

**T.C.**  
**AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**  
**SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Anabilim Dalı**

**YÜZMEDE FARKLI ÇIKIŞ METOTLARININ**  
**KİNEMATİK ANALİZİ**

**Eylem DALGIÇ**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Antalya, 2013**

**T.C.**  
**AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**  
**SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Anabilim Dalı**

**YÜZMEDE FARKLI ÇIKIŞ METOTLARININ**  
**KİNEMATİK ANALİZİ**

**Eylem DALGIÇ**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Tez Danışmanı**  
**Doç. Dr. Adnan TURGUT**

“Kaynakça Gösterilerek Tezimden Yararlanılabilir”

**Antalya, 2013**

**Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne;**

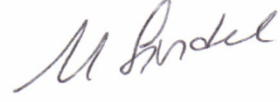
Bu çalışma jürimiz tarafından Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu, Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Programında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

08/01/2013

**Tez Danışmanı** : Doç. Dr. Adnan TURGUT  
Akdeniz Üniversitesi  
Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu



**Üye** : Prof. Dr. Muzaffer SİNDEL  
Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi  
Anatomi Anabilim Dalı



**Üye** : Doç. Dr. Y. Gül ÖZKAYA  
Akdeniz Üniversitesi  
Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu



**Üye** : Yrd. Doç. Dr. K. Alparslan ERMAN  
Akdeniz Üniversitesi  
Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu



**Üye** : Yrd. Doç. Dr. Tuba Melekoğlu  
Akdeniz Üniversitesi  
Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu



**ONAY:**

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

**Prof. Dr. İsmail ÜSTÜNEL**  
Enstitü Müdürü

## ÖZET

Bu araştırmanın amacı, kinematik yaklaşımla, yüzmede grab çıkış (GÇ), ön ağırlık merkezli track çıkış (ÖTÇ) ve arka ağırlık merkezli track çıkış (ATÇ)'in performansa etkisinin araştırılmasıdır.

Bu amaçla öncelikle Akdeniz Üniversitesi Etik Kurulu'ndan gerekli izinler alınmıştır. Çalışmaya Türkiye şampiyonalarına katılan, tercih ettikleri metot ÖTÇ olan, aynı kulübün elit yüzücülerinden (A.O  $\pm$  S.S., yaş: 15,25  $\pm$  0,97 yıl, antrenman yaşı: 6,83  $\pm$  1,03 yıl, boy: 170,25  $\pm$  5,79 cm, kütle: 61,58  $\pm$  7,28 kg) 12 sporcu katılmıştır. Katılımcıların reaksiyon süresi, itme (impuls) süresi, blok süresi, uçuş süresi, toplam süre, bloktan çıkış hızının yatay ve dikey bileşenleri, uçuş mesafesi, suya giriş hızının yatay bileşeni, bloktan çıkış açısı, suya giriş açısı ve ilk 10 m performansları incelenmiştir. Bu çalışmada, 3D videografi yöntemi kullanılmıştır. Yüzücülere GÇ, ÖTÇ ve ATÇ üçer kez yaptırılmıştır. Atlayışlar, 100 Hz hızında birbirine senkronize çalışan 2 adet video kamera ile çekime alınmıştır. Kamera çekimleri program aracılığıyla doğrudan bilgisayara aktarılmış ve elde edilen verilerin kinematik analizi Simi Motion 6.2 programı kullanılarak yapılmıştır. Araştırmada elde edilen veriler SPSS 18.0 istatistik programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Parametriklik şartına uyan veriler için "Tekrarlı Ölçümler Tek Yönlü Varyans Analizi" uygulanmış ve "Bonferroni Düzeltmesi" yapılmıştır. Parametriklik şartına uymayanlarda ise "Friedman Testi" ve "Wilcoxon Eş Testi" kullanılmıştır. Sonuçlar, "A.O  $\pm$  S.S" olarak verilmiş,  $p < 0,05$  eşitsizliğine uyan değerler istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir. Yüzücüler, ÖTÇ'de bloğu her iki yöntemle göre belirgin şekilde erken (0,85  $\pm$  0,04 s), ATÇ'de geç (1,16  $\pm$  0,09 s) terk etmişlerdir (GÇ: 0,91  $\pm$  0,05 s;  $p < 0,01$ ). Ancak ATÇ'de, çıkış hızının yatay bileşeni (4,20  $\pm$  0,25 m/s), diğer metotlara göre üstünlük sağlamıştır (GÇ: 3,87  $\pm$  0,11 m/s, ÖTÇ: 3,89  $\pm$  0,07 m/s;  $p < 0,01$ ). 10 m süresi ATÇ'de (4,54  $\pm$  0,13 s) diğer metotlara göre (GÇ: 4,72  $\pm$  0,12 s;  $p < 0,01$ , ÖTÇ: 4,69  $\pm$  0,10 s;  $p < 0,05$ ) daha kısadır.

Bu çalışmada elde edilen veriler doğrultusunda, ATÇ'nin blok süresi ve uçuş süresindeki dezavantajı, ağırlığın arka ayak üzerinde olması ve çıkış hareketinin arka ayaktan başlaması nedeniyle, çıkış hızının yatay bileşeninin ve dolayısıyla uçuş mesafesinin artmasıyla avantaja dönüşmüştür. Ayrıca optimum bir çıkış açısı ve sonrasında optimum bir giriş açısıyla, kazanılan çıkış hızının yatay bileşeninin, kayma evresinde, su direnciyle kaybedilmemesi, ATÇ'yi diğer metotlardan üstün kılmıştır. ATÇ'nin, çıkış performansının temel kriteri olan 10 m süresinin, diğer metotlardan belirgin bir şekilde kısa olması bunun en büyük göstergesidir. Bu sonuçta kinematik olarak sabit veriler neticesinde varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** 3D kinematik analiz, biyomekanik, hareket analizi, grab ve track çıkış, ön ve arka ağırlık merkezli track çıkış.

## ABSTRACT

The purpose of this investigation is to compare the affect of grab start (GC), front-weighted track start (OTC) and rear-weighted track start (ATC) on performance as kinematical in swimming.

So firstly, necessary permission was taken from the Ethical Committe of Akdeniz University. Totally 12 elite competitive swimmers (mean  $\pm$  S.D., age: 15,25  $\pm$  0,97 years, training years: 6,83  $\pm$  1,03 years, body height: 170,25  $\pm$  5,79 cm, body mass: 61,58  $\pm$  7,28 kg) who prefer OTC method and particpate in Turkey swimming championships on behalf of the same swimming club included in the study. Reaction, impulse, block and flight time, time from start to water touch, the horizontal and vertical velocity of the center of mass (CM) at takeoff, flight distance, horizontal velocity of the CM at the beginning of the water entry, angle of takeoff / entry, and the first 10 meters performances of participants were examined. In this study, 3D videography method was used. Swimmers performed three times GC, OTC and ATC. Two high speed and working synchronized recorded the starts of participants. The shots were directly transferred from camcorders to the computer. Kinematical analysis of acquaired data were made by using SIMI Motion 6.2 program. Data has been assesed by SPSS 18.0. Repeated Measures ANOVA tests and "Bonferroni Adjustment" were run for parametric data. For non-parametric data "Friedman Test" and Wilcoxon Test" were run. Results were shown as "mean  $\pm$  S.D.". Results have been assessed according to the significant level  $< 0,05$ . Swimmers using the OTC (0,85  $\pm$  0,04 s) left the block significantly earlier than ATC (1,16  $\pm$  0,09 s) and GC (0,91  $\pm$  0,05 s;  $p < 0,01$ ). (0,85  $\pm$  0,04 s), significantly later using the ATC (1,16  $\pm$  0,09 s), (GC: 0,91  $\pm$  0,05 s;  $p < 0,01$ ). However ATC using athletes are advantaged as they left the blocks with significantly higher horizontalvelocity than both GC (3,87  $\pm$  0,11 m/s) and OTC (3,89  $\pm$  0,07 m/s;  $p < 0,01$ ). In the ATC (4,54  $\pm$  0,13 s), 10 m time compared to other methods (GC: 4,72  $\pm$  0,12 s;  $p < 0,01$ , OTC: 4,69  $\pm$  0,10 s;  $p < 0,05$ ) was found significantly shorter.

According to the findings, ATC's disadvange by block and flight time turned into an advantage during horizontal velocity of the CM at takeoff which lengthens flight distance indirectly through the takeoff movement starts by rear foot. Besides this, ATC gets more advantage by a fast horizontal velocity with an optimum takeoff angle, then with an optimum entry angle if not lost during gliding phase because of water resistant. The most significant indicator which expresses this advantage of ATC is that it has clearly shorter 10 m time than other two methods.

**Keywords:** 3D kinematic analysis, biomechanics, motion analysis, grab and track start, front-weighted and rear-weighted track start.

## TEŞEKKÜR

Yazar, bu çalışmanın gerçekleşmesine katkılarından dolayı, aşağıda adı geçen kişi ve kuruluşlara içtenlikle teşekkür eder.

Akdeniz Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu Öğretim Üyesi Sayın Doç. Dr. Adnan TURGUT, tez çalışmasının planlanmasında ve spor dalına özgü konularda bilgileriyle katkıda bulunmuştur.

Akdeniz Üniversitesi Fen Fakültesi Öğretim Üyesi Sayın Prof. Dr. Nuri ÜNAL, tez çalışmasının her aşamasında yönlendirmeleriyle destek vermiştir.

Akdeniz Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu Müdürü Sayın Doç. Dr. Erkan ÇALIŞKAN, çekimler, analizler ve tez yazımı aşamasında idari görev ve yükümlülüklerini azaltarak destek vermiştir.

Kocaeli Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu kurum olarak, çekimler ve çekimlerin analizi esnasında destek vermiştir.

Kocaeli Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu Müdürü Sayın Prof. Dr. Yavuz TAŞKIRAN, hareket analizi sisteminin kullanılması aşamasında destek vermiştir.

Kocaeli Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu Öğretim Üyesi Sayın Yrd. Doç. Dr. Bergün MERİÇ BİNGÜL, çekimlerin yapılmasında ve analiz programının kullanılması sürecinde gerekli ortamı sağlamıştır.

Haliç Üniversitesi Öğretim Görevlisi Sayın Çiğdem BULGAN, çekimler aşamasında yardımcı olmuştur.

Kocaeli Yıldızlar Yüzme Kulübü Antrenörü Sayın Aykut ÇETİN, yüzücülerin çalışmaya dahil edilmesinde yardımcı olmuştur.

Kocaeli Yıldızlar Yüzme Kulübü yüzücüleri, çalışma için gerekli olan çekimlere katılımcı olarak destek vermişlerdir.

## İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
<b>ÖZET</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>v</b>
<b>TEŞEKKÜR</b>	<b>vi</b>
<b>İÇİNDEKİLER DİZİNİ</b>	<b>vii</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR</b>	<b>ix</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b>	<b>xii</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b>	<b>xiv</b>
<b>GİRİŞ</b>	<b>1</b>
<b>GENEL BİLGİLER</b>	<b>4</b>
2.1.    Yüzme Sporunun Gelişimi	4
2.1.1.    Yüzme Sporunun Dünyadaki Gelişimi	4
2.1.2.    Yüzme Sporunun Türkiye'deki Gelişimi	6
2.2.    Yüzme Teknikleri	8
2.2.1.    Kraul Tekniği	8
2.2.2.    Sırtüstü Tekniği	8
2.2.3.    Kurbağalama Tekniği	8
2.2.4.    Kelebek Tekniği	9
2.3.    Yüzmenin Fazları	9
2.3.1.    Çıkışlar	9
2.4.    Biyomekanik	11
2.4.1.    Spor Biyomekaniği	12
2.4.2.    Spor Biyomekaniğinin Amaçları	12
2.4.3.    Spor Biyomekaniğinde Kullanılan Bazı Anatomik Terimler	12
2.4.4.    Sporda Mekanik Değişkenler	17
2.4.5.    Mekanikte Kullanılan Temel Kavramlar	17
2.4.6.    Temel Kinematik Verileri	18
2.4.7.    Kinematik	18

2.4.8.	Hareket	18
2.4.9	Genel Hareket Denklemleri	19
2.5.	Biyomekanik Araştırma ve Ölçüm Yöntemleri	20
2.5.1.	Öznel Analiz Metotları	20
2.5.2.	Tahmini Analiz Metotları	21
2.5.3.	Gerçek Analiz Metotları	21
2.6.	Yüzmede Çıkış Biyomekaniği	29
2.6.1.	Grab Çıkış	29
2.6.2.	Ön Ağırılık Merkezli Track Çıkış	32
2.6.3.	Arka Ağırılık Merkezli Track Çıkış	33
<b>GEREÇ VE YÖNTEM</b>		<b>34</b>
3.1.	Araştırma Grubu	34
3.2.	Veri Toplama Araçları	34
3.2.1.	Kalibrasyon	34
3.2.2.	Deri İşaretleri	36
3.3.	Veri Toplama Yöntemleri	37
3.4.	Analiz	37
3.5.	İstatistiksel Analiz	40
<b>BULGULAR</b>		<b>41</b>
<b>TARTIŞMA</b>		<b>50</b>
<b>SONUÇLAR</b>		<b>54</b>
<b>KAYNAKLAR</b>		<b>56</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b>		<b>66</b>



## SİMGELER VE KISALTMALAR

- a** : Acceleration (ivmenin sembolü)
- AAU** : Amateur Athletic Union
- ABD** : Amerika Birleşik Devletleri
- A.O.** : Aritmetik ortalama
- APAS** : Ariel Performance Analysis System
- ATÇ** : Arka Ağırlık Merkezli Track Çıkış
- cm** : Santimetre
- CM** : Center of Mass
- Cs<sup>133</sup>** : Sezyum
- DLT** : Direct Linear Transformation
- DOF** : Degrees of Freedom
- EMG** : Elektromiyografi
- F** : Force (kuvvetin sembolü)
- FINA** : Fédération Internationale de Natation Amateur
- GÇ** : Grab Çıkış
- Hz** : Hertz (frekansın birimi)
- kg** : Kilogram

**LEN** : Ligue Européenne de Natation

**m** : Mass (kütlenin sembolü)

**m** : Metre

**M.** : Musculus

**max** : Maksimum

**min** : Minimum

**M.Ö.** : Milattan önce

**m/s** : Metre / saniye

**m/s<sup>2</sup>** : Metre / saniye kare

**ÖTÇ** : Ön Ağırlık Merkezli Track Çıkış

**rad** : Radyan

**rad/s** : Radyan / saniye

**rad/s<sup>2</sup>** : Radyan / saniye kare

**s** : Saniye

**SPSS** : Statistical Package for the Social Sciences

**S.S.** : Standart Sapma

**t<sub>b</sub>** : Blok zamanı

**t<sub>i</sub>** : İtme zamanı

**t<sub>r</sub>** : Reaksiyon zamanı

**t<sub>t</sub>** : Toplam süre

- $t_u$  : Uçuş zamanı
- $t_{10m}$  : 10 m süresi
- $v_{çy}$  : Bloktan çıkış hızının yatay bileşeni
- $v_{çz}$  : Bloktan çıkış hızının dikey bileşeni
- $v_{gy}$  : Suyu giriş hızının yatay bileşeni
- $y_u$  : Uçuş mesafesi
- $\theta_ç$  : Bloktan çıkış açısı
- $\theta_g$  : Suyu giriş açısı
- (°) : Derece

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
2.1. Kartezyen koordinat eksenleri	14
2.2. Anatomik düzlemler ve eksenler	15
2.3. Dinamik çözümlenmeler	20
2.4. "Simi Motion" hareket analizi sistemi	28
2.5. GÇ	29
2.6. ÖTÇ	32
2.7. ATÇ	33
3.1. Basler A602f marka 100 Hz kamera	34
3.2. Kalibrasyon kafesi 1. kamera görüntüsü	35
3.3. Kalibrasyon kafesi 2. kamera görüntüsü	35
3.4. Deri işaretleri	36
3.5. "Simi Motion" hareket analizi sisteminin bilgisayar ünitesi	37
3.6. "Simi Motion" hareket analizi sisteminin ekran arayüzü	38
3.7. Bloktan çıkış açısı	39
3.8. Suyu giriş açısı	40
4.1. Üç çıkış metodunun, blok, itme, reaksiyon süresi açısından karşılaştırılması	43

4.2.	Üç çıkış metodunun uçuş, blok süresi ve toplam süre açısından karşılaştırılması	44
4.3.	Üç çıkış metodunun uçuş mesafesi açısından karşılaştırılması	45
4.4.	Üç çıkış metodunun dikey çıkış, yatay çıkış, yatay giriş hızı açısından karşılaştırılması	46
4.5.	Üç çıkış metodunun çıkış ve giriş açısı bakımından karşılaştırılması	47
4.6.	Üç çıkış metodunun 10 m süresi açısından karşılaştırılması	48
4.7.	Üç çıkış metodunun toplam süre ve 10 m süresi açısından karşılaştırılması	49

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge	Sayfa
3.1. Kalibrasyon Kafesinin Koordinatları	35
4.1. Katılımcıların Bazı Demografik ve Antropometrik Özellikleri	41
4.2. Performansı Etkileyen Parametreler Bakımından Çıkış Metotlarının Karşılaştırılması	42

## GİRİŞ

İlk Modern Olimpiyat Oyunları'nın düzenlendiği 1896 yılından günümüze spor alanında birçok yenilik, değişim ve gelişim yaşanmıştır ve yaşanmaktadır. Teknoloji, sağlık alanındaki ve antrenman bilimindeki gelişmeler, günümüzde sporcular arasındaki farkı azaltmakta, buna karşılık daha çok sayıda rekor kırılmaktadır. Yetenekli, motivasyonu yüksek ve iyi antrenman yapmış sporcular karşı karşıya geldiklerinde antrenman, beslenme, yaşam tarzı, kullanılan malzeme gibi etmenlerdeki ayrıntılara gösterilecek dikkat, bu küçük farkı yaratmakla birlikte çok önem verilen sonucu ise değiştirebilmektedir. Spor bilimleriyle uğraşan bilim insanları da bu yüzden, sporcular arasındaki daha ince detaylarla ilgilenerek, daha büyük başarılarla ulaşmanın yollarını bulmaya çalışmaktadırlar.

Suya dayalı rekreatif etkinlikler arasında en çok bilinen ve yapılan yüzme, su üstünde kalabilme ve hareket edebilme sanatıdır. Yüzme maliyet açısından diğer bütün suya dayalı rekreatif etkinliklerden daha ucuz ve her yaşta bireyin yalnız veya başkaları ile yapabileceği rekreatif veya sportif bir etkinliktir (1).

Yüzme, geliştirdiği fiziksel ve psikolojik özelliklerle, kulüp bazında takım sporu, depar taşıda bireysel ve aynı zamanda bir eğitim aracı olmakla birlikte, esneklik, kuvvet, dayanıklılık gibi fiziksel özellikleri en üst seviyede geliştiren bir spor dalıdır. Yapısı gereği koordinasyon ve reaksiyon süresini de önemli ölçüde geliştirir. Toplumda ihtiyaç duyulan paylaşma, yardımlaşma ve sorumluluk gibi sosyal olguları da geliştirir. Bütün bu özellikler antrenörler tarafından, sporcunun spora başlama yaşından itibaren düzenli ve kademeli olarak kazandırılmaktadır (1).

Yarışmaya dayalı yüzmede dört müsabaka tekniği vardır. Bunlar; kelebek, sırtüstü, kurbağalama ve kraul tekniğidir. Ayrıca bu dört tekniğin bir arada yüzülmesiyle karışık teknik oluşmaktadır. Yüzmeyi; çıkış, kulaçlama, dönüş ve varış olmak üzere dört ana faza ayırmak mümkündür.

Çıkış, yüzme yarışlarının 50 m için toplam zamanın % 10'luk, 100 m için ise % 5'lik kısmını oluşturmaktadır (2, 3). Nützel ve Thoma (4) çıkışın, 200 m'ye kadar olan yüzme yarışlarında belirleyici etken olduğunu düşünmektedirler. Dahası, Maglischo (3), çıkışın geliştirilmesinin yarış derecelerini en az 0,10 s azaltacağını belirtmektedir. Bu nedenle, yüzme çıkışı konusunda pek çok araştırma yapılmıştır. Çoğu araştırmacı kraul, kelebek ve kurbağalama teknikleri için öne doğru (ventral) olan başlangıç çıkışını incelemiştir (5-37) ve değişik varyasyonlarını araştırarak en iyi olan metodu bulmaya çalışmışlardır.

Yüzücüler, kraul, kelebek ve kurbağalama tekniği yarışlarında havuz kenarındaki bloktan çıkış alır (ventral çıkış). Sırtüstünde ise, çıkış suyun içinden olur. Bu çalışmada, sadece ventral çıkışlara yer verilmiştir.

Eskiden yüzücüler çıkış bloğunun üzerinde, kollar geriye uzatılmış şekilde, bir tür hazırlık konumu alırdı (geleneksel çıkış) (3). 1950'lerde Avustralyalılar eller arkada birbirine tutunmuş olan orthodox çıkışını uygulamışlardır (32). Sonra, kolları önce önde tutup, sonra arkaya sallayarak vücudu suya doğru daha çabuk hareketlendirdiklerini bulmuşlardır. Bu teknik, düz geriye sallama çıkışı (straight backswing start) olarak adlandırılmış, daha sonraları yerini dairesel geriye sallama çıkışı (circular backswing start)'na bırakmıştır. Bu teknikte kollar önden yukarı, başın üstünden geriye, oradan da aşağıya ve vücut, çıkış bloğundan öne doğru uzarken ileriye bir daire çizerdi. Daha sonra, dairesel geriye sallama çıkışı yerini GÇ ve ÖTÇ'ye bırakmıştır (3).

