pedagojik açıdan değer kazanmıştır. Başka bir deyişle antrenman eğitim ve öğretim süreci olarak görülmektedir. Harre ise “Spor antrenmanı, sporda gelişimi sağlamak için bilimsel, özellikle pedagojik ilkelere göre yönlendirilen süreçtir. Bu süreç, planlı ve sistemli biçimde etkilenecek sporcuların bir veya daha çok spor dalında üstün başarıya ulaşmasını amaçlar.” şeklinde ifade etmiştir.

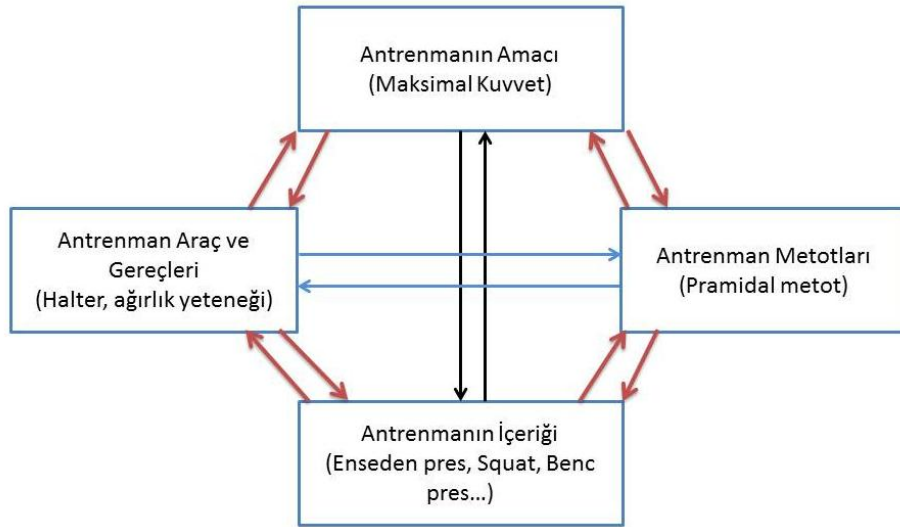
Antrenman ile

- Kuvvet, dayanıklılık, sürat, hareketlilik ve koordinasyon gibi kondisyon özelliklerinin düzeltilmesi ve geliştirilmesi,
- Teknik, taktik ve oyun anlayışı gibi özelliklerin düzeltilmesi ve geliştirilmesi
- Kişilik gelişimi ve eğitimi

gibi özelliklerin gelişimi amaçlanmaktadır.

Fiziksel eğitimin çeşitli alanlardaki özel nitelikleri, spor antrenmanında değişik hedeflerin aranması ile sonuçlanmaktadır. Bu hedeflere uygun olarak fiziksel eğitimin bütün alanlardaki spor antrenmanı yalnızca sportif verimi arttırmaya yönelik değil, aynı zamanda yaşlanmaya bağlı olarak azalan verim potansiyeli ile mücadele etmeye, böylece verimi kontrol ederek sporcunun spor hayatında daha fazla kalmasını sağlamaya ya da var olan zihinsel, fiziksel verimi ve motivasyonu korumaya yöneliktir.

Antrenman yolu ile istenilen amaçlara ulaşabilmek için her antrenman planlanmış, iyi organize edilmiş ve uygulanabilir olmalıdır. Bu nedenle antrenman öncesi sürece ilişkin tüm amaçlar belirlenmelidir. Antrenman içeriği, antrenman amaçlarına ulaşmak için kullanılacak araştırmaları kapsamaktadır. Sportif verimliliğin en üst düzeyine ulaşabilmek için, antrenmanın amacına yönelik seçilen alıştırımların uygun yüklenme ilkelerine göre uygulanması büyük önem taşımaktadır. Şekil 2.2’de doğru bir antrenman uygulamasının önemli kısımları görülmektedir.



Şekil 2.2 Antrenman uygulamasına bir örnek.

2.4.3 Antrenmanın Temel Görevleri

Yarışma amacı ile gerçekleştirilen spor antrenmanının hedefi, sporcuların yarışmalarda en yüksek sportif verime ulaşabilmeleri için hazırlanmasıdır. Bu nedenle spor antrenmanının başlıca görevi, spor dallarının özel gereksinimlerine ve antrenmanın

gereksinimlerine dayandırılmıştır. Spor verim yapısına göre antrenmanın başlıca görevi, bireysel verim faktörlerini iyi kullanma ve geliştirme amacı ile hedef spor müsabakalarındaki gerçek yarışma gereksinimlerine karşılık gelen faktörler arasındaki mevcut ilişkilerin en iyi hale getirilmesidir. Bireysel olarak verim faktörleri sıra ile beş başlık altında incelenmektedir.

- *Kişiliğin Geliştirilmesi:* Kişilik davranışlarda, inançlarda ve alışkanlıklarda görülmektedir. Bir taraftan antrenman ve yarışmanın gereksinimlerine paralel olumlu tavırlar o gereksinimleri karşılayabilmek için bir koşul oluştururken diğer tarafta, bunlar sürekli olarak düzenli spor aktiviteleri esnasında bireye kazandırılmaktadır. Yüklenen görevleri yerine getirmek için mücadele verirken kişilik sürekli etkilendiğinden antrenman yönteminin bilinçli ve sistemli pedagojik gözetim altında bulundurulması gerekmektedir.
- *Kondisyon:* Esas olarak sürat, kuvvet ve dayanıklılığın geliştirilmesini içermektedir. Bu motorik kondisyonel özellikler yarışma amaçlı spor için gerekli ön şartları oluşturmaktadır. Kondisyon çalışmalarının temel prensibi, planlı ve sistemli antrenmanın birkaç yıl sürecek şekilde hazırlanması ile sporcuların var olan kondisyonundan daha fazlasını gerçekleştirmeye yönelik, çok fazla strese dayanabilme yeteneğine ulaşabilmesidir.
- *Spor Tekniği ve Koordinasyon:* Seçimi doğru yapılmış bir teknik, sporcunun fiziksel kondisyonunu en uygun ve ekonomik şekilde kullanmasını sağlamaktadır. Sporcu kendi fiziksel özelliklerine uygun olan tekniği benimseyerek kendi spor dalına uygun şekilde kazanılmış refleksleri harekete dönüştürmektedir. Sporcunun gücü, dayanıklılığı ve sürat yeteneği antrenmanlar ile geliştirildikçe tekniğin biçiminin de düzeltilmesine devam edilmektedir.
- *Taktik Antrenman:* Sporcunun fiziksel kondisyonuna, psikolojik kapasitesine ve genel olarak tüm motorsal özelliklerine göre rakibinin zayıf ya da kuvvetli olmasına karşı etkin bir şekilde karşılık vermesini veya müsabaka sırasında her türlü olası durumlara adapte olmasını doğru taktik sağlamaktadır. Ulusal ve

uluslararası yarışmalarda yarışmaların değişen yoğunlukları nedeniyle taktik antrenmanın önemi sürekli olarak artmaktadır. Sporcu, yarışmaları kazanmasına olanak verecek taktikleri uygulamaya koyabilmek için bu konuda daha önceden çalışma yapmış ve yeteneklerini kazanmış olmalıdır.

- *Zihinsel Antrenman:* Yarış amaçlı spor ile ilgilenen sporcuların zihinsel yeteneklerinin daha fazla geliştirilmesi konusunda da uğraşılması gerekmektedir. Antrenman esnasında sporcu kendisi için düşünebilmeli ve hareket edebilmelidir. Yarışmalarda sürekli artan verim düzeyi ve verim yoğunluğu için düşünceleri ile taktik fikirlerini uygulayabilmelidirler. Bunları yapabilmek için sporcunun sistemli olarak zihinsel yeteneklerinin geliştirilmesi, teorik spor antrenman bilgisinin yenilenmesi, bu edindiği bilgileri antrenman ve yarışmaya yansıtması gerekmektedir.

2.5 Temel Motorik Özellikler

Tüm spor dallarında antrenmanın amacı, belirli bir fizyolojik seviyeye ulaşmak ve bu düzeyi korumak ve geliştirmektir. Sportif verim olarak düşünüldüğünde çok sayıdaki yetilerin ortaya çıkardığı bir durumdur. Bu farklı kavramlar birbirinden isim olarak ayrılırlar da antrenman uygulaması içinde bir bütün olarak değerlendirilmelidir. Bir bütün olarak ele alındığı zaman sporcunun sportif performansı ortaya çıkmaktadır. Temel motorik özellikler kişinin yaşamında herhangi bir antrenman yapılmasa bile tamamen doğal bir gelişim süreci içerisinde gelişmektedir. Örnek olarak sporda verimi belirleyen yetilerden biri olan kuvvet, antrenman yapılmasa bile vücudun gelişimine paralel olarak 25-30 yaşına kadar gelişmektedir. Dayanıklılık, sürat, hareketlilik, koordinasyon ve kuvvet sporda verimi belirleyen motorik özelliklerdendir.

2.5.1 Kuvvet

Sportif performansı belirleyen motorik özelliklerden olan kuvvet, genel olarak bir dirence karşı koyabilme yetisi ya da bir direnç karşısında belirli bir ölçüde dayanabilme yetisi olarak tanımlanmaktadır. Spor bilimi açısından değerlendirildiğinde ise kuvvet,

bir kaldıraç sistemine benzer kemik ve kas yapısıyla güç uygulayabilme yeteneğidir. Kuvvet yetisinin değişimi büyük önem taşımaktadır. 20 yaşına kadar gelişim hızı üst düzeyde iken 20-30 yaşları arasında bu hız düşerek devam eder. İnsan temel motorik özelliği olan kuvvet yetisi ile bir kütleye sahip objeyi hareket ettirebilir, bir direnci yenebilir ya da ona kasları ile oluşturduğu etkiyle karşı koyabilir. Kuvvet, sporda oluşturulan aktivitelerinin temel faktörüdür ve sportif performansın temelini oluşturmaktadır. Spor biliminde kuvvet kasların uyarılması ile kasılma sonucu oluşmaktadır. Çok karmaşık bir özellikte olmasından dolayı değişik alanlarda ve değişik biçimlerde tanımlanıp sınıflandırılmıştır. Kuvveti açıklamak için önce, belirli kuvvet özelliklerinin hangi antrenman amaçlarına yönelik geliştirilmek istendiği belirlenmelidir. Kuvvet, test edilen kas grubuna göre özellik göstermektedir. Diğer bir deyişle, pençe kuvveti yüksek olan kişinin bacak kuvvetinin de mutlaka yüksek olması gerekmemektedir (Günay vd. 2006).

2.5.2 Dayanıklılık

Dayanıklılık sporcunun fiziki ve fizyolojik yorgunluğa dayanma gücü olarak tanımlanmaktadır. Dayanıklılık, insan vücudunun uzun süre devam eden sportif antrenmanlarda, yorgunluğa karşı direnç gösterebilme ve oldukça yüksek yoğunluktaki yüklenmeleri uzun süre devam ettirebilme yeteneğidir. Genel olarak dayanıklılık birey ile ilgili bir yetidir. Bu yetinin kalitesi kalp-dolaşım sistemi, solunum sistemi, sinir sistemi ve psikolojik etkenlerle belirlenebilir. Bundan dolayı dayanıklılık vücudun karşı direnç yetisidir. Yorgunluk bu nedenle ortaya çıkmaktadır ve yapılan aktivite aynı şiddette olmasına rağmen gittikçe zorlaşmakta ve sonuçta sporcu için olanaksız hale gelmektedir.

Dayanıklılık insan vücudunun belirli istekler ve yüklenmeler altında çeşitli şekillerde çalıştırılmasının sonucudur. Bu durum kendisinin bir taraftan yorgunluğa karşı uzun süreli yük altında direnç yeteneğinde, diğer taraftan yüklenme sonrası organizmanın çok çabuk normale dönme yetisi ile kendini göstermektedir (Dündar 2003).

Kasın uyumlu çalışması, merkezi sinir sisteminde oluşan yorgunluk bilgisi ile ilgili olmaktadır. Yani merkezi sinir sisteminde oluşan hareket yorgunluğu, yüklenmenin kesilmesini ya da hareket şiddetinin azaltılmasını gerektirebilmektedir. Bundan dolayı kaslara sinirler yoluyla giden emirlerin sayı ve şiddetinde bir azalma meydana gelmektedir.

Dayanıklılığın istenen seviyeye ulaşabilmesi, uygulanacak değişik antrenman yöntemlerinin ve içeriklerinin ne kadar iyi uygulandığına göre değişiklik göstermektedir. Antrenman yapmayanlarda kalp ağırlığı 250-300 g iken, antrenman yapan sporcularda bu değer 350-500 g kadardır. Kalbin büyüklüğünün artması kalp atım ve hacminin yükselmesini sağlayarak dayanıklılık kabiliyetinin gelişmesini sağlamaktadır (Sevim 2002).

2.5.3 Sürat

Sporcunun en önemli motorik özelliklerinden biri olan sürat yetisi, aktivite sırasında sporcunun kendisini en yüksek hızda bulunduğu konumdan başka bir konuma hareket ettirebilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Başka bir deyişle, hareketlerin mümkün olduğu kadar yüksek bir hızla uygulanması yeteneğidir. Bir uyarı sonucu sporcunun en kısa sürede reaksiyon gösterebilme özelliği veya farklı dirençlerde olabildiğince hızlı uygulanan hareketlerdir (Muratlı 1991). Diğer motorik özelliklere nazaran geliştirilmesi en sınırlı olan, genellikle bireyin kalıtsal olarak taşıdığı fizyolojik potansiyel üzerine çalışılarak iyi hale getirilebilen bir özelliktir. Sporun her dalında başarıyı yakalayabilmek için değişik seviyelerde de olsa bir sürat düzeyine ihtiyaç vardır (Dündar 2003).

Sürat sadece vücudun tamamını bir konumdan başka bir konuma en yüksek hızda hareket ettirmekten oluşmamaktadır. Vücut bölümlerinin bir hareketi uygularken oluşturduğu hızı da kapsamaktadır. Örneğin; bir boksörün yumruk atmadaki sürati, voleybolda smaç yaparken kolun sürati gibi vücut kısımlarının oluşturduğu hız da sürat kavramını oluşturmaktadır.

Antrenman biliminde sürat özelliği genel tanımlamalara rağmen spor dalının özellikleri dikkate alınarak belirlenmiştir. Bu belirlemeler,

- *Reaksiyon Sürati:* Bir uyarının verilmesinden, hareketin ilk belirtisinin görüldüğü kas kasılmasına kadar geçen zaman reaksiyon sürati olarak adlandırılmaktadır. Burada duyu organlarının uyarılması ile merkezi sinirler yardımı ile beyne gelen bu uyarı işlem görür ve işlem sonucu sinirsel yapı ile hareket emri ilgili organlara gönderilir. Emri alan organ aktiviteyi gerçekleştirir.
- *Maksimal Dönüşümsüz Sürat:* Kasın bir zaman içerisinde kasılıp gevşeme yeteneği olarak tanımlanır. Dönüşümsüz hareket sürati güreşçiler, atlayıcılar, boksörler, gülle atma spor dallarında kullanılır. Her hareketin hızı, iyi geliştirilmiş bir kas sistemi ve kas kuvvetinden olumlu yönden etkilenirken yetersiz kuvvet ve yetersiz koordinasyon dönüşümsüz hareket hızını olumsuz etkilemektedir.
- *Maksimal Dönüşümlü Sürat:* Koordinasyon sürati ve temel sürat diye de isimlendirilen bu sürat türü, sürat koşuları, yüzme, kürek, kano, bisiklet gibi aynı seyirde devam eden hareketlerdeki sürati ifade etmektedir. Bu sürat formunun en önemli kısmı hareket ritmidir. Hareket ritmi kasların kasılması ile gevşemesi arasındaki ekonomik ilişkidir.
- *Kuvvet sürati:* Bu maksimum dönüşümsüz ve dönüşümlü süratlerin büyük dirençlere karşı oluşturduğu özelliktir. Örneğin gülle atmadaki sürat, kuvvet süratidir. Kuvvet süratinin artması kuvvetin artırılması ve koordinasyon gelişimi ile gerçekleştirilebilir.

2.5.4 Hareketlilik

Genel anlamda oynaklık, esneklik, yumuşaklık, aktiflik yeteneği olarak anlaşılmaktadır. Hareketlilik, sporcunun hareketlerini eklemlerin müsaade ettiği oranda, geniş bir açıda ve değişik yönlerde uygulayabilme yeteneğidir. Esneklik eklem ya da eklemlerin geniş

açılarda hareket edebilmesidir. Eklem oynaklığı ise tendonların(kiriş), bağların ve eklem kapsüllerinin esnekliğini içermektedir. Hareketlerin isteğe uygun olarak yapılabilmesi için hareketlilik temel gerekliliklerden birisidir. Hareketin oluşturulduğu iskelet kaslarının elastik özelliklerinin iyi olması kasların mekanik olarak daha fazla yük altına girebileceği ve sakatlık riskinin de bu sayede azalacağı anlamına gelmektedir.