GÇ, 1960'ların sonunda Eric Hanauer tarafından tanıtılmış ve hızlı bir şekilde yayılmıştır (38). GÇ'de her iki ayak da çıkış bloğunun ön tarafında ve eller bloğun ön ucunu kavrar şekildedir (23). Klasik yöntemlerle kıyaslandığı araştırmaların çoğunda, GÇ'nin, klasik yöntemlere göre daha hızlı olduğu kanıtlanmıştır (7, 39-45). Bunun nedeni, yüzücülerin çıkış platformunu çekerken, kolları geriye sallayarak sağlayacakları hızdan daha büyük bir hızla vücudu suya doğru hareketlendirebilecekleridir. Ancak suya girdiklerinde kol sallama momentumundan yoksun olan yüzücüler daha çabuk yavaşlayacaklardır. Her şeye rağmen kayma sürecinde bir miktar hız kaybederler de GÇ alan yüzücülerin, suya ve yüzeye erişmede (break-out) genellikle daha hızlı oldukları bulunmuştur (3). Örneğin; Thorsen (45) dairesel geriye sallama çıkışında yatay ve dikey hızların daha fazla olduğunu ancak, GÇ'nin giriş noktasına 0,10 s daha hızlı vardığını bulmuştur. Bowers ve Cavanaugh (7), GÇ'yi kullandığında yüzücülerin dairesel geri sallama çıkışına kıyasla çıkış bloğunu ortalama 0,17 s daha hızlı terk ettiğini bildirmişlerdir. GÇ yapan yüzücüler, ilk başlarda suya önceki yöntemlerle girdikleri gibi çok sığ giriyorlardı. Ancak bir zaman sonra pike çıkışını benimsediler. Pike çıkışında yüzücüler havada yüksek bir yay çizer ve çoğu kez suya dik bir açıyla girebilmek için bellerini bükerek (pike yaparlar). Bu çıkışın en büyük avantajı, yüzücülerin suya giriş anında daha az su direnciyle karşılaşmaları ve sonuç olarak su altındaki kaymada daha hızlı gidebilmeleridir (3).

1973 yılında Fitzgerald (46) tarafından ÖTÇ denilen bir teknik geliştirildi. O tarihten sonra, ağırlıklı olarak seksenli yılların başından beri (47), özellikle kısa mesafe yarışlarında, bu tekniğin popülaritesi artmıştır. ÖTÇ, GÇ'ye benzer şekilde, ancak bu kez bir ayak bloğun ön tarafında olmakla birlikte, bir ayak çıkış bloğunun arkasında ve eller aynı pozisyonudadır (23).

Bir ara, "Süper Block", Anti Wave şirketi tarafından geliştirilen üzerinde iki adet kulp bulunan bir çıkış bloğunun kullanılmasına dayalı bir çıkış tekniği kullanılmıştır (handle start). Kulplar çıkış anında yüzücünün kütle merkezinin daha ileri pozisyonda tutulmasını sağlamıştır (18, 20). Ancak bu teknik çok fazla rağbet görmemiştir.



Son yıllarda da ÖTÇ'nin değişik versiyonları kullanılmıştır. Bunlardan biri, İngiltere ve Japonya'daki yüzücüler tarafından kullanılan, sadece bir elin bloğun ucunu kavradığı, vücudun üst kısmının döndürülüp diğer kolun sallama (swing) hareketi yaptığı tek-el (one-handed) track çıkış (33), diğeri ise ATÇ (rear-weighted/slingshot)'dir (48).

Rutemiller (48) ATÇ metodunu yüzücünün başlangıç anında ağırlık merkezini arka ayağına kaydırması olarak açıklamıştır. Rutemiller (48)'a göre yüzücü çıkış bloğunda arkaya doğru gerilip, atlama anında, elleriyle çıkış bloğundan kendini ileri iter ve bacaklarıyla dalışı güçlendirecek itişini gerçekleştirir.

Bugüne kadar birçok araştırmada GÇ ile ÖTÇ (front-weighted) karşılaştırılmıştır (6, 11-13, 17-19, 21, 24-37, 49, 50).

Ancak çok az araştırma ATÇ metodu ile diğer metotları kıyaslamıştır (18, 22, 28, 51). Breed ve McElroy (51) ATÇ metodunu kullanan yüzücülerin GÇ'yi kullananlara göre daha yüksek çıkış hızına sahip olduklarını bulmuşlardır. Blanksby vd. (18) ATÇ'nin GÇ'ye göre daha fazla blok süresine ihtiyaç duyduğunu, ancak 5 m sonunda her iki metot arasında zaman farkı olmadığını bulmuşlardır. Welcher vd. (23) GÇ, ATÇ ve ÖTÇ'yi karşılaştırmışlar ve 5m süresinde anlamlı bir fark bulamamışlardır. Ancak ATÇ'nin (çoğu yüzücünün bu yöntemde hiç deneyimi olmamasına ya da çok az deneyimi olmasına rağmen) 5m mesafesinde yatay hızının diğer yöntemlere göre anlamlı oranda yüksek olduğunu bulmuşlardır.

Buna rağmen çok az çalışma (7, 10, 12, 28, 52) başlangıç çeşitlerini zaman ve hız karakteristikleri olarak detaylıca incelemiştir.

Bu çalışmada, GÇ, ÖTÇ ve ATÇ metotları dört ana faza (reaksiyon fazı, itme (impuls) fazı, bu ikisinin toplamı olan blok fazı ve uçuş fazı) ayrılarak; konum, zaman ve hız karakteristikleri olarak detaylıca incelenmiştir.

## GENEL BİLGİLER

### 2.1. Yüzme Sporunun Gelişimi

#### 2.1.1. Yüzme Sporunun Dünyadaki Gelişimi

İnsanoğlunun yüzme geçmişine yönelik net bir bilgi bulunmamaktadır. Çünkü yüzme ile spor olarak değil yaşam için ihtiyaç olarak tanışan insanoğlunun, M.Ö. 9000 yıllarında yüzdüğü Libya'da bulunan tarihi bir mağaranın duvarındaki resimden anlaşılmaktadır (53).

Libya çölünün Sori vadisinde bulunan kalıntılarda insanların günümüz kurbağalama tekniğinin çok benzeri bir teknikle yüzdükleri görülmektedir (54, 55). Bunun yanı sıra Babil döneminden kalan kabartmalardan ve Asurlulardan kalan çizimlerden de insanların yüzme ile olan ilişkileri görülmektedir. Günümüz İtalya ve Yunanistan sınırları içerisinde de yüzme ile ilgili, günümüze kadar gelebilen, çizimler ve kabartmalar bulunmaktadır (54).

Eski çağlarda insanlar kendilerine gıda temin etmek, kendilerini yabancı hayvanlardan korumak ve savaşlarda üstünlük sağlamak amaçlarıyla ilkel şekillerde yüzmüşlerdir. Askeri anlamda üstünlük sağlamak amacıyla Yunan ve Roma kültürlerinde bireylere çocukluk çağlarından itibaren yüzme becerisi kazandırılmaya çalışılmıştır. Romalılar ise, özellikle su altından ilerleyerek düşman gemilerini batırmakla ün salmışlardır (54).

İran'ın çok kuvvetli olduğu devirlerde, askere alınan bütün erkeklere yüzme sporu eğitimi verildiği, Mısır, Sümer ve Hitit medeniyetlerinde yüzmenin pek çok çeşidinin uygulandığı bilinmektedir (53).

Yüzme sporunun, düzenli bir aktivite olarak yapıldığı ilk dönem, M.Ö. 2500 yıllarına, Mısır'a, daha sonra da Eski Yunanlılara, Roma'ya ve Suriye'ye dayanmaktadır. Yüzme askeri eğitimle birlikte temel eğitimin bir parçası olarak uygulanmıştır. Eski Yunan'da yüzme yarışları düzenlenmiş, Romalılar da hamamlardan ayrı olarak yüzme havuzu inşa etmişlerdir (56). İlk ısıtmalı yüzme havuzunun da Romalı Gaius Maecenas tarafından M.Ö. 1. yüzyılda inşa edildiği bilinmektedir (57).

Büyük İskender'in ve Julius Sezar'ın, dönemlerinde, iyi birer yüzücü olduğu tahmin edilirken (53), özellikle eğitilmiş, üst sosyal statüye sahip Eski Yunanlıların ve Romalıların hoşlandıkları etkinliklerin başında yüzme gelmekteydi. Yüzmenin bu halklar için önemini vurgulayan bazı sözleri ve aşağılama ifadeleri aşağıda verilmiştir (58):

- “O ne yüzmeyi, ne de yazmayı bilir”, Atinalılar arasında söylenen bu söz, insanların bu becerileri çocuklukta öğrenmeleri gerektiği beklentisini ifade etmektedir.
- Platon tarafından aktarılan bir söz ise şöyledir: “Bu aptal insanlar okumayı ve yüzmeyi bilmemelerine rağmen kendilerini bilge olarak adlandırıyorlar”.

İlerleyen dönemlerde ise Yunanistan’da yüzmeye gerek erkeklerde, gerekse kadınlarda okuma yazma kadar önem verilmiştir (56).

Sportif olarak ilk yüzme yarışlarının 1790 yılında İngiltere’de yapıldığı iddia edilse de Japonların 2000 yıl önceye kadar giden bir gelenekle yüzme yarışları düzenledikleri belgelerden anlaşılmaktadır. Bu dönemde İmparator GoYoozei yüzme eğitimini okullarda zorunlu kılmış, okul çocuklarının sadece yüzme öğrenmelerini değil, düzenli olarak yüzme yarışmaları düzenlenmesini de emretmiştir. 1800’lü yılların başlarına kadar düzenli olarak okul yarışmalarının düzenlendiği bilinmektedir (56).

Birçok kültür ve medeniyet için yüzme önemli bir etkinlik olarak kabul edilmiştir. Örneğin, Musevilerin kutsal kitabının bir bölümünde “Bir baba oğluna yüzmeyi öğretmekle yükümlüdür” ibaresi geçmektedir (59).