İnsan vücudunun hareketliliği, iskelet sistemi, kaslar, ligamentler ve tendonlar yardımıyla sağlanmaktadır. Bir hareket uygulanırken, bu hareket için gerekli olan kuvvet, kas ve eklemlerin yardımı ile ortaya çıkmaktadır. Antrenmanların ana unsurunu oluşturan hareketlilik özelliği, sporda istenilen motorik güce erişebilmek için önemli bir yer tutmaktadır. İyi geliştirilmemiş bir hareketlilik şu durumlara neden olmaktadır;

1. Teknik bir hareketin öğrenilmesini engellemekte ve uygulanmasını zorlaştırmaktadır.
2. Sakatlıklara neden olmaktadır.
3. Diğer motorik özellikler ile etkileşim içinde olduğu için diğer özelliklerin öğrenilmesini ve uygulanmasını zorlaştırmaktadır.
4. Hareket açısını sınırlandırmaktadır.

2.5.5 Koordinasyon

Koordinasyon, amaç olarak yapılmak istenen hareket için, sinir sistemi ile iskelet-kas sisteminin bir uyum içerisinde olmasıdır. Koordinasyon yetisi, sporcuların karşılaştıkları durumlara hızlı ve amaca uygun uyum sağlamasıdır. Koordinasyon yetisi düzeyi ne derece yüksek olursa yeni hareketlerin öğrenilmesi o derece kolay ve çabuk olmaktadır. Tüm sportif becerilerin öğrenilmesi, geliştirilmesi ve belirli bir verim düzeyine ulaşabilmesi, ilgili tekniğin ince bir formda amaca uygun bir şekilde akılcı, güvenli ve çabuk tarzda yapılması koordinasyon kavramı ile belirginlik kazanmaktadır. Koordinasyon yetisinin gelişimi değişik yaş dönemlerini içerse de bu yeti genel olarak 7 yaşından itibaren ergenlik dönemi başlangıcına kadarki dönemde en üst düzeyde geliştirilmektedir.

Sporda bazı becerilerin gerçekleştirilebilmesi için el-ayak veya el-göz koordinasyonu gerekmekte iken bazı becerilerin gerçekleştirilmesi için ise tüm vücut koordinasyonuna ihtiyaç vardır. Yarışma amaçlı spordaki başarıda, becerilerin öğrenilmesinde, geliştirilmesinde hatta günlük yaşam içerisinde işlerin yapılmasında önem taşıyan koordinasyonun geliştirilmesi için gerek beden eğitimi programlarında gerekse spor dalına yönelik antrenman programlarında koordinasyon öğelerini içeren çalışmalara yer verilmektedir.

Koordinasyon yetisi iki ana bölüme ayrılmaktadır:

- *Genel Koordinasyon:* Vücudun bütününde oluşan koordinasyondur.
- *Özel Koordinasyon:* Uygulanan hareketin özelliklerini içeren teknik taktik ve benzeri hareketlerin koordinasyonudur.

2.6 Kaslar

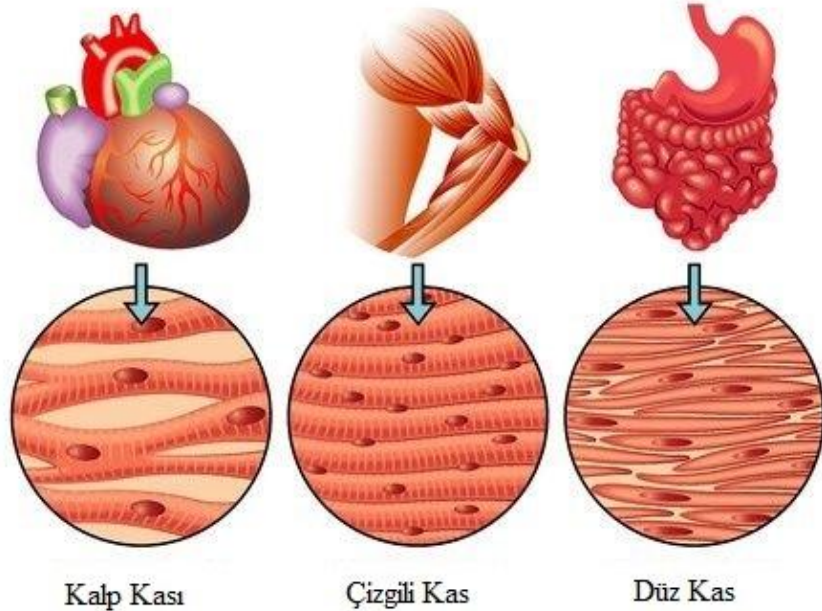
Hareket etmek vücudun temel fonksiyonudur. Kemik ve eklemler vücudun kaldıraçları olup, iskeleti oluştursalar da tek başlarına hareket etme yetenekleri yoktur. Uyarılabilen özellikteki binlerce kas hücresinin bir araya gelerek oluşturduğu kas doku, gelen elektriksel uyarıları zar yüzeyleri boyunca iletebilme ve bu elektriksel değişiklik sayesinde mekanik olarak kasılabilme ve boyunu kısaltabilme yeteneğine sahiptir.

İskelet sisteminin gerçekleştirdiği hareketler, kanın tüm vücuda pompalanması, sindirim ve solunum gibi organik faaliyetlerin oluşumu kasların kasılması ve gevşemesi ile gerçekleştirilmektedir. İskelet kasları özellikle egzersiz açısından ayrı bir önem taşımaktadır. Çünkü her türlü fiziksel iş ve spor aktiviteleri kaslar tarafından oluşturulmaktadır.

Kasılma ve gevşeme yeteneğine sahip olan kaslar organizmada vücut ağırlığının yaklaşık %40-45'ini oluştururlar. Organizmada 3 tür kas dokusu bulunmaktadır. Bunlar sırayla şu şekildedir.

- *Düz Kaslar:* Otonom sinir sistemi tarafından uyarılan ve istem dışı kasılan düz kaslar, aktin ve miyozin filamentlerinin, belirli bir düzen içinde değil de rastgele bir dağılım göstermesi nedeniyle, mikroskopik açıdan enine çizgi göstermezler ve bu yüzden düz kaslar adını alırlar. Sinirsel kontrolü nedeniyle de istem dışı kasılan kaslar olarak nitelendirilirler. Kan damarları, iç organlar, bağırsak vb. organlarda bulunurlar.
- *Çizgili Kaslar (İskelet Kasları):* Aktin ve miyozin filamentlerinin belirli bir düzen içinde yer aldığı iskelet kasları, çizgili görünümündedirler ve istemli kaslar olarak adlandırılırlar. Somatik sinir sistemi tarafından uyarılan iskelet kaslarının kasılması ve gevşemesi ile vücut hareketleri meydana gelmektedir.
- *Kalp Kası:* Yapısal açıdan iskelet kaslarına benzeyen kalp kası çizgili görünümündedir. Fonksiyonel açıdan bakıldığında ise düz kaslara benzemektedir. İstem dışı olarak otonom sinir sistemi tarafından kontrol edilmektedir.

Kas doku türleri Şekil 2.3'te görülmektedir.



Şekil 2.3 Kas doku türlerinin yapısal görünümü.

2.6.1 Kasların Ortak Özellikleri

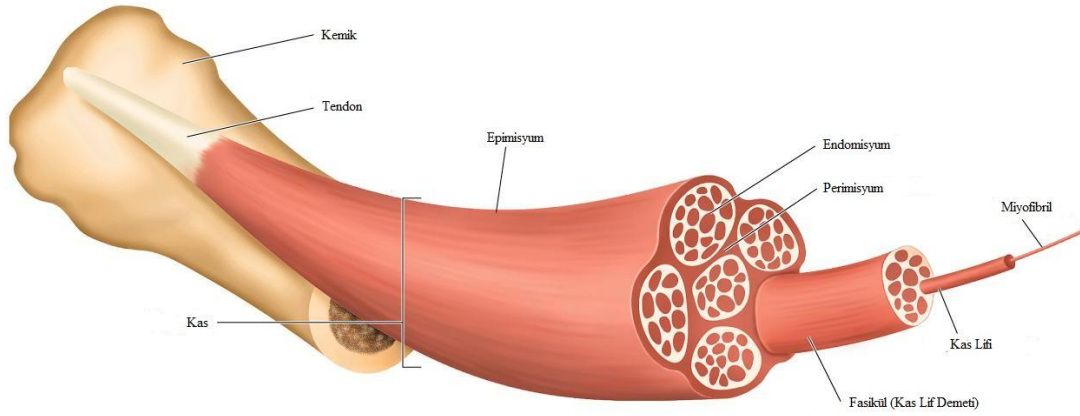
Kasların 5 temel özelliğinden bahsedilebilir. Bunlar uyarılabilme, uyarıları iletebilme, kasılabilme, esneklik (elastik olma) ve viskozite özellikleridir.

- *Uyarılabilme:* Kas doku sinirler ile uyarılabilir yapıdadır.
- *İletebilme:* Kas doku sinir uyarılarını zar yüzeyleri boyunca iletebilir.
- *Kasılabilme:* Kasın uyarana cevabı kasılmasıdır. Kasın kasılması sırasında boyunda uzama-kısalma veya geriliminde değişme meydana gelmektedir.
- *Esnek (Elastik):* Kasın uyarana beraber kasılmasından sonra gevşemesi ile kasılmadan önceki ilk haline dönebilmesi esneklik olarak adlandırılmaktadır.
- *Viskozite Özelliği:* Kaslar viskoz özelliğine de sahiptirler. Kas kasılırken şeklini değiştirmek isteyen iç ve dış kuvvetlere karşı iç sürtünme ile karşı bir zorluk gösterir. Bu özellik sayesinde kas kasılması sırasında bir frenleme meydana gelir ve bu da kası tehlikelerden (kopma, yırtılma) korur.

2.6.2 Çizgili Kasların (İskelet Kasının) Yapısı

İskelet kasları lif adı verilen kas hücrelerinin bir araya gelmesiyle ve bağ dokudan oluşmaktadır. Bu liflerin boyu 1 mm-30 cm ve çapları 1-100 µm arasında değişkenlik gösterir. Kasın yapısında binlerce kas hücresi bulunmaktadır. Her bir kas hücresinin yüzeyi endomisyum adı verilen bağ doku ile sarılmıştır. Belirli sayıdaki lifler bir araya gelerek fasikülü (kas lifi demetleri) oluştururlar. Fasiküllerin çevresi perimisyum adı verilen bir bağ doku ile sarılmıştır. Kas fasiküllerinin bir araya gelmesiyle de çizgili kas dokusu meydana gelmektedir. Kas dokularının etrafı da yine epimisyum adı verilen fibroz bağ doku ile sarılıdır.

Bir iskelet kası kitlesi genellikle iskelet sisteminin iki eklemi arasında, kemiklerin iki ucundaki periosteumuna (kemik dış zarı) veya başka bir kasa, bağ dokudan oluşan tendonlar aracılığıyla bağlanır. Her üç bağ doku da uçlarına doğru tendonları oluştururlar. Böylece kaslar doğrudan kemikle bağlantı yapmayıp, kasta oluşan kuvveti tendonlar aracılığı ile kemiklere iletirler. Ayrıca iskelet kasları hücreleri uzun, silindirik şekilde ve çok sayıda çekirdek içerirler. İskelet kasının yapısı Şekil 2.4'te görülmektedir.

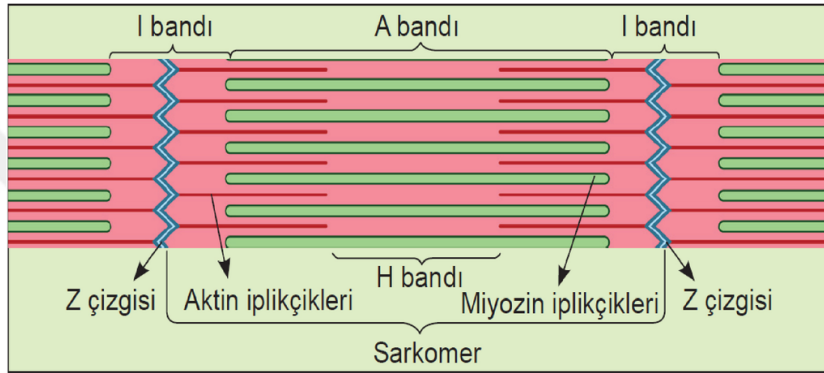


Şekil 2.4 İskelet kasının yapısı ve bağ dokuları.

Kas hücrelerini çevreleyen hücre zarına sarkolemma adı verilir. Kas hücresi ve sinirlerin sınırı oluşturan sarkoplazmada organik ve inorganik bileşikler bulunur. Kas hücreleri sarkoplazma içerisinde asılı halde bulunan ortalama 100 miyofibrilden oluşmaktadırlar. Miyofibriller iskelet kasının kasılma mekanizmasında görev alan fonksiyonel birimlerdir. Miyofibriller uzunlamasına incelendiğinde çok sayıda bölmelere ayrılmışlardır ve bu bölmeler sarkomer olarak adlandırılmaktadır. Sarkomer kas hücrelerinde kasılma işini yapan en küçük birimdir. Sarkomeri dolayısıyla miyofibrilleri oluşturan protein yapısındaki miyofilamentler; aktin ve miyozin olmak üzere iki yapıdan oluşmaktadır.

Miyofibrili oluşturan ince filament aktin, troponin ve tropomiyozin proteinlerinden oluşurken, kalın filament sadece miyozin moleküllerinden oluşur. Aktin filamenti 50-70 angström, miyozin filamenti 100-150 angström uzunluğundadır. Aktin filamenti aktinde yer alan moleküllerin birbiri ardına sıralanması ile oluşur.

Kas hücrelerindeki miyofibril ve dolayısıyla sarkomerde miyofilamentlerin yerleşim düzeni, iskelet kas hücrelerine çizgili görünüm verirler. Şekil 2.5’de miyofilamentlerin dizilimi görülmektedir. Burada sarkomerin her iki ucunda aktin filamentlerinin oluşturduğu bölgeye I bandı adı verilir ve açık renkli görülür. A bandı ise aktin ve miyozin filamentlerince oluşturulur ve koyu renkli görülür. A bandının ortasında ise yalnızca miyozin filamentlerinden oluşan H bandı yer alır. Aktin filamentlerinin I bandının arasında ise Z çizgileri bulunur ve iki Z çizgisi arasındaki bölgeye sarkomer adı verilir ve sırasıyla I-A-I bantlarından oluşur.



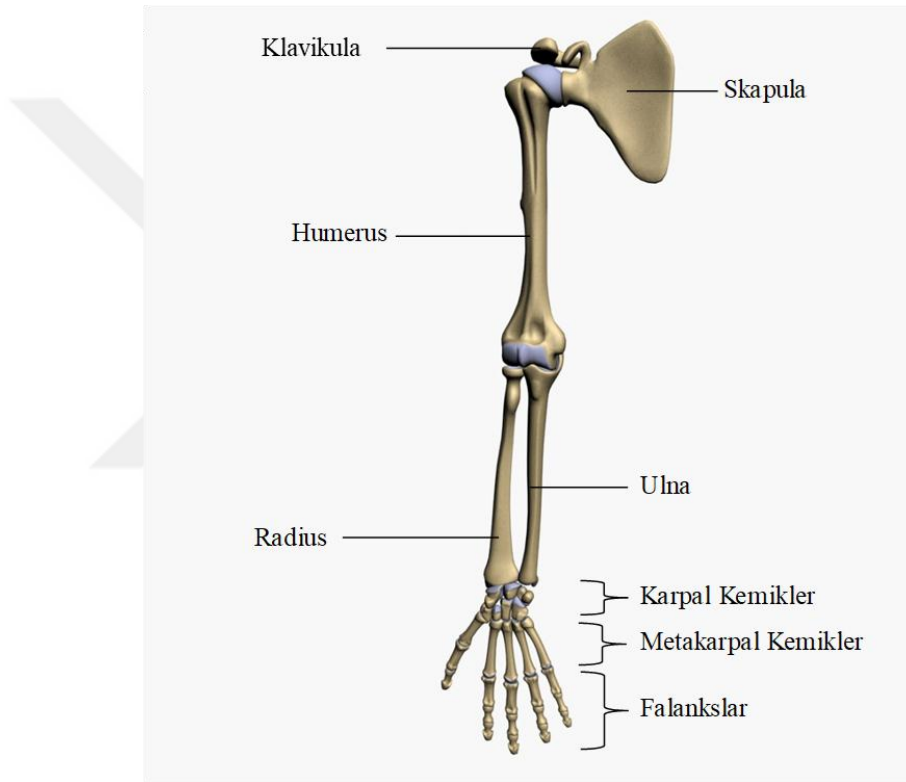
Şekil 2.5 Miyofilamentlerin dizilimi.

2.7 Üst Ekstremité

Omuz kavşağı adı verilen bölge ile başlayarak sırasıyla kol, önkol ve el ile devam eden kemikler üst ekstremité kemikleri olarak adlandırılmaktadır. Omuz kavşağını iki kemik meydana getirir. Biri, önde yer alan klavikula, diğeri arkada yer alan skapuladır. Omuz eklemi ile dirsek eklemi arasındaki bölgeye kol bölgesi denir. Burada tek bir kemik olan humerus bulunur. Dirsek eklemi ile bilek eklemi arasında yer alan kısma önkol adı verilir. Bu bölgenin iskeletine radius ve ulna isimli iki kemik katılır. El bileği ekleminin distalinde kalan kısma da el bölgesi denilir. Buranın iskeletine ossa manus ismiyle bilinen toplam 27 kemik katılır. Şekil 2.6’da insana ait üst ekstremité kemiklerinin önden görünüşü görülmektedir.