İlk açık hava havuzunun 1828’de Liverpool’da yapılmasından bir süre sonra ilk uluslararası yüzme yarışları 1837’de Londra’da ve ardından 1846’da Avustralya’da düzenlenmiştir (54). 1875’te İngiliz Mathew Webbe, Manş Denizi’ni kurbağalama tekniğiyle yüzerek geçmiş ve bu gelişmeler paralelinde, 1882’den sonra çeşitli Avrupa ülkelerinde de yüzme federasyonları kurulmaya başlanmıştır. 1896’da kurulan Londra Metropolitan Yüzme Kulübü, daha sonra Amatör Yüzme Birliği’ne dönüşmüştür. ABD’de yüzmenin örgütlü bir spora dönüşmesi, 1888’de Amatör Spor Birliği’nin (AAU) kurulması sayesinde gerçekleşmiş ve 1896’da modern olimpiyat oyunlarının tekrar başlatılması ile düzenlenen ilk olimpiyatlarda yüzme yarışlarına da yer verilmiştir. Yüzmenin sportif bir dal olmasının bu kadar geç gerçekleşmesinin başındaki temel neden yüzmenin o dönemlerde bir seyir sporu olarak tasarlanmış olmamasıdır (1). 1900 yılında sırtüstü tekniği ve daha sonra 1908 yılında kurbağalama tekniği olimpiyatlara dâhil edilmiştir. Kelebek teknik ise olimpiyatlara en son eklenen yüzme tekniğidir. Avrupa Kıtası’nın yüzme spor dalında gelişim açısından geç kaldığının en iyi kanıtı ise Hawaii’li sörfçü Duke Kahanamoku’nun 1912 yılında İsveç’in Stockholm kentinde düzenlenen Yaz olimpiyatlarında yüzme dalında 100 m serbestte altın madalya kazanmasıdır (60). O yıllarda yüzmenin bütün dünyada örgütlü bir spor olarak yaygınlık kazanması ve olimpiyat programına alınması ile birlikte, bu spor dalı için uluslararası bir federasyon kurulması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Uluslararası Amatör Yüzme Federasyonu, FINA (Fédération Internationale de Natation Amateur), 19 Temmuz 1908’de İngiltere’nin Londra şehrinde, Yaz Olimpiyatlarının bitiminde, Uluslararası Olimpiyat Komitesinin desteği ile Belçika, İngiltere, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Almanya, Macaristan ve İsveç Yüzme Federasyonlarının katılımıyla kurulmuştur (57).

18 yıl sonra, 1926 yılında, Avrupa Yüzme Birliği (Ligue Européenne de Natation - LEN) Budapeşte'de kurulmuştur. LEN günümüzde 151 ülkenin yüzme federasyonlarının oluşturduğu bir organizasyondur (57).

Olimpiyat oyunlarının ilk üçünde yüzme yarışları, havuzlarda değil doğal ortamlarda yapılmıştır. Yüzme yarışları 1896 Atina Olimpiyat Oyunlarında Akdeniz'de; 1900 Paris Olimpiyatlarında Seine nehrinde; 1904 Saint Louis Oyunlarında yapay bir gölde gerçekleştirilmiştir. FINA'nın kurulmasıyla birlikte, eski türden yarışlar ve kurallar kaldırılarak, yarışlarda FINA yönetmeliği esas alınmıştır. Bu yönetmelikte yarış mesafelerinin metre cinsinden ölçülmesine karar verilerek yarışma teknikleri de serbest, sırtüstü, kurbağalama ve kelebek olarak belirlenmiştir. 100 m'lik yüzme havuzu, 1908 Olimpiyatları için atletizm pistinin içerisine, stadyumun ortasına inşa edilmiştir. 1912 Olimpiyatlarının yüzme yarışları, Stockholm Limanı'nda düzenlenmiş ve elektronik zaman ölçümleri ilk defa burada kullanılmıştır. Kadın sporcular ise, ilk kez 1912 Olimpiyatlarında yarışlara katılmaya başlamışlardır (61).

Paris'te, 1924 yaz olimpiyatlarında, ilk defa standart numaralandırılmış 50 m'lik havuz kullanılmıştır. Serbest teknikte, yüzücüler havuz duvarından suya atlamışlardır. Depar taşları ilk defa 1936 yaz olimpiyatlarında kullanılmıştır (62).

Takla dönüş 1950'lerde geliştirilmiş ve günümüze kadar farklı şekillerde kullanılmıştır. Yüzücü gözlükleri ilk defa 1976 Olimpiyatlarında kullanılmıştır (63).

Teknik alandaki gelişmeler daha çok 20. yüzyılda olmuştur. Kurbağa yüzücülerinin kafalarının tümünü suya sokarak yüzmelerine ve dolayısıyla daha uzun bir kol çekişi ve daha iyi bir derece yapmalarına izin verilmiştir. Bu teknik değişikliği sonucunda, bu dönemden sonraki derecelerde hızlı bir gelişme olmuştur (56).

### **2.1.2. Yüzme Sporunun Türkiye'deki Gelişimi**

Türk halklarının daha orta Asya'dan göç etmeden önce çeşitli su ortamlarında yüzdükleri belirlenmiştir. Londra'da bulunan British Museum'da bulunan bir kabartmadan Uygur Türklerinin yüzme yarışmaları düzenledikleri anlaşılmaktadır (1). Osmanlı İmparatorluğu'nun sınırlarının denizlere ulaşmasıyla Türk halklarının da suya ait becerileri ve kültürel birikimleri artmıştır. Evliya Çelebi, Seyahatname'sinde Kâğıthane Şenlikleri'nde yüzme yarışmaları düzenlendiğini yazmıştır (64).

Türkiye'de modern anlamda yüzme sporuna ilk adım, 1873 yılında Galatasaray Sultanisi'nde atılmıştır. Yine o yıllarda Heybeliada'daki Mekteb-i Fünun-u Bahriye (Deniz Harp Okulu), yüzme sporunun yapıldığı ilk okuldur. Fenerbahçe, faaliyetleri arasında yüzme sporuna yer veren ilk kulüp olmuştur. Said Salahaddin Bey ilk uzun mesafe yüzücümüz, Kemal Akşi Bey ilk sürat şampiyonumuz olmuştur. Yine bu dönemde, Galatasaray Kulübü'nde de yüzme sporunun başlamasıyla, sarı kırmızılılar da başta Şeref Hüsameddin Bey olmak üzere

birçok yetenekli yüzücü ortaya çıkartmışlardır. İlk İstanbul Yüzme Şampiyonası, 1928 yılında Kalamış'ta yapılmıştır (65).

Yüzmenin önemi nedeniyle insanlara su sporlarını özendirme amacıyla Vakit ve Cumhuriyet gazeteleri de özellikle Moda-Suadiye arasında yüzme yarışmaları düzenlemiştir (66).

1923'de Türkiye İdman Cemiyetleri İttifakı'nın kurulmasından sonra, 1931 yılında, Boğaziçi iskeleleri arasında yolcu vapurları işleten Şirket-i Hayriye tarafından, Boğaziçi'nde, Türkiye'nin ilk yüzme havuzu yaptırılmıştır. 1930'lu yılların yüzme sporu açısından en önemli hareketlerinden biri de İstanbul Su Sporları Kulübü'nün faaliyete geçmesi olmuştur (67).

Yine bu yıllarda (1931 - 1932), bayanlar arası yüzme yarışmaları da organize edilmeye başlanmıştır. Leyla Asım Turgut, Nüzhet, Lola, Vecihe ve Süheyla Hanımlar ülkemizin ve Fenerbahçe Spor Kulübü'nün bu yıllardaki ilk bayan yüzücülerinden olmuşlardır. İlk uluslararası yarışlara katılımları ise 1934 yılında Sovyetler Birliği'nde gerçekleşmiştir (65).

Türk yüzme sporundaki en önemli olaylardan birisi de, 1930'lu yıllarda FINA'ya katılımı olmuştur. Türkiye FINA'ya üye olduğu sırada, toplam üye ülke sayısı 30 iken, 2009 yılı itibari ile üye ülke sayısı 151'e ulaşmıştır. İstanbul Yüzme İhtisas Kulübü, yüzme branşını ihtisas dalı olarak seçerek, 1943 yılında kurulmuştur. 1950'li yıllarda, Türk yüzücü Murat Güler, Manş Denizini yüzerek geçen ilk Türk olmuştur (65).

Yüzme Federasyonu, 1971 yılında ilk kapalı yüzme havuzunu İzmir'de faaliyete geçirmiştir. Bu havuzun faaliyete geçmesi ile ülkemizde o yıllara kadar, sadece yaz aylarında kısa dönemlerde yapılan yüzme çalışmaları, kış aylarında da yapılabilir hale gelmiştir. Yüzme sporu ülkemizde 1970'lerde ve 1980'lerde hızla gelişmiş ve 1984 yılı sonunda, 14 tane 50m'lik, 12 tane de 25m'lik yüzme havuzuna sahip olmuştur (65).

1980'li yılların sonlarında ortaya çıkan yeni isimler yüzme sporunda yeni ufuklar açmıştır. Bunların başında Derya Büyükuncu gelmektedir. 1985-1989 yılları arasında Balkan Yaz Grupları Şampiyonalarında toplam 17 altın madalya kazanmış ve çok sayıda Türkiye rekoruna imza atmıştır. 1992'den itibaren peş peşe, beş kere yaz olimpiyatlarında yarışmıştır. Bayanlarda ise Nesrin Özgün bu dönemde çok sayıda Türkiye rekoruna imza atmıştır. 1993 yılında Fransa'da yapılan Akdeniz Oyunları'nda Derya Büyükuncu 200 m sırtüstünde birinci olarak, yüzme sporunda bu büyüklükteki bir organizasyonda ilk altın madalyayı almıştır. Yine Derya Büyükuncu 1999 yılında Yunanistan'da Avrupa Kısa Kulvar Yüzme Şampiyonası'nda bronz ve 2000 FINA Dünya Kısa Kulvar Şampiyonası'nda 100 m sırtüstü teknikte bronz madalyanın sahibi olmuştur (67).

## **2.2. Yüzme Teknikleri**

Yarışmaya dayalı yüzmede dört müsabaka tekniği vardır. Bunlar kelebek, sırtüstü, kurbağalama ve kraul tekniktir. Ayrıca bu dört tekniğin bir arada yüzülmesiyle karışık teknik oluşmaktadır.

### **2.2.1. Kraul (Front Crawl) Tekniği**

Kraul yüzme, en hızlı yüzme tekniğidir. Kol çekişinin başlangıcı, vücudun olabildiğince suya paralel olması ve kolun, omuz yardımı ile başın önünden, uzanılabilen en uzak noktadan suya girişiyle yapılır. Girişin yapılmasından sonra elin dıştan içe çok kısa bir hareket ile vücut altından kolu geriye kadar çekişini yapıp, su içindeki kol hareketi bitirilir. Kolun bacak hizasından çıkışı yapıldıktan sonra omuz yardımı ile kolu dirsekten büküp, suyun dışında, başın önünden tekrar suya girişini yapmak için uzatılarak kol turu bitirilir. Ayak vuruşu kollar ile uyum içerisinde çalışmalıdır. Nefes almak için başın uygun bir şekilde yana çevrilmesi şarttır, aksi takdirde vücut pozisyonu, kol hareketlerinin simetrisi ve bacak hareketlerinin planı bozulabilir ve bu şekilde yüzme randımsız bir hale gelebilir (68).

### **2.2.2. Sırtüstü (Back Crawl - Backstroke) Tekniği**

Sırtüstü yüzme (arka kol yüzme) tekniği, kraul yüzüş tekniğinin tam tersi bir tekniktir (54). Sırtüstü teknikte kol çekiş ve ayak vuruş rotasyonları çok önemlidir. Sırtüstünün diğer tekniklere göre avantajı ise; bu teknikte herhangi bir nefes probleminin olmamasıdır. Başın pozisyonu sabittir (69). Kol hareketleri, vücut ve ayaklarla uyumludur (64). Sırtüstü yüzücüleri, sualtı çekişlerini dört hareketle yaparlar. Bu hareketler sırasıyla, kolun serbest bırakılması, su yüzeyine çıkışı ve su üzerindeki eski haline getirilmesiyle devam eder. Süpürmeler, ilk aşağı süpürme, ilk yukarı süpürme, ikinci aşağı süpürme ve ikinci yukarı süpürme şeklindedir (54). Sırtüstü ayak hareketi, kraul tekniğine çok benzemektedir. Fakat bacakların çapraz olarak yukarıdaki ve aşağıdaki vuruşu farklıdır. Yukarıdaki vuruş iticidir, ama aşağıdaki vuruş itici değildir. Ayak vuruşu, bacağın kalçadan bükülmesiyle başlar, dizdeki açma ile devam eder ve ayağın kısmi gerilmesi ile sonlanır (69).

### **2.2.3. Kurbağalama (Breaststroke) Tekniği**

Kurbağalama tekniğinde yüzücüler yan-dairesel kol çekişleri ve "kamçı" olarak adlandırılan ayak hareketlerini kullanırlar. Kurbağalama, yüzme tekniklerinin en yavaş olanıdır. Yüzücüler, ayak vuruşu döneminde, itici kuvvet evrelerinde büyük bir güç meydana getirirler de bacaklarını çekerken bu gücün büyük kısmını harcarlar. Bu da onların diğer tekniklere oranla ortalama hızlarını oldukça düşürür. İleri dönük hızda büyük devirsel değişimler kurbağalamayı diğer yüzme teknikleri içerisinde en yavaş kılar (69). Kurbağalama tekniğinde hareket, uzanma pozisyonunda, vücut su yüzeyine paralel ve düzgün bir çizgi halinde olmalıdır. Sadece yüzün bir kısmı ve baş su altında tutulmalıdır. Kollar ve eller tamamen ileri doğru uzanmış, ayaklar ve topuklar elden geldiğince sabit olmalı ve birbirlerine yaklaştırılmalıdır (64).

#### **2.2.4. Kelebek (Butterfly) Tekniği**

Kelebek, yüzme teknikleri içerisinde en zor yapılanıdır. Kollar ve ayaklar sanki birleşmiş gibi beraber hareket eder. Bir uzuv ne yaparsa diğeri de aynısını gerçekleştirir. Kelebek tekniğinde hareketin merkezi beldir. Bel, bu teknikte diğerklerinde olmadığı kadar önemlidir. Kurbağalama yüzme tekniğindeki gibi, kelebek tekniğinde de nefes alıp verme başın yukarıya kaldırılması ile gerçekleştirilir. Bazı yüzücüler nefes almak için başlarını kaldırıp yandan almayı tercih ederler (68). Yüzme teknikleri arasında en yeni olan kelebek teknik, 1935 yılında Uluslararası Yüzme Federasyonu'nun kurbağalama - kelebek kural ayrımı yapıldığında meydana çıkmıştır. Kelebek teknikte diğerk tekniklere göre daha fazla aşağı ve yukarı hareket vardır. Bu hareketler üç ana faktörden oluşur (69):

- Ayakların aşağı hareketi, kalçayı yukarı kaldırır.
- Kolların öne doğru savrulması, baş ve omuzları aşağı doğru çeker.
- Kol çekişinin ilk kısmı, baş ve omuzları yukarı kaldırır.

#### **2.3. Yüzmenin Fazları**

Yüzmeyi çıkış, yüzüş, dönüş ve varış olmak üzere dört ana faza ayırmak mümkündür. Bu çalışmada çıkışlar araştırıldığı için sadece çıkışlar ile ilgili kısım anlatılacaktır.

##### **2.3.1. Çıkışlar**

Çıkış, yüzme yarışlarının 50 m için toplam zamanın % 10'luk, 100 m için ise % 5'lik kısmını oluşturmaktadır (2, 3). Nützel ve Thoma (4) çıkışın 200 m'ye kadar olan yüzme yarışlarında belirleyici etken olduğunu düşünmektedirler. Dahası, Maglischo (3), çıkışın geliştirilmesinin yarış derecelerini en az 0,10 s azaltacağını belirtmektedir. Bu nedenle, yüzme çıkışı konusunda pek çok araştırma yapılmıştır. Çoğu araştırmacı serbest, kelebek ve kurbağalama teknikleri için öne doğru (ventral) olan başlangıç çıkışını incelemiş (5-37) ve değişik varyasyonlarını araştırarak en iyi olan metodu bulmaya çalışmışlardır.

Yüzücüler, krawl, kelebek ve kurbağalama tekniği yarışlarında havuz kenarındaki bloktan çıkış alır (ventral çıkış). Sirtüstünde ise, çıkış suyun içinden olur. Bu çalışmada, sadece ventral çıkışlara yer verilmiştir.

Eskiden yüzücüler çıkış bloğunun üzerinde, kollar geriye uzatılmış şekilde bir tür hazırlık konumu alırdı (geleneksel çıkış) (3). 1950'lerde Avustralyalılar eller arkada birbirine tutunmuş olan orthodox çıkışını uygulamışlardır (32). Sonra, kolları önce önde tutup arkaya sallayarak vücudu suya doğru daha çabuk hareketlendirdiklerini bulmuşlardır. Bu teknik düz geriye sallama çıkışı (straight backswing start) olarak adlandırılmış daha sonraları yerini dairesel geriye sallama çıkışı (circular backswing start)'na bırakmıştır. Bu teknikte kollar önden yukarı, başın üstünden geriye, oradan da aşağıya ve vücut çıkış bloğundan öne doğru

uzarken ileriye bir daire çizerdi. Daha sonra, dairesel geriye sallama çıkışı yerini GÇ ve ÖTÇ'ye bırakmıştır (3).

GÇ, 1960'ların sonunda Eric Hanauer tarafından tanıtılmış ve hızlı bir şekilde yayılmıştır (38). GÇ'de her iki ayak da çıkış bloğunun ön tarafında ve eller bloğun ön ucunu kavrar şekildedir (23). Klasik yöntemlerle kıyaslandığı araştırmaların çoğunda, GÇ'nin, klasik yöntemle göre daha hızlı olduğu kanıtlanmıştır (7, 39-45). Bunun nedeni, yüzücülerin çıkış platformunu çekerken, kolları geriye sallayarak sağlayacakları hızdan daha büyük bir hızla vücudu suya doğru hareketlendirebilecekleridir. Ancak suya girdiklerinde kol sallama momentumundan yoksun olan yüzücüler daha çabuk yavaşlayacaklardır. Her şeye rağmen kayma sürecinde bir miktar hız kaybetse de GÇ alan yüzücülerin, suya ve yüzeye erişmede (break-out) genellikle daha hızlı oldukları bulunmuştur (3). Örneğin; Thorsen (45) dairesel geriye sallama çıkışında yatay ve dikey hızların daha fazla olduğunu ancak, GÇ'nin giriş noktasına 0,10 s daha hızlı vardığını bulmuştur. Bowers ve Cavanaugh (7), GÇ'yi kullandığında yüzücülerin dairesel geri sallama çıkışına kıyasla çıkış bloğunu ortalama 0,17 s daha hızlı terk ettiğini bildirmişlerdir. GÇ yapan yüzücüler, ilk başlarda suya önceki yöntemlerle girdikleri gibi çok sık giriyorlardı. Ancak bir zaman sonra pike çıkışını benimsediler. Pike çıkışında yüzücüler havada yüksek bir yay çizer ve çoğu kez suya dik bir açıyla girebilmek için bellerini bükerek (pike yaparlar). Bu çıkışın en büyük avantajı, yüzücülerin suya giriş anında daha az su direnciyle karşılaşmaları ve sonuç olarak su altındaki kaymada daha hızlı gidebilmeleridir (3).

1973 yılında Fitzgerald (46) tarafından ÖTÇ denilen bir teknik geliştirildi. O tarihten sonra, ağırlıklı olarak seksenli yılların başından beri (47), özellikle kısa mesafe yarışlarında, bu tekniğin popülaritesi artmıştır. ÖTÇ, GÇ'ye benzer şekilde, ancak bu kez bir ayak bloğun ön tarafında olmakla birlikte, bir ayak çıkış bloğunun arkasında ve eller aynı pozisyonadadır (23).

Bir ara, "Süper Block", Anti Wave şirketi tarafından geliştirilen üzerinde iki adet kulp bulunan bir çıkış bloğunun kullanılmasına dayalı bir çıkış tekniği kullanılmıştır (handle start). Kulplar çıkış anında yüzücünün kütle merkezinin daha ileri pozisyonda tutulmasını sağlamıştır (18-20). Ancak bu teknik çok fazla rağbet görmemiştir.

Son yıllarda da ÖTÇ'nin değişik versiyonları kullanılmıştır. Bunlardan biri, İngiltere ve Japonya'daki yüzücüler tarafından kullanılan, sadece bir elin bloğun ucunu kavradığı, vücudun üst kısmının döndürülüp diğer kolun sallama (swing) hareketi yaptığı tek-el (one-handed) track çıkış (33), diğeri ise ATÇ (rear-weighted/slingshot)'dir (48).

Rutemiller (48) ATÇ metodunu yüzücünün başlangıç anında ağırlık merkezini arka ayağına kaydırması olarak açıklamıştır. Rutemiller (48)'a göre yüzücü çıkış bloğunda arkaya doğru gerilip, atlama anında, elleriyle çıkış bloğundan kendini ileri iter ve bacaklarıyla dalışı güçlendirecek itişini gerçekleştirir.



Bugüne kadar birçok araştırmada GÇ ile ÖTÇ (front-weighted track start)'yi karşılaştırılmıştır (6, 11-37, 49, 50).