Klavikula (Köprücük Kemigi): Omuz bölgesi iskeletini oluşturan kemiklerden biridir. Yayvan S harfine benzer kıvrımlar gösterir. İki ucu ve bir korpusu (gövde) vardır. İç ucu sternumla dış ucu skapulanın akromiyonu (kemik çıkıntısı) ile eklem yapar.

Skapula (Kürek Kemigi): İki yüzü ve üç kenarı vardır. Arka yüzünde spina skapula isimli dikenimsi bir çıkıntı vardır. Bu çıkıntı dış köşede akromion isimli bir yapı ile sonlanır. Kostal yüzü skapulanın kaburgalara bakan ön yüzünü oluşturur. Dış kenarında, kavitas glenoidalis bulunur. Humerusun baş kısmı buraya eklem yapar.



Şekil 2.6 Sağ üst ekstremité kemiklerinin önden görünüşü.

Humerus (Kol Kemigi): Uzun kemik tipindendir. Üst ucu, alt ucu ve gövdesi bulunur. Proksimal uçta küre şeklinde yukarıya-içe doğru bakan kaput humeri (çaput humeri) bulunur ve skapuladaki kavitas glenoidalis ile eklem yapar. Distalde ise radius ve ulna ile eklem yapar.

Ulna (Dirsek Kemigi): Ön kolun mediyalinde bulunan uzun kemiklerdendir. Proksimal ve distalde radius ile eklem yapar.

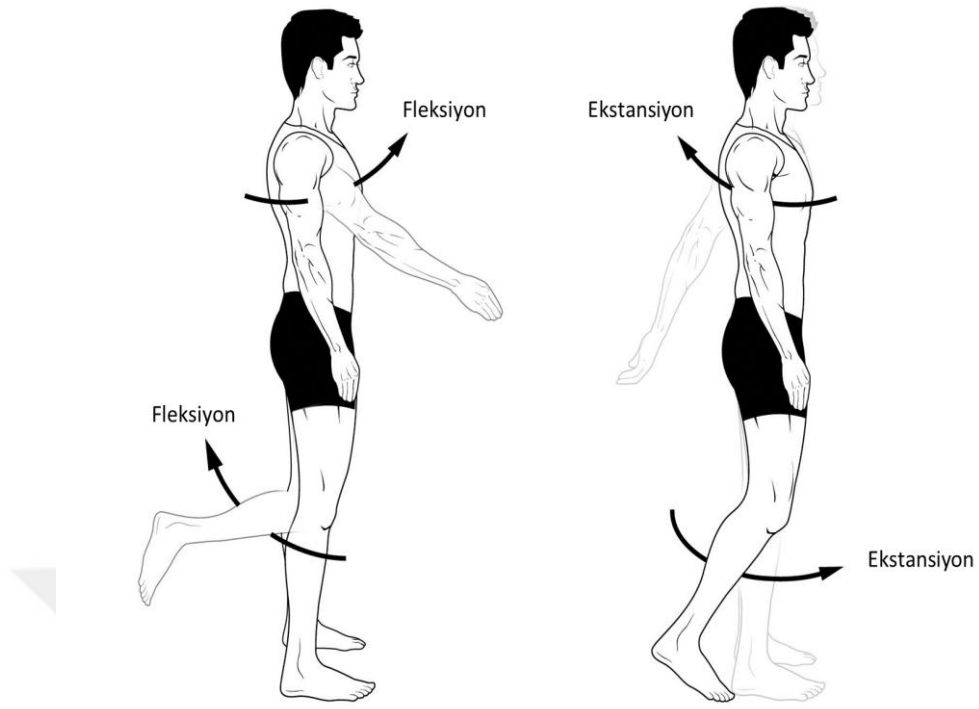
Radius (Döner Kemik): Ön kolun lateralinde bulunur. Distalde el bileği kemikleri ile eklem yapar.

El Kemikleri (ossa manus): El bölgesini oluşturan kemikler 3 ana bölüme ayrılmaktadır. Bunlar el bileğini oluşturan, toplam sekiz kemikten oluşan el bileği kemikleri (karpal kemikler), beş adet kemikten oluşan el tarak kemikleri (metakarpal kemikler) ve elin parmaklarının iskeletini oluşturan el parmak kemikleri(falanks)dir (Sarsılmaz 2012).

2.7.1 Eklem Hareketleri

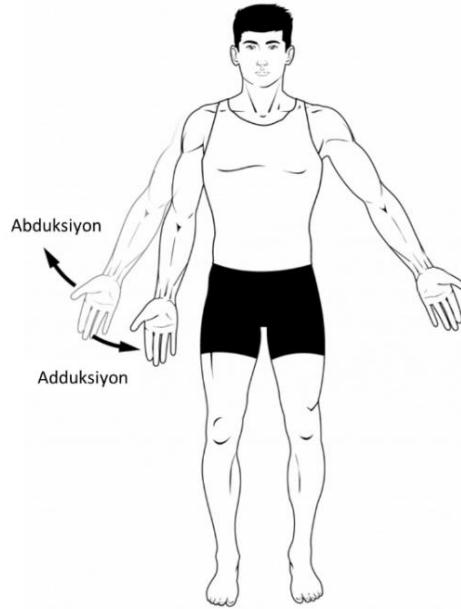
Birden fazla kemiğin bir araya gelmesi ile oluşan eklemler, kemikleri birbirine bağlayan özelleşmiş işlevsel bağlantılardır. Yapısına katılan kemik sayısına göre eklemler, basit eklemler ve bileşik eklemler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Hareket kabiliyetlerine göre ise eklemler oynamaz, yarı oynar ve oynar olmak üzere üç grupta toplanmaktadır. İskelet sisteminde hücre, doku ve organları bir arada tutan çeşitli bağ dokuları bulunmaktadır. Ligamentler iki kemiği birbirine bağlamakta görev almaktadırlar. Bağlar, eklem kapsülü içinde yer alıp almamasına göre iç bağlar ve dış bağlar olarak ikiye ayrılmaktadır. Kasları kemiğe bağlamada görev alan bağlara tendon adı verilmektedir (İnt.Kyn.2). Kas-kemik bileşim hareketlerini anlatırken fleksiyon, ekstansiyon, abduksiyon, adduksiyon ve rotasyon terimleri kullanılmaktadır. Bunları sıra ile açıklamak gerekirse;

Fleksiyon-Ektansiyon: Çoğunlukla sagittal düzlemde yapılan hareket olan eklem açısının azalması fleksiyon, eklem açısının artması ekstansiyon olarak adlandırılmaktadır (Şekil 2.7).



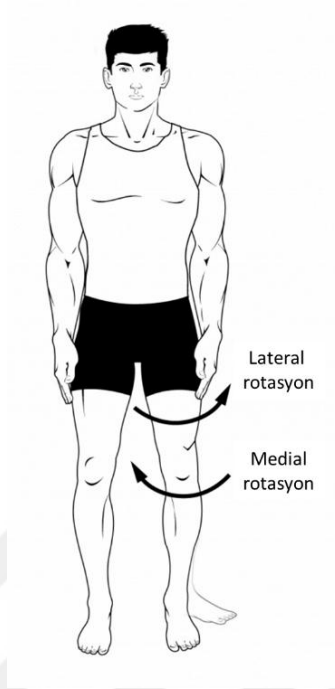
Şekil 2.7 Fleksiyon ve ekstansiyon hareketi.

Abduksiyon, Adduksiyon: Vücudun medial eksenden uzaklaşma hareketi abduksiyon, medial eksene yaklaşma hareketi adduksiyon olarak tanımlanır (Şekil 2.8).



Şekil 2.8 Abduksiyon ve adduksiyon hareketi.

Rotasyon: Yer değişme olmaksızın eklemin bir eksen etrafında (şekil 2.9) dñnmesidir (Sarı 2017).



şekil 2.9 Rotasyon hareketi.

2.8 Literatür Taraması

Perş ve arkadaşları (2002) yaptıkları çalışmada, sporcunun hareketinin bazı yönlerinin piyasada mevcut olan yüksek hızlı, yüksek doğrulukta biyomekanik ölçüm sistemleri kullanılarak detaylı olarak incelenebildiğini fakat sınırlamalarından dolayı bu cihazların oyun sırasında büyük ölçekli hareketi incelemek için uygun olmadığını iddia etmişlerdir. Büyük ölçekli hareketi incelemek ve özellikle büyük ölçekli hareket verilerini elde etmek amacıyla video tabanlı, bilgisayar destekli bir sistemi alternatif bir yaklaşım olarak sunmuşlardır. Bu sistem ile bir hentbol maçının kayıtlarını incelemişlerdir. Ölçüm hatasını değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan biyomekanik ölçüm sistemlerinden biriyle karşılaştırma da dahil olmak üzere çeşitli saha testlerini gerçekleştirmişlerdir. Sunulan sistem sayesinde, 14 hentbol oyuncusu için pozisyon verilerini, 1 saatlik eylemi kapsayan 0,6 m'den daha iyi RMS hatası olan 40×20 m'lik bir büyük alanda elde etmişlerdir. Hentbol maçı çalışması sırasında elde

edilen çeşitli sonuçları, büyük ölçekli hareket kazanımının önemini vurgulamak için sunmuşlardır (Perš *et al.* 2002).

Harbili ve Arıtan (2005) yaptıkları çalışmada, koparma kaldırışı esnasında bara uygulanan kuvvet, yapılan iş ve güç değerlerini hesaplayarak elit halterciler arasındaki kinetik farklılıkları ortaya koymuşlardır. Denek olarak çalışmaya 71. Dünya halter şampiyonasında 56 kg'da dereceye giren üç elit erkek halterci alınmıştır. Haltercilerin koparma kaldırışlarının halterci üzerinde 18 antropometrik nokta ve bar üzerinde 2 nokta işaretlenerek görüntü kayıtları hızlı kamera ile yapılmıştır. APAS (Ariel Performans Analiz Sistemi) hareket analizi yazılım programı ile elde edilen bu görüntüler sayısallaştırılmıştır. Sayısallaştırılan verilerden barın orta noktası, yer değiştirme verisi ve bara uygulanan kuvvet hesaplanmıştır. Sonuç olarak koparma kaldırışında vücut pozisyonu, barın maksimal yüksekliği, uygulanan kuvvet gibi kinetik ve kinematik parametrelerin halterciler arasındaki teknik farklılığın belirleyicisi olduğu görülmüştür (Harbili ve Arıtan 2005).

Fişekcioğlu ve arkadaşları (2005) yaptıkları çalışmada Türkiye ve Gürcistan A Milli Boks takımlarının bazı fiziksel parametrelerini karşılaştırmışlardır. Çalışmadaki ölçümler Türkiye A Milli takımından 11 ve Gürcistan A Milli takımından 9 boksör üzerinden alınmıştır. Yaş, boy, vücut ağırlığı, yağ yüzdesi, pençe kuvveti, bacak kuvveti, sırt kuvveti, esneklik, dikey sıçrama, anaerobik güç parametrelerinin ölçüm sonuçlarını bağımsız 't' testi ile karşılaştırmışlardır. Bu iki takım arasında boy, vücut ağırlığı, yağ yüzdesi, pençe kuvveti, bacak kuvveti, sırt kuvveti, esneklik, dikey sıçrama ve anaerobik güç parametrelerinde $p>0,05$ düzeyinde anlamlı bir fark bulamazlarken, yaş parametresinde $p<0,05$ düzeyinde anlamlı bir farklılık bulmuşlardır. Sonuçta Türkiye A Milli Boks Takımı ile Gürcistan A Milli Boks Takımı sporcularının birbirine yakın fiziksel özelliklere sahip olduklarını belirtmişlerdir (Fişekcioğlu vd. 2005).

Ayan ve Mülazımoğlu (2009) yaptıkları çalışmalarında Ankara ilinde sporda yetenek seçimi ve spora yönlendirme amacıyla 8-10 yaş grubu erkek çocukların antropometrik ve somatotip özellikleri ile bazı performans özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmanın örneklem grubunu Ankara ilinde 9 ± 1 olan 1995 erkek gönüllü öğrenci oluşturmuştur.

Örneklem grubundan deri kıvrımı kalınlıkları, çevre ölçümleri ve genişlik ölçümleri gibi toplamda 11 antropometrik ölçüm almışlardır. Somatotip özelliklerini belirlemek amacıyla Heath-Carter yöntemini kullanmışlardır. Performans özelliklerinden dikey sıçrama testi, durarak uzun atlama testi, 20 m sürat koşusu testi, oturarak sağlık topu fırlatma testi ve mekik koşusu testi uygulanarak alınan ölçümlerin istatistiksel analizlerini SPSS 11 programı ile gerçekleştirmişlerdir. Çalışmaya katılan erkek öğrencilerin somatotip ortalama değerlerini endomorfi $3,60 \pm 1,00$, mezomorfi $4,06 \pm 1,26$, ektomorfi $2,87 \pm 1,43$ olarak bulmuşlardır. Performans değerlerini ise durarak uzun atlama ortalama değeri $108,14 \pm 18,86$ cm, dikey sıçrama ortalama değeri $18,03 \pm 5,28$ cm, oturarak sağlık topu fırlatma ortalama değeri $92,60 \pm 28,66$ cm, 20 m sürat koşusu ortalama değeri $4,47 \pm 0,94$ sn ve mekik koşusu ortalama değeri $25,13 \pm 10,99$ olarak bulmuşlardır. Sonuç olarak bu çalışmadan elde edilen sonuçların sporda yetenek seçimi ve spora yönlendirme alandaki mevcut literatüre katkı sağlayacağını belirtmişlerdir (Ayan ve Mülazımoğlu 2009).

Özdemir ve arkadaşları (2011) tarafından yapılan çalışmaya göre Kara Harp Okulu BES grup başkanlığına bağlı okulların fiziki olarak ve öğretim görevlisi bakımından yeterli olduğu ancak askeri performans geliştirmeye yönelik teknolojik altyapının olmadığı vurgulanmıştır. Yapılan çalışmada ABD Askeri Akademisi ile Kara Harp Okulu karşılaştırılmış ve karşılaştırma sonucunda ülkemizdeki teknolojik altyapının eksik olduğu ifade edilmiştir (Özdemir vd. 2011).

Özen ve arkadaşları (2016) tarafından yayımlanan çalışmada Milli Eğitim Bakanlığı'na bağlı liselerde beden eğitimi ve spor öğretmenleri üzerinde istatistiksel bir araştırma yapılmıştır. Araştırma sonucunda okullardaki spor performansının geliştirilmesine yönelik teknolojik altyapının yetersiz olduğu tespit edilmiştir (Özen vd. 2016).

Altun ve arkadaşları (2016) tarafından yapılan çalışmaya göre yetenekli sporcuların seçilmesi ile ilgili farklı çalışmalar yapıldığı belirtilmiştir. Bununla sınırlı kalmayarak üst düzey sporcuların da seçilme ve geliştirilme sürecini iyileştirme amaçlı Türkiye genelinde daha kapsamlı ve uzun vadeli çalışmalar ve projelerin geliştirilmesine ihtiyaç duyulduğu belirtilmiştir (Altun vd. 2016).

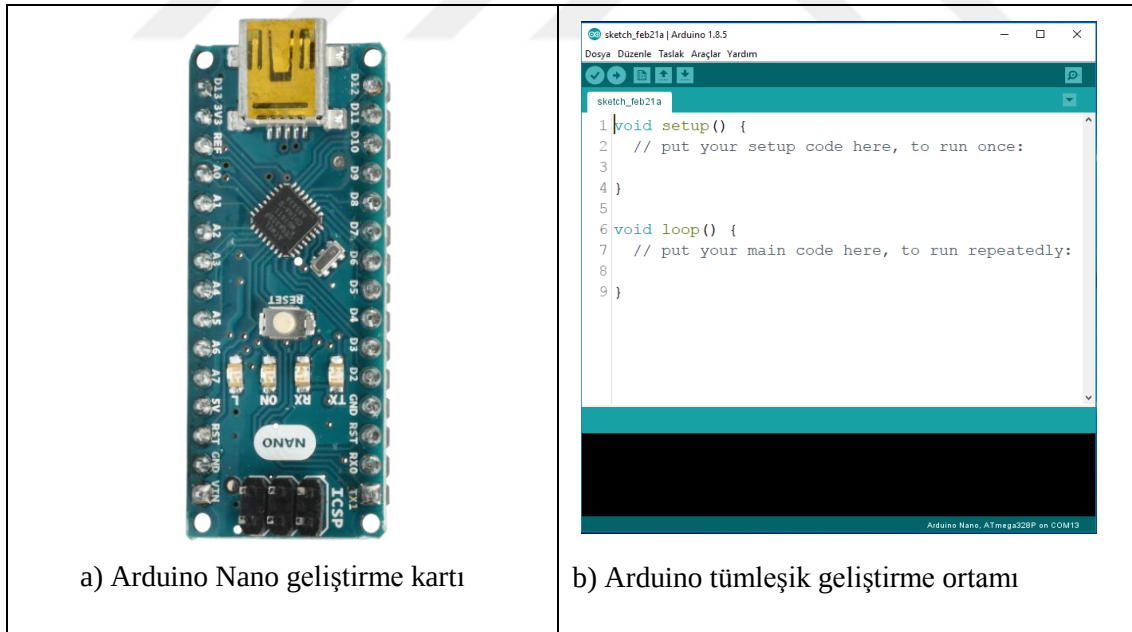
Caniberk ve arkadaşları (2016) sporun gerektirdiği fiziksel aktivitelerin kısıtlanması ve gözlenememesi gibi olumsuz etkileri en aza indirmek amacıyla sporda hareket analizinin laboratuvar ortamı dışında gerçekleştirilmesi için bir analiz sistemi gerçekleştirmişlerdir. Görüntülerden objelerin ölçülmesi ve yorumlanması esasına dayanan fotogrametrik tekniklerin sporcu hareketlerini belirlemedeki etkisini daha önce yapılan çalışmaları göz önünde bulundurarak incelemişlerdir. Bu incelemelerin sonucunda sporcu hareketlerini gerçek zamanlı olarak analiz edebilecek, sporcuların tekniklerini inceleyebilecek aynı zamanda antrenörler tarafından da kullanılabilecek bir sistem tasarımı gerçekleştirmişlerdir (Caniberk vd. 2016).



3. MATERYAL VE METOT

3.1 Elektronik Geliştirme Kartı

Bu çalışmada antrenman ve performans ölçüm sistemini oluşturan her bir ölçüm biriminin ana kontrolcüsü için Arduino firmasının Nano isimli elektronik geliştirme kartı kullanılmıştır. Arduino Nano geliştirme kartı, giriş ve çıkışlardan oluşan, fiziksel programlama geliştirme ortamı sunan, açık kaynak kodlu mikrodenetleyici platformudur. Arduino geliştirme kartının yapısında Atmel AVR mikrodenetleyici (ATmega328), programlama ve ek olarak kullanılabilecek elektronik devrelere bağlantı için gerekli yan elemanlar bulunmaktadır. Prototip geliştirme için kolay kurulumu ve ucuz olması sayesinde projelerde hız kazandırmaktadır (İnt.Kyn.3). Arduino, Evrensel Seri Yolu (USB- Universal Serial Bus) ile Windows PC, Mac veya Linux makinesine bağlanabilmekte ve bu işletim sistemlerine sanal seri bağlantı noktası kullanarak veri iletebilmektedir (Schubert *et al.* 2013). Şekil 3.1’de çalışmada kullanılan Arduino Nano geliştirme kartı ve Arduino programlama yazılımı görülmektedir.

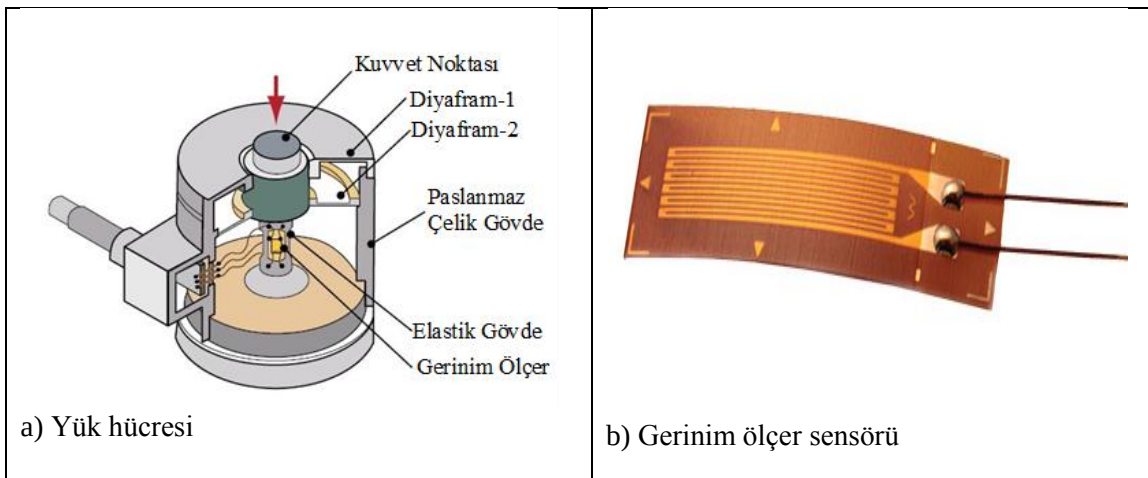


Şekil 3.1 Arduino geliştirme kartı ve Arduino tümleşik geliştirme ortamı.

3.2 Yük Hücresi

Yük hücresi, byklg llen kuvvete doğrudan orantılı olan bir elektrik sinyali oluşturmak için kullanılan bir dönüştürücüdür (şekil 3.2a). Edward E. Simmons ve Arthur C. Ruge tarafından 1938 yılında bulunmuştur. Hidrolik, pnömatik ve gerinim ölçerler gibi çeşitli yük hücre tipleri bulunmaktadır. Gerinim ler sensörlü olan tipleri endüstride en yaygın kullanım alanına sahip olanlarıdır. Yük hücresi içerisinde bir gerinim ölçer sensörü kullanılmaktadır.

Gerinim ler yk hücreleri sert olmakla birlikte çok iyi rezonans değerine sahiptir ve uygulama sırasında uzun ömürlü olma özelliği göstermektedir. Gerinim ler yk hücrelerinin elastik malzemesi kuvvet altında deforme olduğunda buna bağlı olarak gerinim lerde de (düzlemsel bir direnç) (şekil 3.2b) bir deforme meydana gelmektedir. Bu deforme sonucu düzlemsel olarak oluşturulmuş hassas yüzeydeki direnç telleri uzayıp kısalarak direnç değişikliği oluşturmaktadırlar. Gerinim lerin üzerinde bulunan metal folyo, direnç görevi görerek elektriği iletmektedir. Yük hücresi kuvvetin etkisi ile bir yöne doğru bükülmeye başladığında gerinim lerin bünyesinde barındırdığı metal folyoyu hafif bir şekilde gererek uzatır ve inceltir. Bu uzama ve incelme olayı sonucunda direnç artar. Ayrıca yk hücresi diğer yönde bükülürse folyoyu sıkıştırır, baskı altına alır ve onu daha kısa ve geniş yapar, dolayısıyla direncini azaltmış olur.



şekil 3.2 Yük hücresi ve gerinim ölçer sensörü.

Gerinim ölçerin deformasyonu, gerilime orantılı olan bir miktarda elektrik direncini değiştirerek yük hücresine yerleştirilen yüke ya da uygulanan kuvvete kalibre edilmiş elektriksel bir değer değişikliği sağlar (İnt.Kyn.4).

Bu çalışmada sporcunun üst ekstremita kasları ile sporcuya verilen uyarılara göre ortaya çıkardığı kuvvetini ölçmek için HT Sensör firmasının 5 ile 500 kg arasında farklı kapasitelerde bulunan TAS606 (Şekil 3.3) isimli 200 kg kapasiteli, paslanmaz çelik gövdeye sahip IP66 koruma sınıfında bulunan buton tipli yük hücresi kullanılmıştır (İnt.Kyn.5). Bu sensörün fiziki boyutunun oldukça küçük olması, cihaz tasarımında kuvvet ölçümünün hassas bir şekilde sağlanması için uygunluğu ve tam ölçüm aralığında lineerlik özelliğinin ± 0.3 olmasından dolayı tercih edilmiştir. Bu da kuvvet ölçümünün hassas bir şekilde gerçekleşmesini sağlamaktadır.



Şekil 3.3 TAS606 yük hücresi.

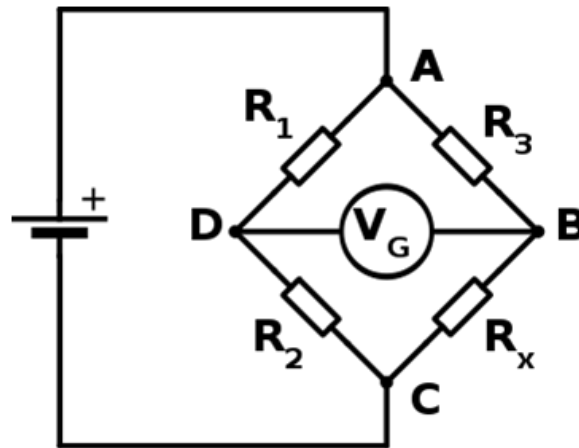
3.3 Yük Hücresi Kuvvetlendiricisi

Gerinim ölçerler, çok küçük kesitteki iletken bir telin çok ince bir şerit üzerine tekrarlı sarımlar olacak şekilde yerleştirilmesinden oluşmaktadır. Temelde bir direnç olan bu sensörün görevi kullanıldığı yüzeyin uzama miktarını ölçmektir (İnt.Kyn.6). Gerinim ölçerler üzerine yapıştırılan bir parça ile birlikte kuvvet altında deformasyona uğramaktadırlar. Bu sırada gerinim ölçerlerin üzerindeki tellerin kalınlığı da yapıştırılan parçanın uzaması ile birlikte değişmektedir. Kalınlığı değişen tellerin direnci de

değişerek üzerinden geçen akım değişmektedir. Gerinim ölçerlerin bu çalışması kuvvet ölçümünde kullanılmasını sağlamaktadır. Bu çalışma prensibine göre değişen akım değerinin Wheatstone köprüsü olarak bilinen dirençlerden oluşan bir elektrik devresi ile hassas bir şekilde ölçümü gerçekleştirilmektedir.

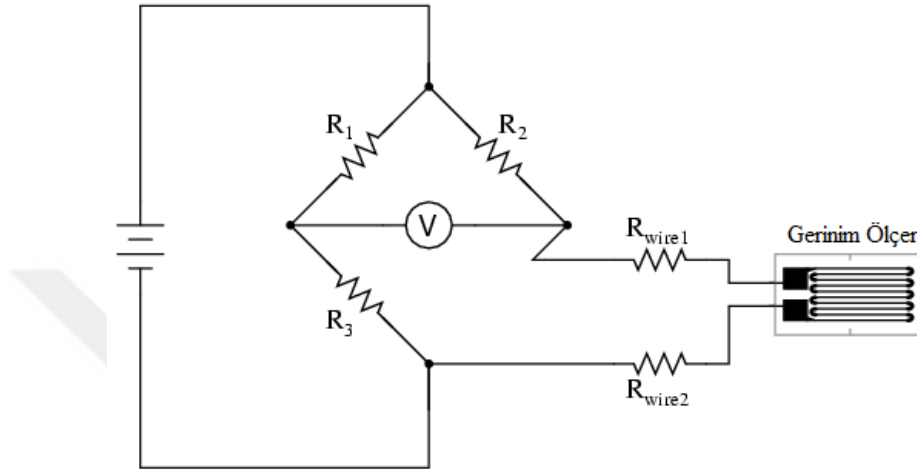
3.3.1 Wheatstone Köprüsü

Wheatstone köprüsü orta büyüklükteki elektriksel dirençleri karşılaştırmaya ya da ölçmeye yarayan elektrik devresi olarak adlandırılmaktadır (Şekil 3.4). Dört adet direncin kare bir geometri oluşturacak şekilde birbirine uç uca bağlanmasından oluşmaktadır (İnt.Kyn.7). Genellikle bu elektrik devresi yüksek hassasiyette direnç ölçümünün gerekli olduğu test cihazlarında kullanılmaktadır (İnt.Kyn.8). Ohmmetreler (direnç ölçerler) ile %3-5 doğrulukla direnç ölçümü yapılabilirken Wheatstone köprüsü yöntemi ile %0,1 ve daha yüksek doğrulukla ölçüm yapılabilir. İki girişi ve iki çıkışı bulunan Wheatstone köprüsünde girişler iki paralel kola uçlarından bağlanmaktadır. Çıkış ise paralel kolların ortasından alınmaktadır. Bu devrede bulunan tüm dirençlerin aynı olması durumunda D ve B düğüm noktaları arasında bir potansiyel fark oluşmamaktadır. Bu durumda D ile B noktaları arasında akım oluşmamaktadır. Bu durum köprünün dengelenmesi olarak tanımlanmaktadır. Wheatstone devresinde genellikle iki adet sabit değerli direnç, bir tane ayarlı direnç ve bir de değeri bilinmeyen ya da ölçümü yapılması istenen direnç elemanı bulunmaktadır.



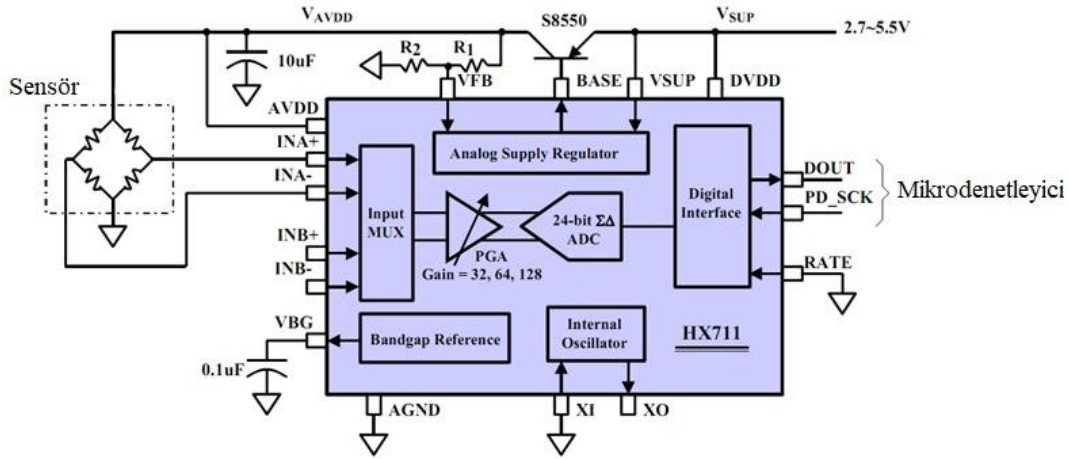
Şekil 3.4 Wheatstone köprüsü devresi.

Wheatstone köprüsü devresi kullanılarak gerinim ölçerlerin bulundukları yüzeyin uzamasına bağlı olarak meydana gelen direnç değişimi Şekil 3.5'te görüldüğü gibi ölçülebilmektedir. Gerinim ölçer üzerindeki tellerin direnci ve dolayısıyla üzerine yapıştırılan parçadaki şekil değişimi ölçülmektedir. Bu prensibe göre kuvvet ölçümü hassas bir şekilde sağlanmaktadır.



Şekil 3.5 Gerinim ölçer devresi.

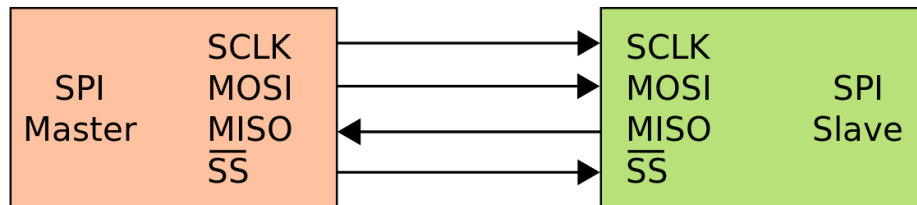
Çalışmada yük hücresinden çıkış olarak alınan gerinime bağlı elektriksel değişkenliğin ölçümü ve bu değişkenliğin sayısallaştırılarak mikrodnetleyici de işlenebilmesi için HX711 isimli entegre kullanılmıştır (Şekil 3.6). Bu entegre ile yük hücresinin iç yapısında bulunan gerinim ölçerın uygulanan kuvvete bağlı boyundaki uzamayla beraber meydana gelen direnç değişikliğı Wheatstone köprüsü ile algılanır. Algılanan bu değişiklik milivolt seviyesinde çıkışa aktarılmaktadır. Elde edilen bu gerilim seviyesi düşük olduğı için HX711 entegresi ile 80Hz veri alma hızında programlanabilir kazanç yükseltici (PGA- Programmable Gain Amplifier) kullanılarak yükseltilmekte ve daha sonra analog dijital dönüştürücü (ADC- Analog Digital Converter) birimi ile analog olan çıkış sinyali mikrodnetleyicilerde işlenebilmesi için sayısal veriye dönüştürülmektedir. Bu aşamadan sonra elde edilen kuvvet verisine ait sayısal değerler entegre yapısında bulunan seri haberleşme türü olan seri çevresel arayüz (SPI- Serial Peripheral Interface) haberleşme donanımı ile mikrodnetleyiciye gönderilmektedir.



Şekil 3.6 HX711 entegresinin blok diyagramı.