Bu zamana değin çok az araştırma ATÇ metodu ile diğer metotları kıyaslamıştır (18, 22, 28, 51). Breed ve McElroy (51) ATÇ metodunu kullanan yüzücülerin grab çıkışı kullananlara göre daha yüksek çıkış hızına sahip olduklarını bulmuşlardır. Blanksby vd. (18) ATÇ'nin GÇ'ye göre daha fazla blok süresine ihtiyaç duyduğunu, ancak 5 m sonunda her iki metot arasında zaman farkı olmadığını bulmuşlardır. Welcher vd. (23) GÇ, ÖTÇ ve ATÇ'yi karşılaştırmışlar ve 5m süresinde anlamlı bir fark bulamamışlardır. Ancak ATÇ'nin (çoğu yüzücünün bu yöntemde hiç deneyimi olmamasına ya da çok az deneyimi olmasına rağmen) 5m mesafesinde yatay hızının diğer yöntemlere göre anlamlı oranda yüksek olduğunu bulmuşlardır.

Buna rağmen çok az çalışma (7, 10, 12, 28, 52) başlangıç çeşitlerini zaman ve hız karakteristikleri olarak detaylıca incelemiştir.

Bu çalışmada, GÇ, ÖTÇ ve ATÇ metotları dört ana faza (reaksiyon fazı, itme fazı, bu ikisinin toplamı olan blok fazı ve uçuş fazı) ayrılarak; konum, zaman ve hız karakteristikleri olarak detaylıca incelenmiştir (reaksiyon süresi, itme süresi, blok süresi, uçuş süresi, ilk 10 m süresi, uçuş mesafesi, çıkış açısı, kütle merkezinin yatay ve düşey çıkış hızı, kütle merkezinin yatay giriş hızı, bloktan çıkış açısı, suya giriş açısı).

#### **2.4. Biyomekanik**

Bilimsel bilgilerin hızla arttığı ve bu artışa bağlı olarak yeni bilim dallarının ortaya çıktığı bilinmektedir. 19. yüzyılın sonlarında bilim dalları parmakla sayılabilecek kadar az olduğu, dolayısıyla bilimsel bilgiler de sınırlı olduğu için, bu bilgilerin tümü bilim adamları tarafından özümlelenebiliyordu. Zamanla bilimsel bilgiler arttıkça insan beyni bu bilgilerin tümünü özümleyebilmekten uzaklaşmaya başlamış, zorunlu olarak bilimde özelleşmeye gidilme gereği duyulmuş ve bunun sonucu olarak günümüzde, binden fazla bilim dalı ortaya çıkmıştır. Biyomekanik de sonradan ortaya çıkmış bu bilim dallarından birisidir (70).

Fizik biliminin bir alt dalı olan mekanik, cisimler üzerinde etkili olan kuvvetler ve bu etkiden doğan hareket ve şekil değiştirmelerle ilgilenir. Mekanik, fiziksel bilimlerin içinde eski olanlarından birisi olup, Arşimet (MÖ 287 - 212) zamanına kadar geriye gitmektedir. Galileo (1564 - 1642) ve Newton (1642 - 1727) bu alana en belirgin katkıları yapmış bilim adamlarıdır. Galileo, bu alandaki ilk deneysel çalışmaları yaparken, Newton bu alanın temel kanunları sayılan hareket kanunlarını ve yerçekimini formüle etmiştir (71).

Biyomekanik, 'bio' (canlı) ve 'mechane' (araç) kelimelerinin birleşmesinden türetilmiş bir kelimedir (72). Yani, biyomekanik, canlıların hareketlerinin mekanik bilimi kullanılarak incelenmesi olarak tanımlanabilir (73).

Biyomekanik, insan vücudu üzerine etki eden iç ve dış kuvvetler ve bu kuvvetlerin yarattığı etkileri inceleyen (74, 75); yaşam sistemlerini etkileyen güç ve onların etkisi üzerine çalışan bir bilim dalıdır (76).

Hareket tekniğini doğru olarak öğreten ve bu sayede sakatlıklardan korunulmasını sağlayan beden eğitimi öğretmenleri ve antrenörler veya sakatlıkları tedavi eden fizik tedavi uzmanları hareketin sayısal analizini yaparak biyomekaniksel tekniklerden faydalanırlar (73, 77, 78).

#### **2.4.1. Spor Biyomekaniği**

Spor biyomekaniği, spor aktivitelerinin iç içe geçtiği zaman vücudun harekette hangi yolları izlediğini inceleyen bir bilim dalıdır (79).

Sporde biyomekanik, insan hareketinin mekanik şartlarını ve sportif hareketlerini araştırmakta, hareketin özellikleri ve hareket halindeki vücutsal oluşumlar, değişimler ölçülmektedir (75).

Spor biyomekaniği, insan vücudunun kas-iskelet sisteminde veya ilişkide olduğu diğer yapılar üzerinde (partner, rakip, top, raket, yer vb.) açığa çıkan kuvvetleri ve birbirileriyle etkileşimini incelemektedir (80).

#### **2.4.2. Spor Biyomekaniğinin Amaçları**

Biyomekanik, insan hareketi ile ilgilenen bir çok farklı bilim dallarının ilgi alanına girebilmektedir. Biyomekanik ilgi alanına göre farklı amaçlarla kullanılabilir (74).

Biyomekanik ölçüm yöntemleri kullanarak, hareket halindeki insan vücudunu, mekanik kurallar içerisinde anatomik ve fizyolojik verilerle tanımlamaktadır (81-85).

Hareketlerin yapısına özgü yasa ve kuralları ortaya koymak (kural koyucu yöntem), karmaşık spor hareketlerini analiz ederek, burada geçerli optimal biyomekanik çözümler üretmek, verim (performans) artışını sağlamaktır (81-85). Sporda insana özgü hareketlerin analizlerinde başlıca 3 araştırma alanı vardır, bunlar;

- Sportif verimi arttırmaya yönelik bilgiler toplamak,
- Aşırı ve yanlış yüklenmelerde sakatlıkları önlemek,
- Yetenek seçimine yardımcı olmaktır.

#### **2.4.3. Spor Biyomekaniğinde Kullanılan Bazı Anatomik Terimler**

Yürüme, sıçrama, atma ve atlama gibi aktivitelerde hareketleri tanımlamak için kullanılan terimler ve yöntemler hareket analizinde önemli yer tutar (84).

## **Hareket Yönleri**

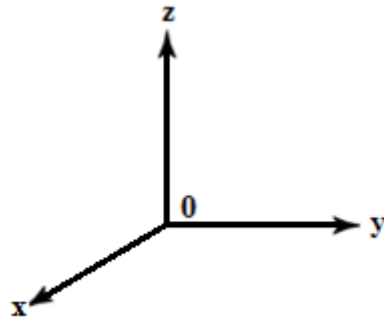
Vücut bölümlerinin birbirleri ile ilişkisini ya da vücut dışında yer alan bir cismin vücuda göre yerini tanımlamakta yönsel terimler kullanılır. Bunlar (84, 86, 87):

- Anterior (ön): Vücudun ön cephesine yakın oluşumlar için kullanılır. Ventralis olarak da tanımlanabilir.
- Posterior (arka): Vücudun arka cephesine yakın oluşumlar için kullanılır. Dorsalis de denebilir.
- Superior (üst): Daha üstte olan oluşumlar için kullanılır.
- Inferior (alt): Daha altta olan oluşumlar için kullanılır.
- Medialis (orta hatta yakın): Median düzleme yakın olan oluşumlar için kullanılır.
- Lateralis (orta hattın uzak): Median düzlemden uzak olan oluşumlar için kullanılır.
- Proximalis: Extremitenin gövdeye yakın kısmı için kullanılır.
- Distalis: Extremitenin gövdeye daha uzak kısmı için terimlendirilir.
- Superficialis (yüzeyel): İki komşu oluşumdan vücut yüzeyine yakını olan için kullanılır.
- Profundus (derin): İki komşu oluşumdan vücut yüzeyine derin olanı anlamına gelir.
- Anterior - posterior: Vücudun ön ve arka cephesi olarak tanımlanır. Örneğin; M. pectoralis major kası anterior olarak, omuz kuşağı kası için posterior olarak konumlanır.
- Superior - inferior: Vücudun üst ve alt bölümü olarak tanımlanır.
- Lateralis - medialis: Vücudun orta hatta yakın olanı ve orta hattın uzak olanı olarak ifade edilir. Örneğin; dizi ele alırsak, iki tane menisküs vardır. Bunlardan bir tanesi dizin iç kısmında olduğu için 'meniscus medialis' ve dış kısmında yani zıddında olan için ise 'meniscus lateralis' terimleri kullanılır.

## **Koordinat Sistemi**

Gözlem noktası ve gözlem eksenlerinin oluşturduğu sisteme, koordinat sistemi (gözlem sistemi) denir. Hareket gibi bir yer değiştirme olayı ancak ikinci bir cisimle ilgi kurulduğu zaman, kesin olarak tanımlanabilir. Hareketin doğru algılanması, sabit olarak kabul edilen bir sistem ile kurulan ilgiye bağlıdır. Spor

alanında yeryüzü sabit nokta olarak kabul edildiğinden belli bir hareket, değişik gözlemcilerin değişik noktalarda bulunmaları halinde değişik şekilde algılanmaktadır. Bu nedenle hareketin doğru bir şekilde açıklanabilmesi için koordinat sisteminin belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla yapılan bir araştırmada gözlemci, gözlem noktasını sabit saymalı, kendine bu noktayı başlangıç noktası olarak seçmeli ve seçimine göre yönler belirlemelidir (x, y, z). İnsan vücudundan geçen ve eklemler çevresinde oluşan hareketlerin tanımlanmasında kullanılan bu yönler eksen denir. Bu üç temel eksenin yanı sıra sonsuz sayıda tali eksen vardır. İnsan vücudunu tanımlamak amacıyla vücudun kesitlere ayrılmasına da düzlem denmektedir. Sportif hareketlerin analizlerinde iki boyutlu hareketlerde x, y eksenleri, üç boyutlu analizlerde x, y, z eksenleri ile koordinat sistemi kullanılmaktadır (84, 88).



Şekil 2.1. Kartezyen koordinat eksenleri

### Anatomik Düzlemler

Anatomik düzlemler bir oluşumunun tam olarak yerini tanımlarlar (89). Vücudun üç boyutlu olarak kestiği sayılan üç temel düzlem vardır. Bu düzlemler hayalidir ve düz bir yüzey oldukları kabul edilir (84, 89) (Şekil 2.2.).

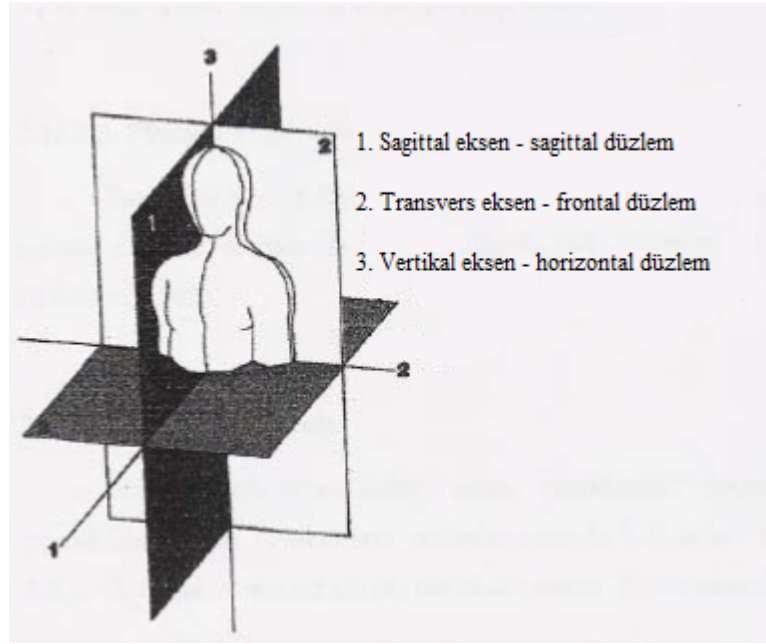
- Planum medianum (median düzlem): Vücudun tam ortasından önden arkaya doğru geçen düzlemdir.
- Planum sagittale (sagittal düzlem): Yukarıdan aşağıya ve önden arkaya uzanan düzlemlerdir. Planum medianum'a paralel uzanan düzlemlerdir.
- Planum frontale (frontal - koronal düzlem): Planum medianum'a dik olan, sağdan sola ve yukarıdan aşağıya uzanan düşey düzlemdir. Vücudu ön ve arka olarak iki yarıya ayırır.
- Planum transversum (transver - horizontal düzlem): Sagittal ve frontal düzlemlere dik olup, vücudu birbirine eşit olmayan üst ve alt iki parçaya ayıran, yere paralel olan düzlemdir.

### Anatomik Referans Eksenleri

Bir hareket esnasında yer değiştirmeyen noktaları birleştiren doğru, eksen olarak adlandırılır (90) (Bkz. Şekil 2.2.).

Düzlemlerde olduğu gibi eksenleri de 3 grupta inceleriz (84, 87, 88, 90):

- Axis transversalis (transvers - enine eksen): Soldan sağa doğru uzanan eksenidir.
- Axis sagittalis (sagittal - boyuna eksen): Önden arkaya doğru uzanan eksenidir.
- Axis verticalis (vertikal - düşey eksen): Yukarıdan aşağıya doğru dikey olarak uzanan eksenidir.



Şekil 2.2. Anatomik düzlemler ve eksenler

### Anatomik Eksenlerde Yapılan Hareketler

Anatomik referans duruşundaki bir kişinin tüm vücut bölümlerinin  $0^\circ$  olduğu kabul edilir. Vücut bölümünün anatomik konumundan uzaklaşacak şekilde yaptığı hareket, hareket yönüne göre adlandırılır. Bu hareketler şunlardır (84, 87, 89, 90):

### Sagittal Düzlem Hareketleri

Transvers eksen etrafında yapılır.

- Flexionis: İki kemik arasındaki açının küçüldüğü harekettir. Bükme hareketidir.
- Dorsalis flexionis: ayağın ucunun tibia kemiğinin önüne doğru getirilmesi hareketidir.

- Plantaris flexionis: dorsal fleksiyondan ayak tabanının yere doğru getirilme hareketidir.
- Extensionis: İki kemik arasındaki açının büyüdüğü harekettir. Germe hareketidir. Transvers eksen etrafında yapılır. Organlar birbirinden uzaklaşır.
- Hyperextensionis: Bir eklemdaki kısımların anatomik pozisyonlarının ötesine aşırı getirilmesidir. Örneğin; ayakta dik durur pozisyonda başın geriye doğru bükülmesi.

### **Frontal Düzlem Hareketleri**

Sagittal eksen etrafında yapılır.

- Abductionis: Bu düzlemde ekstremitenin veya bir bölümünün orta hattın uzaklaşması hareketidir.
- Adductionis: Frontal düzlemde ekstremitenin veya bir bölümünün orta hatta yaklaştırılması, hareketidir. Sagittal eksen etrafında yapılır.
- Lateralis flexionis: Gövdenin yanlara doğru eğilmesidir.
- Elevationis: Omuzları yukarı kaldırmadır.
- Depressionis: Omuzları aşağı indirir.

### **Transvers Düzlem Hareketleri**

Vertikal eksen etrafında yapılır.

- Medialis rotationis: Kol ya da bacağın bir bütün olarak, transvers düzlemde, vücudun orta çizgisine doğru yaptığı harekettir.
- Lateralis rotationis: Kol ya da bacağın bir bütün olarak, vücudun orta çizgisinden uzaklaşacak şekilde yaptığı harekettir.
- Pronationis: Ön kolun içe döndürülerek, avuç içinin arkaya getirildiği harekettir.
- Supinationis: Ön kolun dışa döndürülerek, avuç içinin öne getirildiği harekettir.
- Inversionis: Ayak tabanının içe rotasyonuna denir.
- Eversionis: Ayak tabanının dışa rotasyonuna denir.

### **Yardımcı Eksenlerde Yapılan Hareketler**

Vücut bölümlerinin birçok hareketi diyagonaldır ve tanımlanan üç temel eksen etrafında yapılır. Ancak bazı hareketler çok karmaşık olduğundan, tanımlamak için yardımcı eksenler kullanılır.

- **Circumductionis (çevirme):** Yardımcı eksenler aracılığıyla bir nokta etrafında yapılan dairesel dönme hareketidir. Kol ya da gövdenin çevrilmesi, buna örnek olabilir.

### **2.4.4. Sporda Mekanik Değişkenler**

Fizik konularının en eskisi olan mekanik, cisimlerin hareketlerini inceleyen bir bilim dalıdır. Mekanik konusunu, kinematik ve dinamik olarak ikiye ayırmak mümkündür. Hareketin oluştuğu durumlar dinamiğin konusudur, statik ve kinetik olmak üzere ikiye ayrılır. Kinematik, cisimlerin yalnızca hareketi ile ilgilenir. Burada cismin hareket ederken izlediği yol önemlidir. Hareket ile cisimlerin üzerine etki eden kuvvetler veya cisimlerin çeşitli özellikleri arasındaki ilişki ise dinamik adı altında incelenir (71).

### **2.4.5. Mekanikte Kullanılan Temel Kavramlar**

Fiziksel büyüklükler, fiziğin temel yapı taşları olan doğa kanunlarının anlatımında kullanılır. Fiziksel bir büyüklüğü tam olarak tanımlayabilmek için o büyüklüğün nasıl ölçüleceğini bir kurala bağlamak ve büyüklüğü bir birim ile ifade etmek gerekir. Böylece bir standart saptanmış olur. 1971 yılında toplanan on dördüncü Uluslararası Ağırlık ve Ölçmeler Genel Konferansı yedi tane büyüklüğü temel büyüklük olarak seçmiş ve bu yedi büyüklük Uluslararası Birim Sistemini oluşturmuştur (71).

Mekanikte üç temel büyüklük vardır. Diğer büyüklükler bu üç temel büyüklük cinsinden ifade edilirler (91).

Bu üç temel büyüklüğün tanımları şu şekildedir (92):

- **Zaman:** Bir saniye, Cs<sup>133</sup> (sezyum) atomunun belli bir titreşiminin 9 192 631 770 periyodudur.
- **Uzunluk:** Bir metre, ışığın boşluk içerisinde bir saniyenin 299 792 458' de biri kadar zaman aralığında aldığı yolun uzunluğudur.
- **Kütle:** Bir kilogram, Paris'te bulundurulmuş belli bir platin-iridyum silindirin kütlesidir.

## 2.4.6. Temel Kinematik Verileri

### Yerdeğiştirme

Belirli bir yönde, bir yerden başka bir yere doğru olan harekete yerdeğiştirme denir. Yerdeğiştirme, vektörel bir büyüklüktür ve bir noktanın diğer bir noktaya olan uzaklığını ve yönünü belirtir. Yerdeğiştirme vektörünün yönü, başlangıç konumundan son konuma doğru, büyüklüğü ise iki nokta arasındaki uzaklığıdır. Alınan yol ise skaler bir büyüklüktür ve cismin hareketi sırasında izlediği yörüngenin uzunluğuna denir, yön söz konusu değildir (74).

### Hız

Sürat sadece büyüklük ifade ederken, hız aynı zamanda büyüklük ve yön ifade eder. Buna göre sürat, birim zamanda alınan yol; hız ise birim zamandaki yerdeğiştirmedir (74). Bir cismin sürati, onun hız vektörünün büyüklüğüdür. Sürat, bir vektörün büyüklüğü olduğu için skalerdir ve asla negatif olmaz (92).

### İvme

Bir cismin ivmesi, onun hız vektörünün hem büyüklük, hem de yön bakımından ne kadar çabuk değiştiğinin bir göstergesidir. İvme, hız vektörünün değişim oranıdır (92).

Bir doğru boyunca hareket üç şekilde olabilmektedir (74):

- Pozitif ivmelenme, zaman içerisinde hızın büyüklüğünde bir artışın meydana gelmesi,
- Negatif ivmelenme, zaman içerisinde hızın büyüklüğünde bir azalışın meydana gelmesi,
- İvmesiz hareket, zaman içerisinde hızın büyüklüğünde herhangi bir artış ya da azalışın olmaması, cismin sabit hızla hareketini sürdürmesidir.

## 2.4.7. Kinematik

Kinematik, insan hareketini meydana getiren iç ve dış kuvvetlerle ilgilenmez, hareketin kendisi ile ilgilenir. Yerdeğiştirme, hız ve ivmeyi, doğrusal ve açısal olarak inceler. Bu nedenle kinematik, hareket etmekte olan cisimlerin ne kadar hızlı ve ne kadar uzağa hareket ettiklerini inceler (74).

Kinematik; insan hareketlerinin pozisyon sürelerini, vücut segmentlerinin yer değiştirmelerini, ağırlık merkezi, ivmelenme ve tüm vücudun veya vücut segmentlerinin hızlanmasını göz önünde bulundurur (88).

## 2.4.8. Hareket

Bir noktadaki hareketlilik durumunu belirtmek için, cismin çevresinde çoğu kez hareketsiz kabul edilen bir nokta seçilir (0 noktası). Bu noktaya üçlü bir dik eksen sistemi yerleştirilir. Cismin bu eksen sistemine göre x, y, z koordinatları



belirlenir. Eğer bu eksen sistemine göre  $x$ ,  $y$ ,  $z$  değerleri sabit kalıyorsa cisim dengededir ya da hareketsizdir denir. Biri, ikisi ya da üçü değişiyorsa, cisim hareketlidir denir. Bir cismin hareket durumu, gözlem sistemine göre belirlenir (93). Hareket, zaman ve yere bağlı olarak değişik formlarda meydana gelebilir. Bu bir yer, hacim veya şekil değişikliği olabilir. Koşu şeklindeki yer değiştirme, göğsün solunumla kalkıp inmesi sonucu hacim değişikliği veya kolun bükülmesi (flexionis) ile şekil değişikliği ortaya çıkması, bu hareketlere örneklerdir (74).