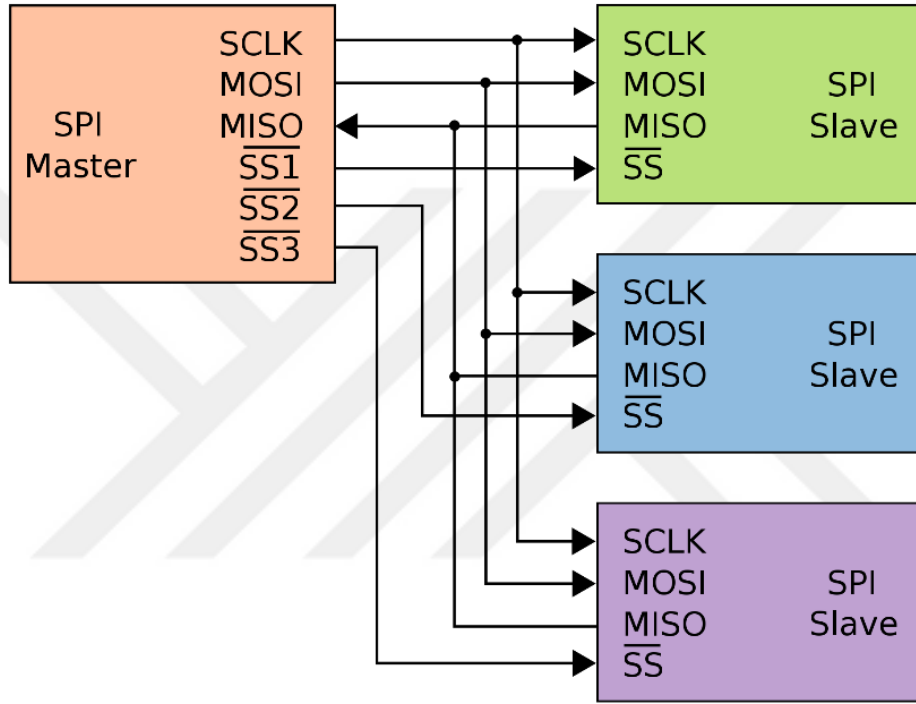
3.3.2 Seri Çevresel Arayüz Haberleşmesi (SPI)

Motorola firması tarafından geliştirilmiş olan seri çevresel arayüz (SPI- Serial Peripheral Interface) haberleşmesi senkron seri haberleşme protokolüdür (İnt.Kyn.9). SPI haberleşmede 8 bitlik veri paketleri şeklinde veri iletimi ve alımı aynı anda senkron olarak yapılmaktadır. Veri iletimi ve alımı saat sinyali eşliğinde gerçekleşmektedir. Kontrolcü devreler arasında ya da kontrolcü devre ile sensörler arasında kısa mesafeli haberleşme olarak kullanılmaktadır (İnt.Kyn.10). SPI haberleşme protokolünde cihazlar arasında birincil-ikincil (Master-Slave) ilişkisi vardır. Master Slave cihazları yönetmek ve onlara gerekli işlemleri yaptırmak ile sorumludur. Slave ise Master cihazdan gelen bilgilere göre işlem yapmak ile sorumludur. Bir master cihaza birden çok slave cihaz bağlanabilir ve aynı anda sadece bir tane Slave cihaz aktif olarak Master ile haberleşme gerçekleştirebilir. Tek Master ve Slave cihazdan oluşan bir SPI haberleşme Şekil 3.7’de görülmektedir.



Şekil 3.7 Basit SPI haberleşme.

Tek Master ve Slave cihazdan SPI haberleşme yapılabildiği gibi çoklu Slave cihaz bulunan SPI haberleşme de kullanılabilir (Şekil 3.8). Bu SPI tipinde ise tek Master cihaz ve birden fazla Slave cihaz bulunmaktadır. Master cihaz haberleşme ağında bulunan tüm Slave cihazlar hakkında bilgiye sahiptir ve haberleşme esnasında bu bilgilere göre tüm Slave cihazların kontrolünü ve veri alışverişini sağlamaktadır (İnt.Kyn.11).



Şekil 3.8 Çoklu SPI haberleşme.

3.4 RF Haberleşme

Geliştirilen üst ekstremité için antrenman ve performans ölçüm sisteminde altı ölçüm noktası ile ana kontrol ünitesi arasındaki haberleşme RF teknolojisi ile sağlanmıştır. Bu hem maliyeti azaltmış hem de cihazın kullanım kolaylığını sağlamıştır. Bu yöntem için Nordic firmasının düşük güçlü, 2.4GHz ISM (Industrial, Scientific and Medical-Endüstriyel, Bilimsel ve Medikal) frekans bandında hem alıcı hem de verici olarak çalışabilen NRF24L01 RF haberleşme kartı kullanılmıştır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 NRF24L01 RF haberleşme kartı.

Bu kart 2Mbps haberleşme hızına sahip olup SPI ile haberleşme gerçekleştirmektedir. Düşük çalışma akımı (ort.12 mA) sayesinde antrenman cihazının aşırı güç tüketimini engellemiştir. Modülün teknik özellikleri aşağıda görülmektedir.

Çizelge 3.1 NRF24L01 RF haberleşme kartının teknik özellikleri (İnt.Kyn.12).

Teknik özellik	Açıklama
Yayın bandı	2.4GHz ISM Bandında
Haberleşme hızı	250KBps, 1MBps ve 2MBps
Güç Tüketimi	<15mA
Çalışma Voltajı	1.9-3.6V
Verici Sinyal Gücü	+7dB
Alıcı Hassasiyeti	≤ 90dB
Haberleşme Mesafesi	250m (açık alanda)
Boyut	15x29mm

3.5 Microsoft Visual Studio C# Programlama Dili

1950’li yıllardan günümüze kadar uzanan yazılım alanında araçların gelişmesiyle her geçen gün yeni gelişmeler duyulmaktadır. Microsoft Visual Studio platformu altında yer alan C# dili, yazılım alanında en çok kullanılan yazılım dilleri olan C ve C++ etkileşimi ile türetilmiştir. Ayrıca C#, ortak platformlarda çalışabilen bir programlama dili olan Java ile pek çok açıdan benzerlik göstermektedir. C#, .Net Framework platformu için hazırlanmış tamamen nesne yönelimli bir yazılım dili özelliğini taşımaktadır. Nesneler önceden sınıflar halinde yazılmış kod bloklarıdır. Gerçekleştirilmek istenen çalışmalarda rahatlıkla bu nesneler kullanılarak profesyonel anlamda yazılımlar elde edilebilmektedir.

C# programlama dili ile;

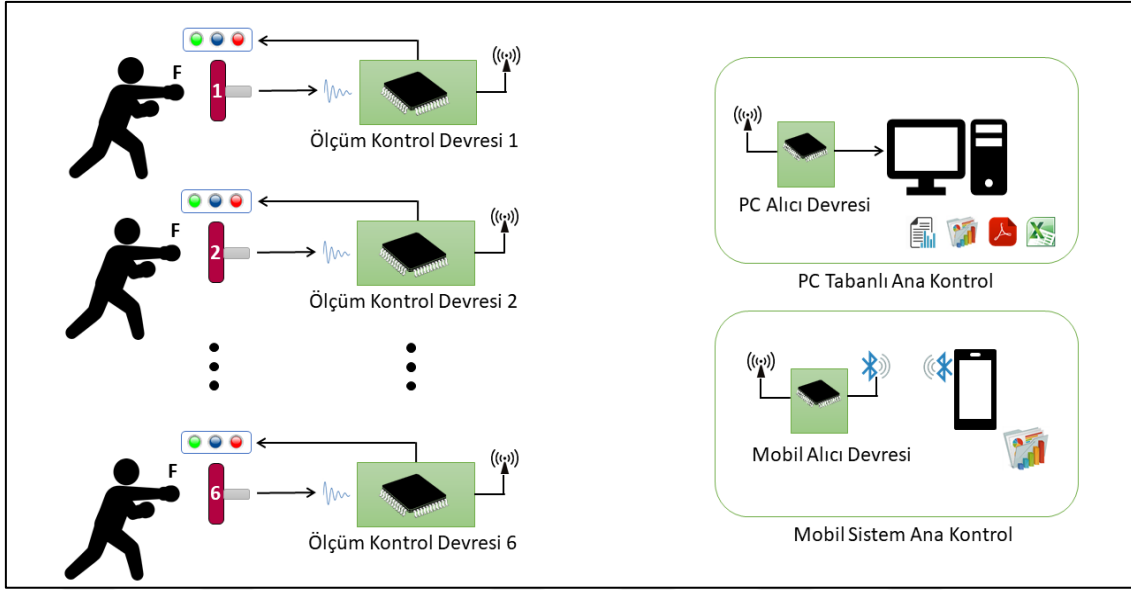
- Konsol Uygulamaları (Console Applications)
- Windows Form Uygulamaları (Ado.Net)
- Web Form Uygulaması (Asp.Net)
- Mobil Programlama (Windows Phone)
- DLL yazma

gibi uygulamalar geliştirilebilmektedir (İnt.Kyn.13).

Bu çalışmada Microsoft Visual Studio platformu altında yer alan .NET Framework 4.0 sürümü kullanılarak C# programlama dili ile Windows Form uygulamaları kullanılarak kullanıcı arabirimi oluşturulmuştur. Bu arayüz ile antrenman ölçüm sisteminin kontrolü, antrenman protokollerinin antrenör tarafından girişi, kullanıcı işlemleri, verilerin alınması, işlenmesi ve bu verilerin istenilen dosya türlerinde kaydedilmesi sağlanmıştır.

3.6 Antrenman ve Performans Ölçüm Sisteminin Tasarımı

Tasarımı gerçekleştirilen üst ekstremita antrenman ve performans ölçüm sisteminin donanımına ait blok şema Şekil 3.10'da görülmektedir. Ölçüm sistemi altı adet kuvvet ölçüm birimi, renkli uyarıcı ve ölçüm biriminden oluşmaktadır. Sporcuya uygulanacak olan renkli uyarıcıların protokolü bilgisayar ve mobil cihaz arayüz programları kullanılarak mikro denetleyici kartına kablosuz olarak gönderilmektedir. Mikrodenetleyici gelen veriye göre uyarıcıların kontrolünü ve performans ölçümlerini gerçekleştirmektedir. Her bir ölçüm birimi, antrenörün belirlediği protokoller doğrultusunda uyarıcı vererek sporcunun uyarıcı alması ile birlikte uygulanan en yüksek kuvvet değerini ve bu ilk hareketin ne kadar sürede gerçekleştiğini hesaplayarak kablosuz olarak bilgisayar ve mobil cihaza göndermektedir. Bu sayede sporcu performansını oluşturan bu verilerin arabirim yazılımları tarafından anlık olarak gösterilmesi, raporlanması ve depolanması sağlanmıştır.

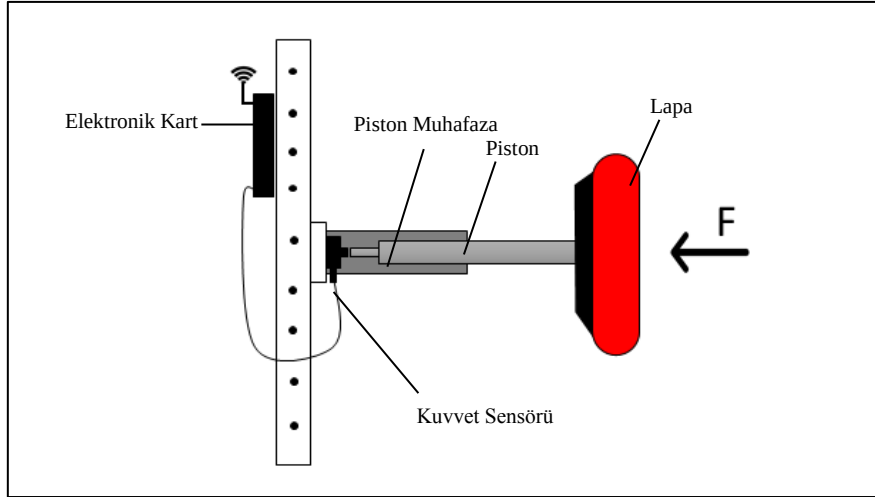


Şekil 3.10 Antrenman ölçüm sisteminin donanımsal blok şeması.

Antrenman sistemi üzerindeki her bir ölçüm birimi kuvvet sensörü, kuvvet sensörü kuvvetlendiricisi, uyarılar, ana denetleyici elektronik kart ve kablosuz haberleşme için RF haberleşme modülünden oluşmaktadır. Ölçüm birimleri ana kontrol cihazları ile kablosuz olarak haberleşmektedir.

3.6.1 Temel Ölçüm Biriminin Mekanik Tasarımı

Şekil 3.11’de antrenman ve performans ölçüm sistemini oluşturan temel ölçüm biriminin mekanik tasarımı görülmektedir. Antrenman ve performans ölçüm sisteminin tasarımı 6 adet temel ölçüm biriminden oluşturulmuştur. Temel ölçüm biriminin tasarımında tek noktadan kuvvet ölçümü için buton tip kuvvet sensörü kullanılmıştır. Ölçüm birimi üzerinde kuvvet uygulanacak kısım EVA sünger ile kaplanarak sporcunun elinin zarar görmesi engellenmiştir. Kuvvetin ölçülebilmesi için gazlı piston mekanizması kullanılarak bir insan vücudu formu oluşturulmuştur. Sporcunun lapaya uyguladığı kuvvet doğrudan gazlı piston mekanizması üzerinden sensörün kuvvet uygulama noktasına gelmektedir. Piston muhafazası içerisinde sistemin daha rahat bir şekilde hareket etmesi sağlanmıştır. Ölçüm birimi sütun şeklindeki boruya belirli açılarda ve yüksekliklerde pim delik bağlantısı ile montajı sağlanmıştır.

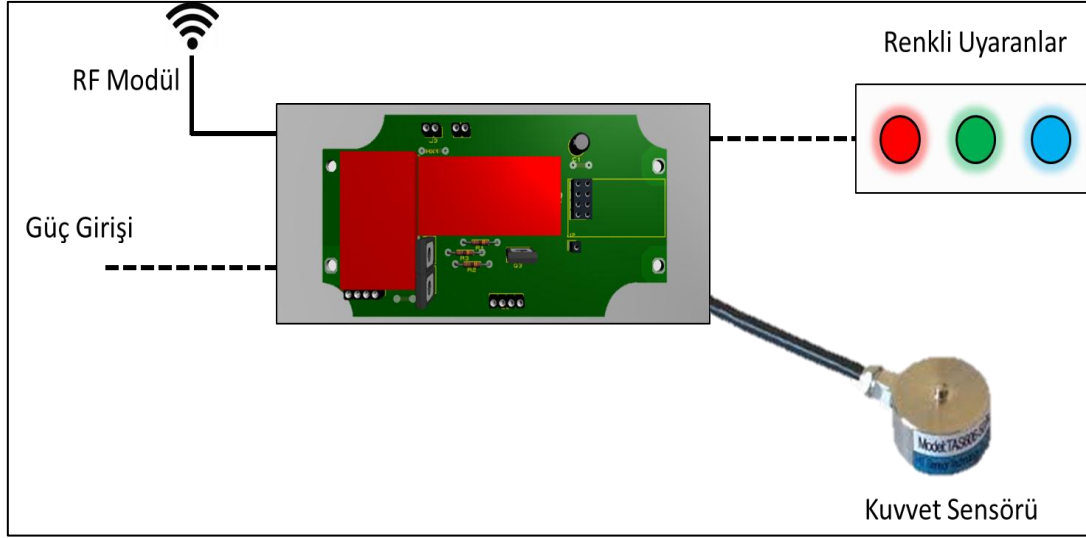


Şekil 3.11 Antrenman ölçüm sistemini oluşturan temel ölçüm birimi.

Sporcunun antrenman esnasında 6 farklı uyarı ile 6 farklı noktaya kuvvet uygulaması sağlanmıştır. Sporcunun antrenman esnasında hangi ölçüm birimine kuvvet uygulayacağı önceden hazırlanmış protokoller ile belirlenmiştir. Protokoller doğrultusunda sporcuya renkli ışıklı uyarılar (kırmızı, yeşil ve mavi) verilmiş ve bu renkler yardımıyla sporcunun istenilen noktaya kuvvet uygulaması sağlanmıştır. Sensöre uygulanan kuvvet değeri ve reaksiyon süresi elektronik donanım ve gömülü sistem yazılımı ile ölçülmüştür. Ölçülen kinetik ve kinematik parametreler kablosuz haberleşme ile bilgisayar ya da mobil cihazdan oluşan ana kontrolcüye gönderilmiştir.

3.6.2 Temel Ölçüm Biriminin Elektronik Tasarımı

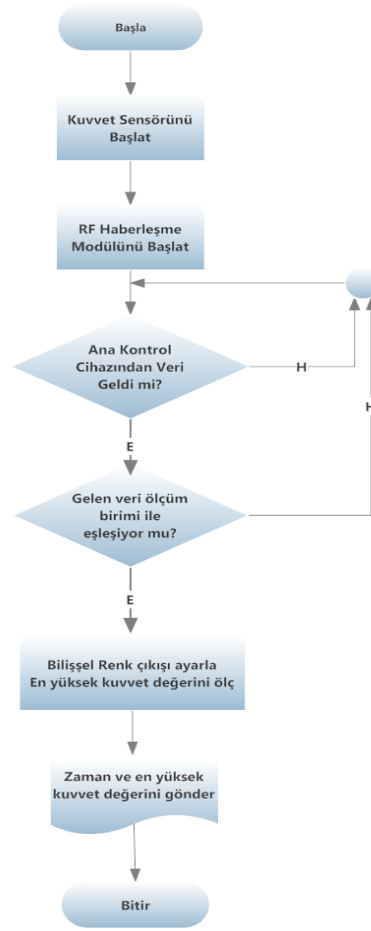
Şekil 3.12’de antrenman ve performans ölçüm sistemini oluşturan temel ölçüm biriminin elektronik tasarımı görülmektedir. Elektronik donanım mikrodenetleyici, kablosuz haberleşme modülü, renkli uyarılar ve kuvvet sensöründen oluşmaktadır. Kontrolcü olarak üzerinde ATmega168 denetleyici yer alan Arduino Nano kartı kullanılmıştır. Sporcunun uyarılara göre antrenman yapması ve reaksiyon süresini belirlemek için üç farklı renkte uyarılar için şerit led kullanılmıştır. Sporcunun uyarılarla beraber uyguladığı maksimum kuvvetinin ölçümü için HT firmasının TAS606 model yük hücresi sensörü kullanılmıştır. Elektronik donanım kısmının çalışabilmesi için devreye +12V güç girişi sağlanmıştır.



Şekil 3.12 Temel ölçüm birimine ait elektronik tasarım.

3.7 Yazılım Algoritması

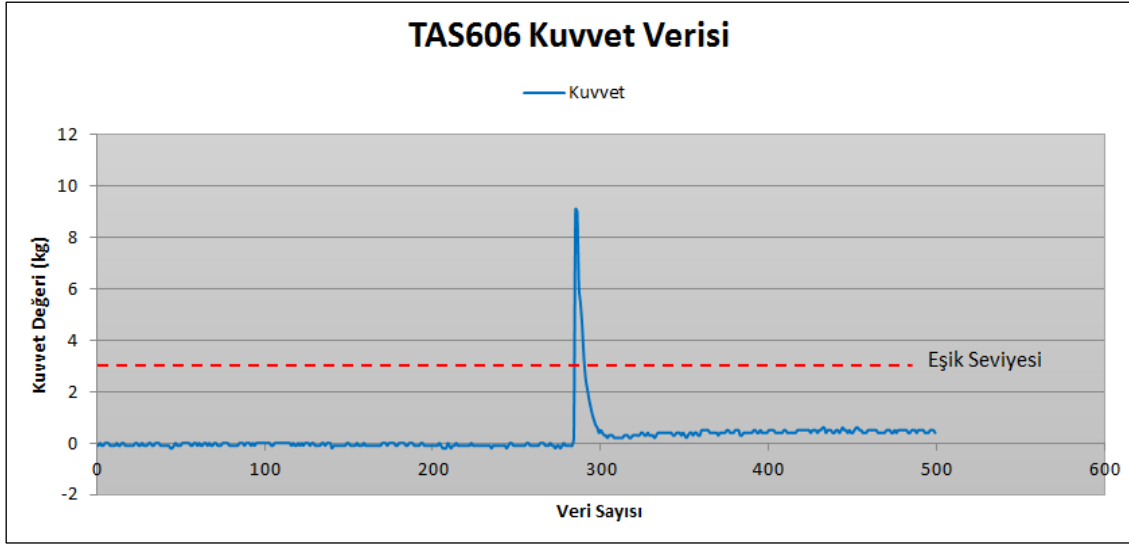
Şekil 3.13’de antrenman ve performans ölçüm sistemini oluşturan ölçüm birimine ait gömülü sistem yazılım algoritması verilmiştir. Ölçüm sistemini oluşturan her ölçüm biriminde mikrodenetleyici, çevre birimler ve giriş çıkış bağlantıları bulunmaktadır. Mikrodenetleyici, ana kontrolcü yazılımlarından gelen antrenman protokolü bilgisine göre antrenman sırasında gerekli renkli uyarıların kontrollerini sağlamakta ve bu uyarılara karşı sporcuya ait kinetik ve kinematik parametrelerin ölçümünü sağlayarak kablosuz haberleşme modülü üzerinden ana kontrol cihazlarına göndermektedir. Antrenman sırasında ana kontrol yazılımlarından gelecek olan veriyi her bir mikrodenetleyici takip etmektedir. Veri geldikten sonra mikrodenetleyici veriyi alarak kendi kimliği ile eşleştirme işlemini yapmaktadır. Kendi kimliği ile uyumlu ise ölçüm verilerini göndermektedir. Kendi kimliği ile uymuyor ise beklemede kalmaya devam etmektedir.



Şekil 3.13 Antrenman ölçüm sisteminin yazılım algoritması.

3.8 Kinetik ve Kinematik Parametrelerin Ölçümü

Geliştirilen antrenman ve performans ölçüm sisteminde biyomekanik parametreler olan kuvvet ve reaksiyon süresi hesaplanmıştır. Bu çalışmada sporcunun lapaya uyguladığı maksimum kuvvet ve reaksiyon süresi sistem tarafından anlık olarak hesaplanmış ve paketlenerek istenilen ana kontrol cihazına gönderilmiştir. Biyomekaniğin kinetik alanında incelenen kuvvet parametresi, sporcunun en önemli motorik özelliklerindendir. Şekil 3.14'te TAS606 kuvvet sensörü ile ölçülen tek vuruşluk kuvvet eğrisi görülmektedir.

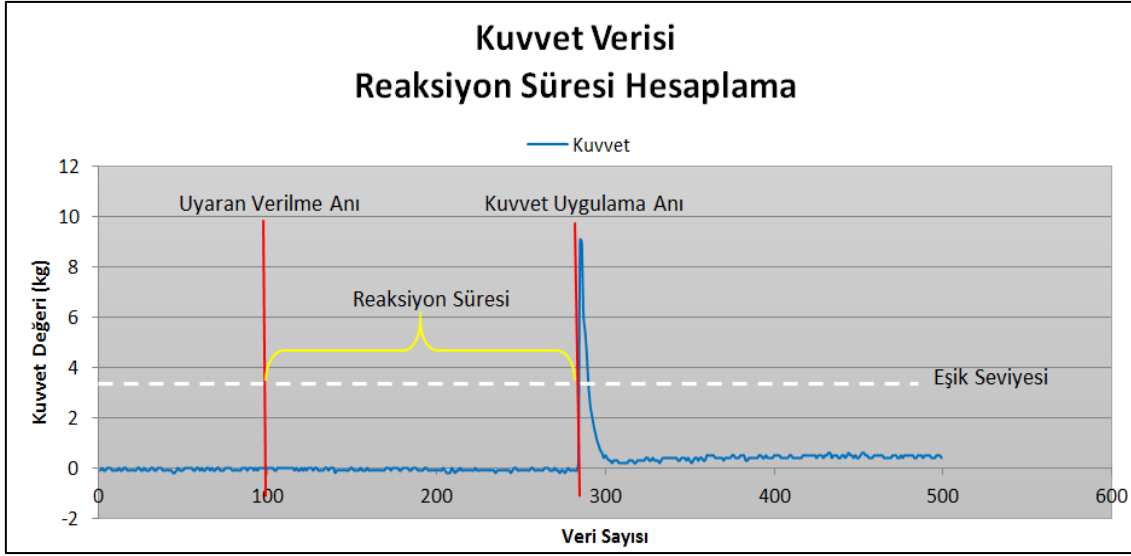


Şekil 3.14 Kuvvet ölçümü.

Sporcunun antrenman sırasında renkli uyararı ile birlikte kuvvet uyguladığını ve kuvvet uygulamayı bıraktığını belirleyebilmek için eşik kuvvet seviyesi kullanılmıştır. Sporcunun uyguladığı kuvvet eşik seviyesini geçtikten ve kuvvetin lapa üzerinden çekilmesi arasındaki tüm kuvvet verileri HX711 entegresi ile 80 Hz örneklem frekansında alınmış ve bir diziye kayıt edilmiştir. Alınan bu kuvvet verileri içerisinde maksimum kuvvet değeri bulunmuştur.

Biyomekaniğin bir diğer dalı olan kinematik alanında incelenen parametre reaksiyon süresidir. Reaksiyon süresi sporcunun beyin ile kaslar arasındaki sinirsel iletimin işlevselliğini göstermektedir. Sporcunun bir uyararı almasıyla birlikte bu uyarının beyin tarafından algılanması ve çözülmesinden sonra ilgili kaslara sinirlerle kasılma bilgisi gönderilir. Kasların kasılması ile amaca uygun ilk hareketin gerçekleştiği ana kadar geçen süre reaksiyon süresi olarak tanımlanmaktadır. Şekil 3.15'te reaksiyon süresinin hesaplanması görülmektedir.

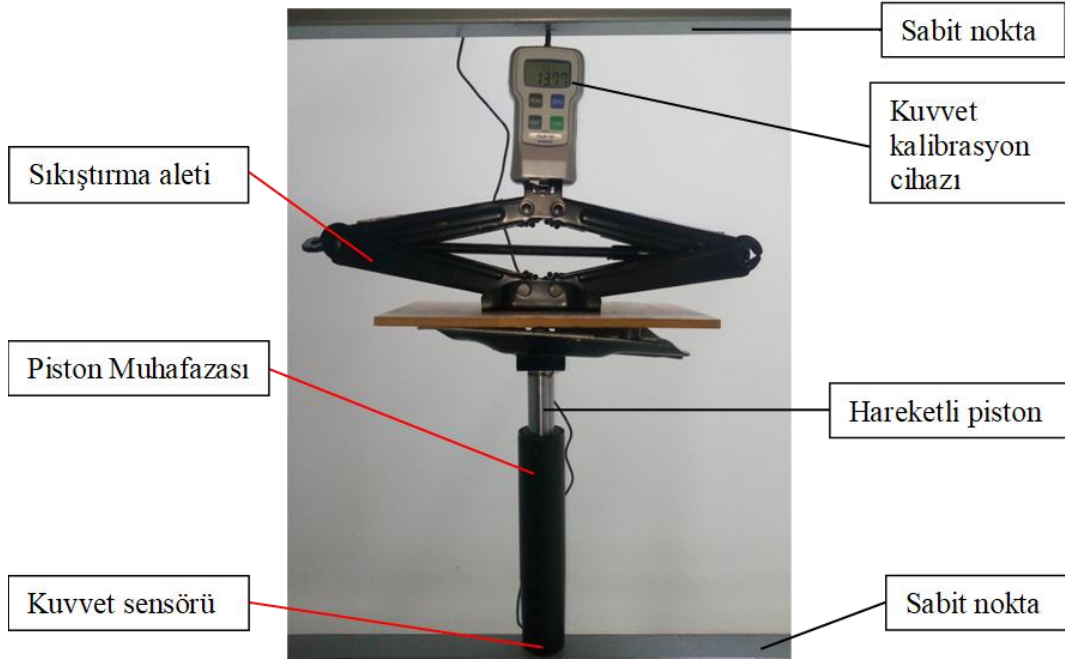
Kullanıcı arabirim yazılımları ile belirlenebilen renkli uyarıların antrenman sırasında sporcuya uygulanması ile sporcunun bu uyararı alması ve geri dönüt olarak kuvvet uygulaması arasındaki geçen süre ölçüm sistemi tarafından hesaplanmıştır.



Şekil 3.15 Reaksiyon süresi hesaplama.

3.9 Kuvvet Sensörü Kalibrasyonu

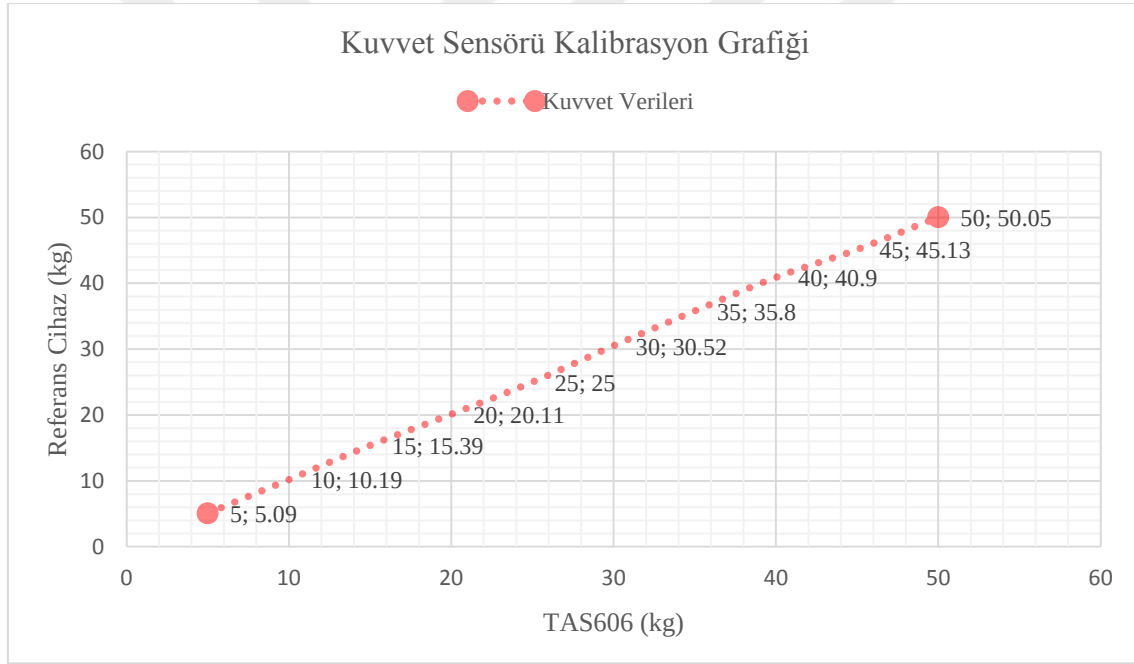
Bu çalışmada kullanılan ölçüm biriminin ölçüm doğruluğu kalibrasyon işlemi ile gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.16’te kuvvet sensörü kalibrasyonu için deney düzeneği görülmektedir.



Şekil 3.16 Kuvvet ölçümü kalibrasyonu için kurulan deney düzeneği.

Burada kuvvetin uygulanacağı kısım ile referans kuvvet ölçüm cihazı arasına bir sıkıştırma mekanizması yerleştirilerek ölçümlerin alınacağı bir deney düzeneği oluşturulmuştur. Sıkıştırma mekanizması yardımıyla farklı kuvvet değerleri elde edilerek sistemin elektronik birimi ile kuvvet ölçümleri alınmıştır. Bu ölçüm değerleri referans kuvvet değerleri ile beraber analiz edilerek doğruluğu belirlenmiştir.

Antrenman cihazı ölçüm biriminden elde edilen kuvvet değerleri, kuvvet kalibrasyon cihazı olan 500N kapasiteli SHIMPO FGJN-50 adlı cihaz ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucu gerçekleştirilen sistem ile kalibrasyon cihazı verileri arasındaki ilişki doğrusal olup regresyon analizi sonucu R^2 değeri 0,996 olarak bulunmuştur. Kalibrasyon işlemi ile elde edilen veriler Şekil 4.6’da görülmektedir.

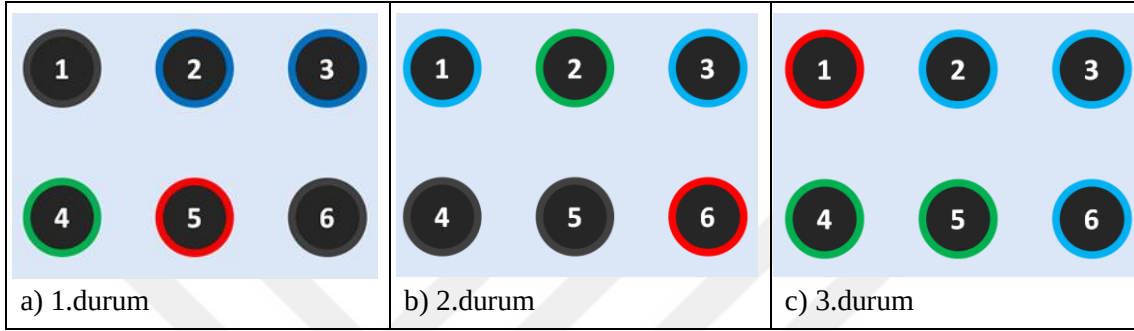


Şekil 3.17 Kuvvet sensörü kalibrasyon grafiği.

3.10 Antrenman Protokolü

Antrenman ve performans ölçüm sisteminde sporcunun egzersizlerini gerçekleştirmesi ve bu esnada ortaya koyduğu performansı ifade eden motorik özelliklerin ölçülmesi antrenman protokolleri oluşturularak sağlanmıştır. Antrenman protokolü kırmızı, yeşil ve mavi renklerinden oluşan takip rengi ile yine bu renklerden oluşan belirli dizilerden

oluşmaktadır. Şekil 3.18’de takip rengi kırmızı olan bir antrenman protokolü görülmektedir. Burada sporcunun kırmızı rengi takip etmesi ve sırasıyla Şekil 3.18a, Şekil 3.18b ve Şekil 3.18c’de ki kırmızı renkleri takip ederek numaralandırılmış bölgelere kuvvet uygulaması sağlanmıştır. Antrenman protokollerinde takip rengi dışında kalan renklerinde aynı anda verilerek sporcunun takip rengini algılaması zorlanarak sporcunun bilişsel algısı da ölçüm sistemine entegre edilmiştir.

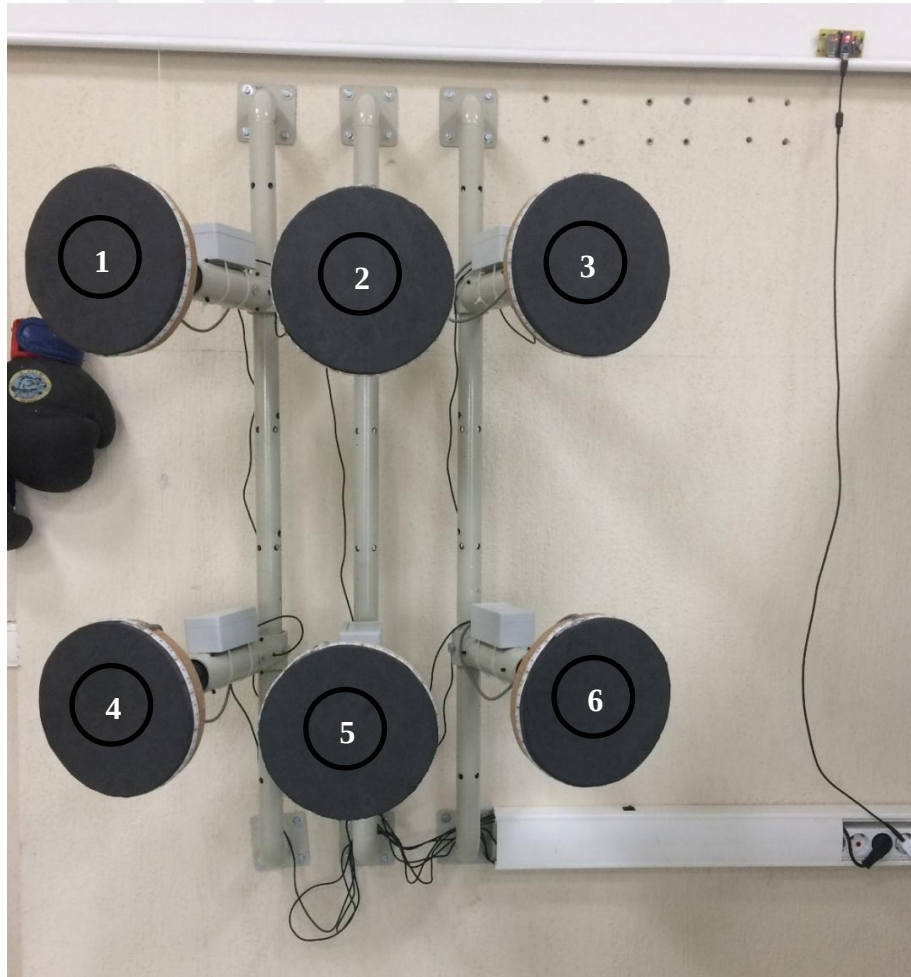


Şekil 3.18 Örnek antrenman protokolü.

Antrenman ve performans ölçüm sisteminin kontrolü ve veri kaydı için gerçekleştirilen bilgisayar ve mobil cihaz yazılımlarında antrenman protokolleri istenilen sayıda oluşturulabilmektedir. Kırmızı, yeşil ve mavi renklerden oluşan istenilen takip rengi seçimi yapıldıktan sonra antrenman protokolleri antrenörün isteğine göre oluşturulabilmektedir.

4. BULGULAR

Şekil 4.1’de gerçekleştirilen antrenman ve performans ölçüm sistemi görülmektedir. Antrenman ve performans ölçüm sistemi 6 farklı kinetik ve kinematik ölçüm biriminden oluşmaktadır. Sistem duvara monteli olarak tasarlanmıştır. Birimlerin haberleşmesi kendi aralarında ve bilgisayar ya da mobil cihazlar ile kablosuz olacak şekilde bir antrenman cihazı gerçekleştirilmiştir. Altı farklı ölçüm birimi üzerine renkli uyarıların eklenmesi ile sporcunun bilişsel yetisi reaksiyon sürati olarak test edilmiştir. Antrenör tarafından oluşturulan protokoller ile sporcunun sportif aktiviteleri esnasındaki üst ekstremité kuvveti ve renkli uyarılara karşı vermiş olduğu tepki reaksiyon zamanı olarak ölçülmüş ve bilgisayar yazılımına gönderilerek kaydedilmiştir. Çizelge 4.1’de antrenman ve performans test cihazının teknik özellikleri görülmektedir.



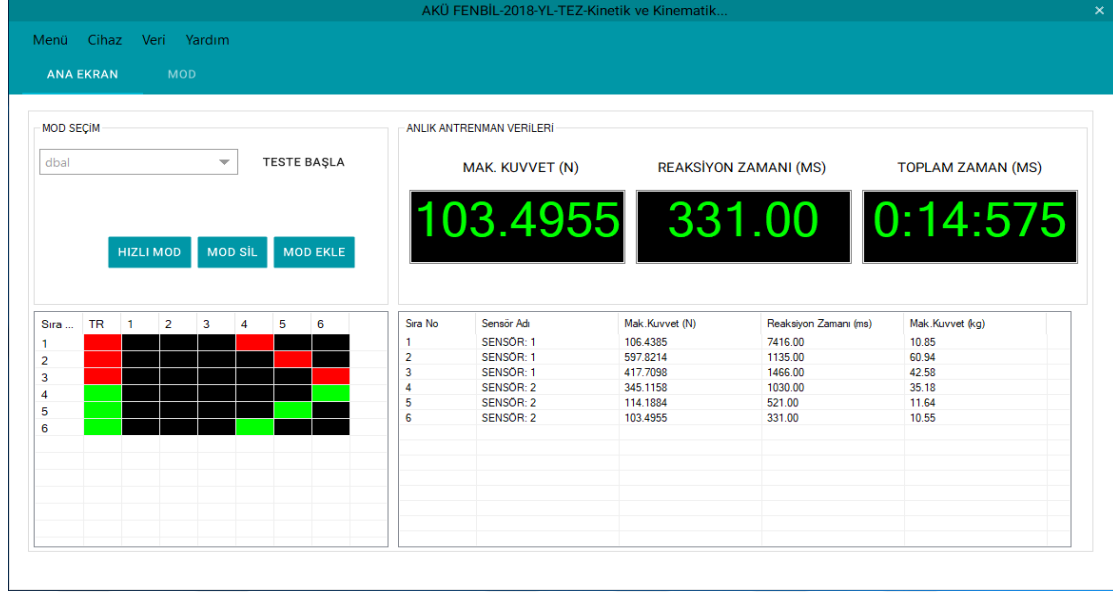
Şekil 4.1 Gerçekleştirilen antrenman ve performans ölçüm sistemi.

Çizelge 4.1 Gerçekleştirilen antrenman ve performans ölçüm sisteminin teknik özellikleri.

Teknik özellik	Açıklama
Haberleşme frekansı	2.4GHz ISM Bandında
Normal çalışma akımı	344mA
Haberleşme türü	RF ve Bluetooth
Maksimum akım değeri	1.4A
Çalışma voltajı	+ 12V
Uyaran adedi	3 adet
Uyaran türü	Renkli Işık (Kırmızı Yeşil Mavi)
Haberleşme mesafesi	250m (açık alanda)
Boyutları	141x95x55mm
Ölçüm birim sayısı	6 adet
Maksimum kuvvet ölçümü	2000N (200kg)

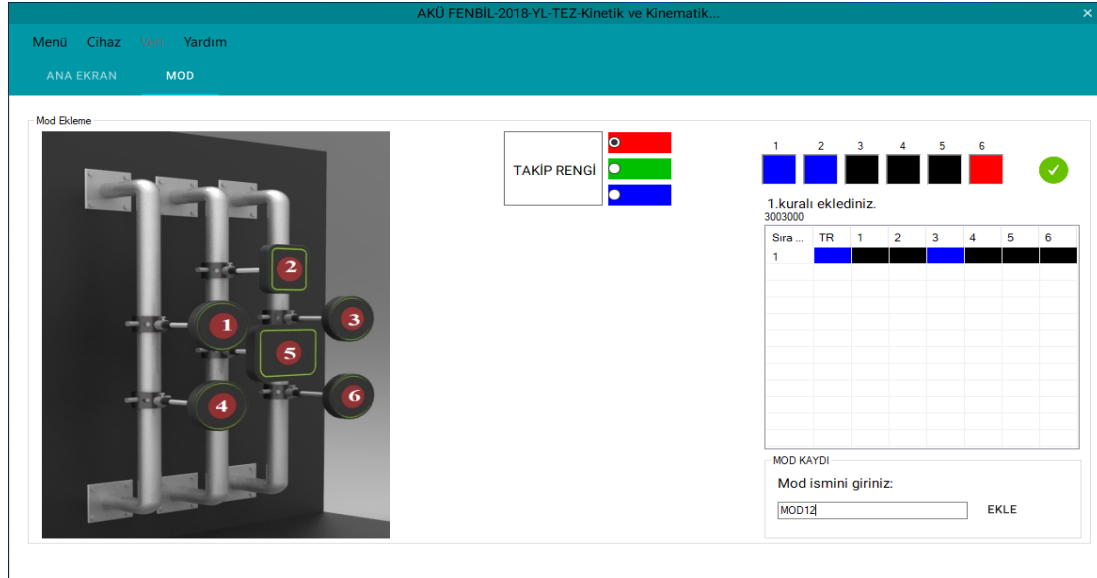
4.1 Bilgisayar Tabanlı Ölçüm Sistemi Yazılımı

Antrenman ve performans ölçüm sistemi için geliştirilen bilgisayar yazılımı ile cihazın kontrolü, antrenman protokollerinin oluşturulması, performans verilerinin kaydedilmesi, raporlanması sağlanmıştır. Bilgisayar yazılımı ile antrenman cihazına gönderilen antrenman protokolleri doğrultusunda sporcunun uyguladığı maksimum kuvvet, reaksiyon süresi gibi kinetik ve kinematik parametreler kablosuz haberleşme üzerinden eş zamanlı olarak bilgisayara gönderilmiştir. Bilgisayar yazılımı ile antrenman sistemi arasında kablosuz haberleşme RF alıcı modül ile sağlanmıştır. Şekil 4.2’de gerçekleştirilen antrenman ölçüm sisteminin bilgisayar yazılımının ana ekran görüntüsü görülmektedir. Bu ekranda antrenman cihazı ile bağlantının sağlanması, daha önceden oluşturulan antrenman protokollerinin ulaşılabilmesi, antrenman protokollerinin renkli olarak gösterilmesi, antrenman sırasında elde edilen verilerin anlık gösterilmesi ve bu verilerin liste olarak gösterilmesi gibi özellikler eklenmiştir.



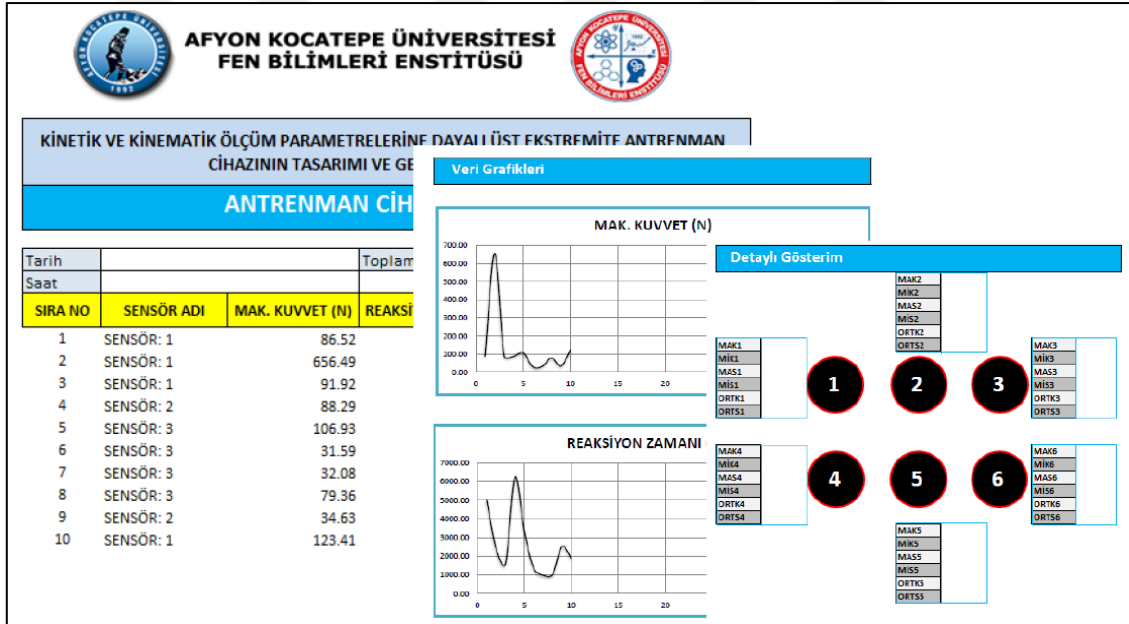
Şekil 4.2 Antrenman ve performans ölçüm sisteminin bilgisayar yazılımı.

Şekil 4.3'te gerçekleştirilen antrenman ve performans ölçüm sisteminin bilgisayar yazılımının MOD ekranı görülmektedir. Bilgisayar yazılımında bu ekran üzerinden takip renginin seçilmesi, istenilen şekilde antrenman protokollerinin oluşturulması, bu protokollerin anlık olarak bir listede gösterilmesi ile bu protokollerin daha sonra yazılım üzerinden ulaşılabilmesi için kayıt edilmesi gibi özellikler eklenmiştir.



Şekil 4.3 Antrenman ve performans ölçüm sistemi için bilgisayar yazılımında antrenman protokolünün belirlenmesi.

Antrenman protokollerine göre sporcu üzerinden elde edilen maksimum kuvvet, reaksiyon süresi ve toplam antrenman süresi yazılım ekranında kullanıcının kolay takibi için gösterilmiştir. Elde edilen bu performans verilerinin istenilen dosya türünde kayıt edilmesi sağlanarak sporcunun mevcut performansı ve performansının zamanla gelişiminin takip edilmesi sağlanmıştır. Şekil 4.4’de bilgisayar yazılımı tarafından örnek olarak on adet oluşturulan antrenman protokolü ile yapılan antrenman sonucunda elde edilen verilerin kullanılarak bilgisayar yazılımı ile otomatik olarak oluşturulmuş rapor formatı görülmektedir. Rapor formatında elde edilen verilerin ham olarak kaydı, bu verilerin grafiği oluşturularak uzmanlar tarafından kolay yorumlanabilir hale getirilmesi ve elde edilen verilerin antrenman cihazı üzerinde bulunan her 6 ölçüm birimi için birbirinden bağımsız olarak analiz edilmesi sağlanmıştır.

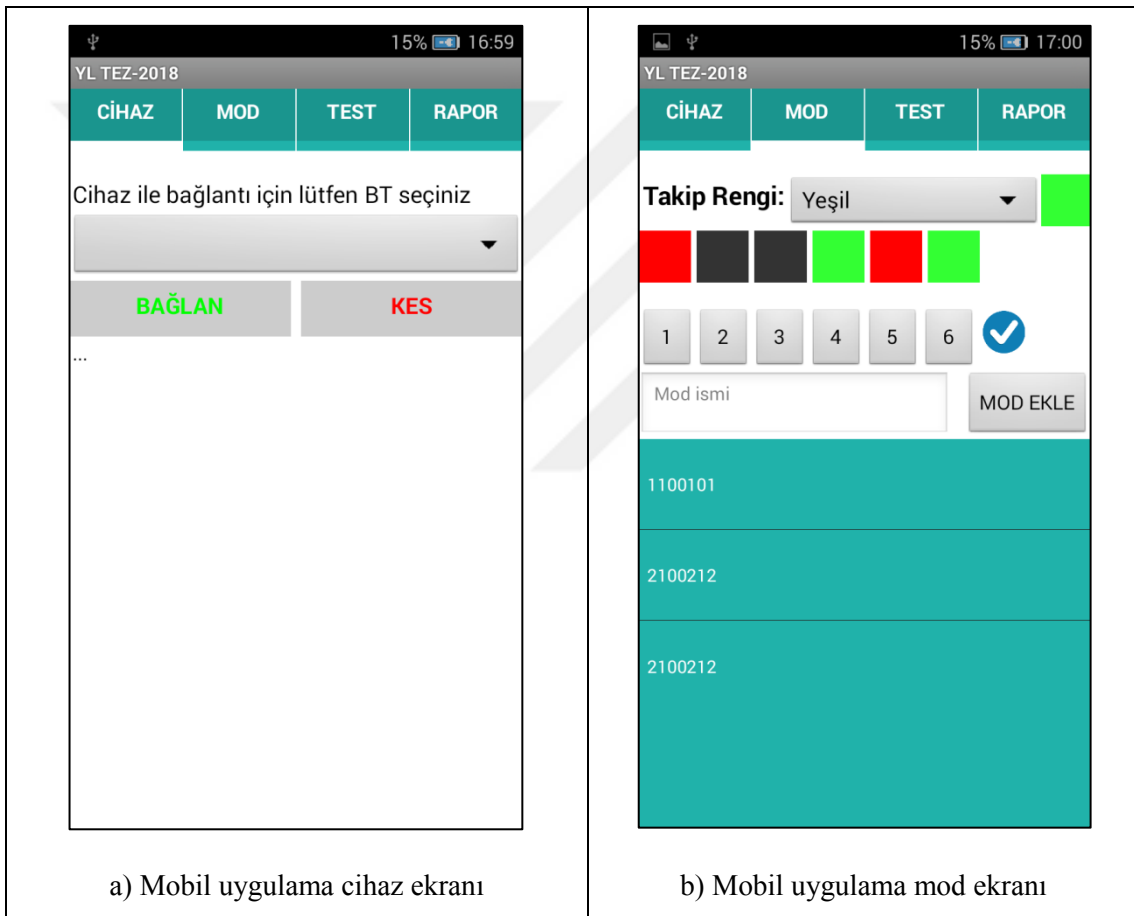


Şekil 4.4 Rapor formatı.

4.2 Mobil Cihaz Tabanlı Ölçüm Sistemi Yazılımı

Şekil 4.5’te gerçekleştirilen antrenman ve performans ölçüm sisteminin mobil cihazlar ile kullanılabilmesini sağlayan uygulama yazılımı görülmektedir. Şekil 4.5a’da mobil cihazların Bluetooth özelliği kullanılarak gerçekleştirilen sistem ile bağlantı ekranı görülmektedir. Bu ekranda antrenman cihazının Bluetooth adresi seçimi yapılarak bağlantı sağlanmaktadır. Şekil 4.5b’de görülen kısımda ise sporcunun takip edeceği

renk seçimi yapıldıktan sonra protokollerin oluşturulması sağlanmış ve mobil cihaz hafızasında bu protokollerin bir sonraki antrenmanda kullanılabilmesi için kaydedilmiştir. Protokoller oluşturulduktan sonra uygulamanın test ekranı ile istenilen protokoller antrenman cihazına gönderilmiş ve test başlatılmıştır. Antrenman sırasında sporcu üzerinden alınan kinetik ve kinematik parametreler anlık olarak uygulama üzerinden gösterilmiştir. Sporcunun performansını ifade eden bu veriler uygulama ile txt dosya formatında kaydedilerek sporcunun gelişiminin takip edilmesi için saklanmıştır.



Şekil 4.5 Antrenman ölçüm sisteminin mobil uygulaması.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Spor, insanların beden ve ruh sağlıklarını koruyabilmeleri, fizikî performanslarını üst düzeye çıkararak verimli bir şekilde yaptıkları hareketler bütünüdür. Kültürlerarası etkileşim aracı olan spor giderek artan rekabet düzeyi ile ulusal kimliğin ve itibarın dünya üzerinde kanıtlandığı bir alana dönüşmüştür. Bilim ve teknolojiye yaşanan hızlı değişim ekonomik, siyasi ve kültürel olmak üzere birçok alanda olduğu gibi spor alanına da katkı sağlamaktadır. Bu sayede her geçen gün yeni yöntemler ve teknikler ortaya çıkmaktadır. Teknoloji, sağlık ve antrenman bilimlerindeki gelişmeler günümüzde sporcuların her yönden doğru yetiştirilmesini sağlamıştır. Teknolojinin sağlık ve antrenman bilimlerine uygulanması ile birlikte sporcuların performansları arttırılmış ve sportif başarıları geliştirilmiştir.

Antrenör ve sporcuların temel amacı, spor dalında en yüksek performansa ulaşmaktır. Sporcunun ilgili olduğu spor dalındaki performansını birçok faktör belirlemektedir. Bu faktörlerden biri sporcunun, dayanıklılık, kuvvet, sürat, çeviklik, esneklik ve beceri gibi motorik özelliklerdir. Bu motorik özelliklerin gelişimi ve takibi spor dalına özgü yapılan çalışmalar ve antrenmanlarla sağlanabilmektedir. Teknolojinin spor alanında kullanılması hassas ölçümlerin yapılmasını ve sporcu performanslarının nitel veriler yerine nicel veriler üzerinden değerlendirilmesini sağlamıştır. Antrenörler tarafından planlanan antrenman programının ve sporcunun antrenman sırasında uyguladığı performansın etkinliği ancak bir sonraki testte belirlenebilmektedir. Bu hem zaman kaybına hem de ekonomik kayba neden olmaktadır.

Bu çalışma ile boks, judo, karate vb. üst ekstremité performansı gerektiren spor dalları için kinetik ve kinematik parametrelere dayalı antrenman ve performans ölçüm sisteminin geliştirilmiştir. Geliştirilen sistemde bilişsel etkiler antrenman programına dâhil edilerek kuvvet, sürat ve koordinasyon parametrelerinin anlık olarak ölçümü sağlanmıştır. Altı farklı noktadan bilişsel uyarılarla birlikte üst ekstremité kuvveti TAS606-200kg yük hücresi ve HX711 24 bit çözünürlüklü farksal ADC ile ölçülmüştür. Bu veriler 2.4 GHz çalışma frekanslı NRF24L01 kablosuz haberleşme modülü ile bilgisayar arayüzü ve mobil cihaz birimine aktarılmıştır. Sporcunun

antrenmanı esnasında çalıştırıcı tarafından belirlenebilen renkli bilişsel uyaranlara karşı uyguladığı kuvvet, uyaranlara verilen tepki süresi, toplam antrenman süresi vb. parametreler geliştirilen bilgisayar programı tarafından anlık olarak gösterilmiştir. Geliştirilen sistem ile ölçülen kinetik ve kinematik parametreler doğru olarak kabul edilen referans cihaz değerleri ile karşılaştırılarak sistemin hata oranı belirlenmiştir. Daha sonra ölçümler tekrar edilerek cihaz etkinliği ve tekrarlanabilir seviyede ölçümler ortaya koyduğu test edilmiştir. Antrenman esnasında elde edilen performans verileri antrenman sonunda raporlanmış ve istenilen dosya formatında kayıt edilmesi sağlanmıştır. Sporculara ait performans verilerinin depolanması ile bu alandaki uzmanların verileri inceleyerek sporcu gelişim sürecini kontrol altında tutması sağlanmıştır.

Sonuç olarak yapılan bu çalışma ile üst ekstremité performansı gerektiren sporcuların antrenman süreçlerinde hem antrenman edilmeleri hem de antrenman esnasındaki sporcunun sportif verimine ait verilerin ölçümü sağlanmıştır. Bu veriler ile sportif performansın takip edilmesi, uygun antrenman yöntemlerinin ve gerçekleştirilen antrenman programının etkinliğinin belirlenmesi ve sakatlık riskinin öngörülebilmesi sağlanmıştır. Ülkemizde bu alanda yapılacak olan çalışmalar ile spor teknolojilerinin geliştirilmesi, sporcuların gelişimine bulunacağı katkının yanında ülkemizin dışa bağımlılığını da azaltacaktır.

6. KAYNAKLAR

- Altun, M. ve Koçak, S. (2015). Türkiye'nin sportif başarı açısından değerlendirilmesi: Bakü Avrupa oyunları örneği. *Hacettepe Journal of Sport Sciences*, **3**: 114-128.
- Ayan, V. ve Mülazimoğlu, O. (2009). Sporda yetenek seçimi ve spora yönlendirmede 8-10 yaş grubu erkek çocuklarının fiziksel özelliklerinin ve bazı performans profillerinin incelenmesi (Ankara örneği). *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Tıp Dergisi*, **23(3)**: 113-118.
- Bilgiç M. (2017). Farklı Branşlarda Spor Yapan 11-13 Yaş Grubu Çocukların 2d:4d Parmak Oranlarının Sportif Performansla İlişkisinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep.
- Caniberk, M., Sesli, F. A., ve Çetin, C. (2016). Spor biyomekaniğinde ve üç boyutlu hareket analizinde sayısal fotogrametrinin kullanılması. *Spor Hekimliği Dergisi*, **51(4)**: 117-127.
- Dönmez, G., Ak, E., Ödek, U., Özberk, N. ve Korkusuz, F. (2014). Sporda hareket analizi. *Türk Ortopedi ve Travmatoloji Birliği Derneği Dergisi*, **13**: 369-380.
- Dündar, U. (2003). Antrenman Teorisi. Nobel Yayın Dağıtım, 6.Baskı, Ankara.
- Fişekçioğlu, B., Çumralıgil, B., Patlar, S., Çınar, V. ve Çakmakçı, O. (2005). Türkiye ve Gürcistan A milli boks takımlarının bazı fiziksel özelliklerinin karşılaştırılması. *Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, **7 (3)**: 1-5
- Günay, M., Tamer, K., Cicoğlu, İ. (2006) Spor Fizyolojisi ve Performans Ölçümü. Gazi Kitabevi, 1. Baskı, Ankara.
- Harbili, E., ve Arıtan, S. (2005). Elit haltercilerde koparma tekniğinin karşılaştırmalı biyomekanik analizi. *Spor Bilimleri Dergisi*, **16**: 124-134.
- Havuç, M., Meriç, B., Aydın M., Bulgan Ç. ve Özbek, A. (2007). Tekerlekli sandalye basketbolunda sınıflamalara göre serbest atışta bilek hareketinin biyomekaniksel analizi. *SPORMETRE Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, **2**: 73-77.

- İnal, H.S. (2004). Spor Biyomekaniği Temel Prensipler. Nobel Yayın Dağıtım, 1.Baskı, Ankara.
- Kamar, A. (2003). Sporda Yetenek Beceri Ve Performans Testleri. Nobel Yayın Dağıtım, 1. Baskı, Ankara.
- Muratlı, S. (1991). Çocuk ve Gençlerde Kuvvet Antrenmanı. Antrenman Bilgisi Sempozyumu, Hacettepe Üniversitesi, 105-116.
- Özen, G., Güllü, M., Uğraş, S. (2016). Beden eğitimi öğretmenlerinin beden eğitimi ders içi ve dışı etkinliklerinde teknolojik araç ve gereçlerin kullanımı ile ilgili görüşleri. *Gaziantep Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, **1**: 24-37.
- Perš, J., Bon, M., Kovačić, S., Šibila, M., and Dežman, B. (2002). Observation and analysis of large-scale human motion. *Human Movement Science*, **21(2)**: 295-311.
- Sarı İ. (2017). Nörolojik rehabilitasyon için kinect sensörlü ölçüm ve egzersiz sisteminin tasarımı ve gerçekleştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- Sarsılmaz, M. (2012). Anatomi. Nobel Akademik Yayıncılık, 4. Baskı, Ankara.
- Schubert, T. W., D'Ausilio, A., and Canto, R. (2013). Using Arduino microcontroller boards to measure response latencies. *Behavior research methods*, **45(4)**: 1332-1346.
- Sevim, Y. (2002). Antrenman Bilgisi. Nobel Yayın Dağıtım, 1.Baskı, Ankara.
- Şahin Özdemir, F. N., Altınok, T. ve Aslan, C.S. (2011). Askeri akademi savaş beden eğitimi programının teknolojik imkân ve kaabiliyetler açısından analizi. *SPORMETRE Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, **4**: 163-167.
- Wixted, A. J., Thiel, D. V., Hahn, A. G., Gore, C. J., Pyne, D. B. and James, D. A. (2007). Measurement of energy expenditure in elite athletes using mems-based triaxial accelerometers. *IEEE Sensors Journal*, **7**: 481-488.

İnternet Kaynakları

- 1) <http://www.gsb.gov.tr/HaberDetaylari/3/62439/genclik-ve-spor-bakanligi-ile-milli-egitim-bakanligi-arasinda-isbirligi-protokolu-imzalandi.aspx>, 22.02.2018
- 2) <http://www.saglikaktuel.com/saglik-ansiklopedisi-tendon-nedir--780.htm>, 02.02.2018
- 3) http://www.robotiksistem.com/arduino_nedir_arduino_ozellikleri.html, 01.02.2018
- 4) http://www.eee.ktu.edu.tr/bitirme.dosyalar/bitirme_projeler_archive/02_2011-2012_Bahar/196089%20G%C3%B6khan%20GASIM/196089%20G%C3%B6khan%20GASIM.pdf, 18.02.2018
- 5) <https://www.karel.com.tr/bilgi/ip-koruma-sinifi-nedir-seviyeleri-nelerdir-ip67-ve-ip68-ne-anlama-gelir>, 08.02.2018
- 6) <http://www.teknokoliker.com/2012/05/strain-gage-gerilim-olcer-sensorler.html>, 03.02.2018
- 7) https://tr.wikipedia.org/wiki/Wheatstone_k%C3%B6pr%C3%BCs%C3%BC, 29.01.2018
- 8) http://ee.uludag.edu.tr/wp-content/uploads/2014/10/EDL-I_Deney_2_2014-15.pdf, 11.02.2018
- 9) http://content.lms.sabis.sakarya.edu.tr/Uploads/48893/39328/sp%C4%B1_last.pdf, 05.03.2018
- 10) <http://elektrohobim.com/index.php/arduino/46-spi-haberlesme-protokolu>, 02.03.2018
- 11) <https://ondergormez.com/2015/02/05/spi-ile-picler-arasi-haberlesme/>, 02.03.2018
- 12) <https://www.robotistan.com/wireless-nrf24l01-24ghz-transceiver-modul-24ghz-alici-verici-modul-1>, 01.03.2018
- 13) <http://www.teknokoliker.com/2011/11/c-nedir-c-temelleri-nelerdir.html>, 10.02.2018

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Erkan YILMAZ
Doğum Yeri ve Tarihi : Serik/ANTALYA – 05.01.1994
Yabancı Dili : İngilizce
İletişim (Telefon/e-posta) : 0 (539) 343 38 05
erkanyilmaz007@gmail.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Serik Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi, Ağ
İşletmenliği Bölümü, (2009-2012)
Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Biyomedikal
Mühendisliği Bölümü, (2012-2016)
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri
Enstitüsü, Biyomedikal Mühendisliği Anabilim
Dalı, (2016 - 2018)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl : Sporsis Spor ve Sağlık Teknolojileri Tic. Ltd. Şti.
(2018 - Devam ediyor)

Yayınları (SCI ve diğer) :

- Fidan, U., Yılmaz, E. ve Zığarlı, H.K. (2017). Mobil Cihazlarla Uyumlu CPM Cihazı Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **17**: 124-130.
- Fidan, U., Yılmaz, E. ve Zığarlı, H.K. (2016). İntravenöz Sıvı Tedavisi İçin Optik - Kapasitif Bubble Dedektörünün Gerçekleştirilmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **16**: 285-291.
- Fidan, U., Yıldız, M., Yılmaz, E. ve Zığarlı, H.K. (2018). Kinetik Ve Kinematik Ölçüm Parametrelerine Dayalı Üst Ekstremitte Antrenman Cihazının Tasarımı

Ve Gerçekleştirilmesi. 2. Uluslararası Multidisipliner Çalışmaları Kongresi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 4-5 Mayıs, 424.

- Fidan, U., Yıldız, M., Zıgarlı, H.K. ve Yılmaz, E. (2018). Stenozlu Koroner Artere Bağlı İnfarktüs Lokalizasyonunun Yapay Zekâ Teknikleri İle Belirlenmesi. 2. Uluslararası Multidisipliner Çalışmaları Kongresi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 4-5 Mayıs, 455.

Yarışmalar :

- 09/2016-TÜBİTAK 2241B-Sanayiye Yönelik Lisans Bitirme Tezleri Yarışması-ANKARA. Proje : Artroplasti Cerrahi Sonrası FTR Amaçlı CPM Cihazı Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi

Projeler :

- 05/2015- PROJEPARK 2015- AR-GE Proje Pazarı-KAYSERİ. Proje: UV Koruma Bantlı Yeni Nesil Kuvöz Tasarımı
- 11/2014- 2209A-Üniversite Öğrencileri Yurt İçi/Yurt Dışı Araştırma Projeleri Destekleme Programı Desteği-TÜBİTAK. Proje: Optik Ve Kapasitif Bubble Dedektör Tasarımı
- 11/2014- 2209A-Üniversite Öğrencileri Yurt İçi/Yurt Dışı Araştırma Projeleri Destekleme Programı Desteği-TÜBİTAK. Proje: Biyomalzemelerin Mekanik Özelliklerini Belirlemek İçin Kullanılan Çekme Deney Cihazının Görüntü İşleme ve Senkronizasyon Yoluyla Modernizasyonu

Sertifika/ Katılım Belgeleri :

PROJEPARK 2015 Proje Pazarı Katılım Sertifikası- KAYSERİ

Kariyer.net Semineri Katılım Sertifikası-AFYONKARAHİSAR

K²Kocatepe-Kariyer Sektör Günleri Katılım Sertifikası- AFYONKARAHİSAR

EMO Bitirme Projeleri Sergisi Katılım Sertifikası- ANKARA

TÜBİTAK 2241B Sergisi Katılım Sertifikası- ANKARA

2. Uluslararası Multidisipliner Çalışmaları Kongresi Katılım Belgesi- ADANA