Hareket iki temel tip altında sınıflandırılır (74):

- Doğrusal hareket
- Eğrisel hareket
  - Açısal (Dairesel) hareket
  - Parabolik hareket

### **Doğrusal Hareket**

Cismin yerini belirleyen koordinatların, sadece biri değişiyor, diğer ikisi sabit kalıyorsa, cisim bir doğru üzerinde hareket ediyor demektir. Bu harekete doğrusal hareket denir (93). Hareket, bir doğru boyunca ve bir yönde devam ediyorsa, yerdeğiştirme ile alınan yol aynı değeri verir. Fakat hareket bir doğru üzerinde gerçekleşmemiş ise o zaman alınan yol ile yerdeğiştirme farklı değerlere sahip olacaktır (94).

### **Açısal Hareket**

Cismin içinde ya da dışında bulunan gözlem sistemi karşısındaki konumunu koruyan ve dönme eksenini etrafında, cismin tüm noktalarının eş merkezli çemberler çizmesi şeklinde yaptığı hareketlerdir (84). Dönme hareketi yapan bir cismin, açısal yer değiştirmesinin geçen zamana oranı, ortalama açısal hızı verir. Dairesel hareket yapan bir cismin, açısal hızının birim zamandaki değişme miktarına açısal ivme denir. Belli bir eksen etrafında dönen bir cismin her noktasının açısal hızı aynı olduğu gibi, açısal ivmesi de aynıdır (94).

### **2.4.9. Genel Hareket Denklemleri**

İnsan vücudundaki hareket ile ilgilenen biyomekanikçiler, klinisyenler, spor terapistleri, atletik performans çalışan araştırmacılar, ergonomik dizaynlarla uğraşan mühendisler fiziksel aktiviteler sırasında eklem yükleri ile ilgilenmektedirler. Böyle bir süreç, üyelerin kinematik ölçümlerini, eylemsizlik özelliklerinin tahminini ve ölçülen - tahmin edilen değerlerin Newton'un hareket denklemlerinde kullanılmasını içermektedir (95, 96).

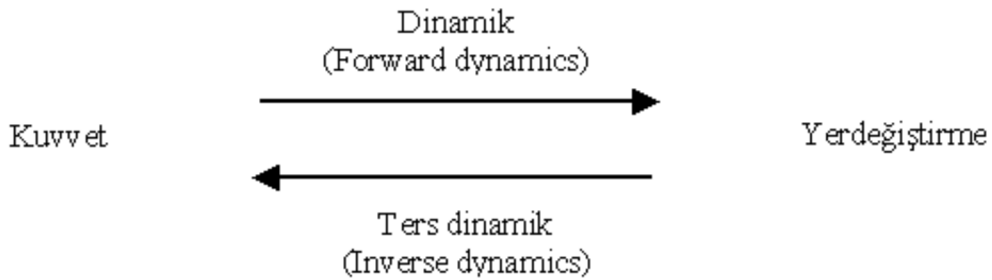
### **Newton'un Hareket Yasaları**

Isaac Newton'un 1687 yılında yayınlanan "Principia" kitabında, klasik mekaniğin kanunları ifade edilmiştir. Modern terminoloji kullanılarak hareket yasaları aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır (92, 97).

1. Her cisim, üzerine uygulanan kuvvetlerden dolayı durumunu değiştirmeye zorlanmadıkça, olduğu yerde durmaya ya da bir doğru üzerinde düzgün hareketine devam eder.
2. Hareket değişikliği, uygulanan kuvvetle doğru orantılıdır ve kuvvetin uygulandığı yöndedir.
3. Her etkiye karşı daima eşit ve zıt yönde bir tepki vardır; ya da iki cismin etkileri birbirlerine karşıdır.

## 2.5. Biyomekanik Araştırma ve Ölçüm Yöntemleri

Biyomekanik analiz sporda, endüstride veya günlük yaşamdaki tekniğin değerlendirilmesidir. Biyomekanikte hareketin mekanik temellerini anlamayabilmek için kullanılan analiz metotları çok çeşitli olmasının yanında, oldukça pahalı ve karmaşık teçhizat (donanım) gerektirir. Biyomekanikte kullanılan analiz metotları öznel, gerçek ve tahmini teknikler olmak üzere üç genel başlık altında sınıflandırılabilir. Antrenör veya klinisyenlerin çoğu sporcuları veya hastalarıyla kendi normal etkileşimleri sırasında öznel değerlendirme tekniklerini kullanırlar. Örneğin, yürüme esnasında bir eklemin hareket alanında büyük anormallik gösterip göstermediğine karar vermek için hastaları izlerler. Biyomekanikte gerçek teknikler, verilerin toplanması, ölçülmesi ve değerlendirilmesine ilişkindir. Tahmini teknikler ise "... ya ... ise ...?" türünde soruları cevaplamayı amaçlar (98). Sportif hareketlerin dinamik yapısının anlaşılmasını kolaylaştıran kinetik ve kinematik analizler spor biyomekanikinde sıklıkla kullanılan yaklaşımlardır. Kinetik analiz hareketin nedenlerini (kuvvet vb.) incelerken, kinematik analiz ise hareketin miktar analizlerini (yer değiştirme, hız, ivme vb.) yapmaktadır (99).



Şekil 2.3. Dinamik çözümler. Zatsiorsky (9)'den alınmıştır.

İleri dinamik çözümlerinde ölçülen kuvvetin integralleri alınarak cismin yer değiştirmesi belirlenebilir. Ters dinamik çözümlerinde ise cismin yer değiştirmesinin zamana bağlı türevleri alınarak cisim üzerindeki kuvvetler hesaplanır (Şekil 2.3.) (9).

### 2.5.1. Öznel Analiz Metotları

Öznel veya nitelendirici biyomekaniksel analizler bir becerinin sayısal olmayan değerlendirmesini içerir ve çoğunlukla hareketin doğrudan gözlenmesi sırasında

uygulanır. Her ne kadar iyi antrenör veya klinikçilerin doğal özellikleri de olsa, beceri ancak uygulama yoluyla öğrenilebilir ve geliştirilebilir. Bu yaklaşımın amacı problemin nedenlerini ve düzeltme yollarını belirlemektir. Antrenörler için bir kule atlayıcının suya yanlış girişi gibi problemleri düzeltme girişimleri genel olarak daha az önem arz eder. Çünkü onlar, atlama tahtasından çıkış sırasında uygulanan kuvvet ve vücut pozisyonu gibi zamana ve pozisyona göre değişen nedenlerle genellikle ilgilenmezler. Hareket gözlemcilerinin karşılaştığı diğer bir problem ise, onların gördükleriyle düşündüklerinin aynı şey olduğu yönündeki saplantıdır. Yani performansın sergilenmesi sırasında meydana gelen gerçek nedenleri göz ardı ederek, ne düşünüyorlarsa onun gerçekleştiği hatasına düşmeleridir (98).

### **2.5.2. Tahmini Analiz Metotları**

Bilgisayar simülasyonu (simulation) ve optimizasyon (optimization) teknikleri insan hareketleri ve spor çalışmalarında geniş bir şekilde uygulama alanı bulmuşlardır. Bilgisayar simülasyonu ve optimizasyon kavramları aşağıdaki şekilde tanımlanabilir. Bilgisayar simülasyonu, sistem parametrelerindeki değişimlere model cevaplarını (tepkilerini) değerlendirmek için kullanılan geçerli bir bilgisayar modelidir. Sistem işleyişini tanımlayan bir dizi matematik denklemler bütünüdür. Optimizasyon ise, bir ölçütü (performans hedefi gibi) en iyi şekilde kullanmak veya o ölçütten en fazla yararlanmak (mümkün olduğu kadar azaltmak veya artırmak) için parametre değerlerini veya kontrol değişkenlerini belirlemede bir bilgisayar simülasyonunun tekrar tekrar kullanılmasıdır". Bu alandaki çalışmanın genel amacı, kişinin bir bilgisayar modelini kullanarak, girdi parametrelerdeki değişimin bir sonucu olarak harekette meydana gelecek değişimleri tahmin etmektir. Bilgisayar simülasyonu veya optimizasyon kullanma, deneklerin tam güvenliği, değişimlerin artan bir hızla değerlendirilmesi, en iyi performansın belirleme ihtimali ve fiziksel model kurulmasıyla karşılaştırıldığında maliyetin düşmesi gibi avantajları içerir. Bunun yanında, gerçek dünya sistemini basitleştirme gerekliliği, simülasyon veya optimizasyon çalışması - gelişmesi için ustalık, bilgisayar gücünün gerekliliği ve sonuçların pratik dile çevrilme güçlüğü gibi dezavantajları da vardır (98).

### **2.5.3. Gerçek Analiz Metotları**

Eğer maksimum performans başarılmak isteniyorsa, hareket analizlerinin herhangi bir seviyesinde antrenör, klinisyen ve biyomekanikçiler arasında karşılıklı etkileşime ihtiyaç vardır. Hareketin objektif değerlendirilmesi her birinin incelenmesi ve analiz edilmesi için çok sayıda denemeden toplanmış sürekli bir kayıt gerektirir. Bu kayıtlama sinematografi, elektromiyografi, ivme ölçümü, dinamometre veya elektroganiometre gibi değişik tekniklerle yapılabilir. Bu tekniklerden bazıları genel kullanım için uygun değilken, eğer okuyan kişi objektif verinin nasıl elde edildiği hakkında bilgi sahibiyse bilimsel biyomekanik literatürün daha iyi anlaşılması açısından yarar sağlayabilir (98).

İnsan hareket analizi, biyomekanikten insan hareket bilimine kadar değişen birçok disiplinler için merak konusudur. Bu alan, özel motor fonksiyonlara (postür, yürüme, kol hareketleri ve manevra) veya uygulama alanlarına (sağlıklı bireylerin basit hareketleri, sportif hareketleri, ortopedik veya nörolojik hastaların patolojik motor örnekleri) odaklanarak, teknolojik konuları (sensor ve ölçüm sistemlerini), veri

işleme konularını (süzgeçleme, ölçümleme, eşzamanlama, vb.) ve modelleme konularını (çoklu eklem koordinasyonu, artılık (redundancy), motor kontrol sistemlerinin organizasyonu, vb.) inceler. Hatta basit deneyler, büyük miktarlarda kinematik, dinamik ve elektromiyografik veriyi içerebilir (100).

Hareket analizi ile ilgili modern çalışmalar 19. yüzyıl sonunda Muybridge, Marey ve Braue ve Fisher'in öncülük ettiği çalışmalara kadar uzanmaktadır (101). Şüphesiz ki bu yayımlar arasında en çok bilineni Eadweard Muybridge'nin 1878'de at koşusunu fotoğraflamayı başarıyla gerçekleştirdiği çalışmadır (102).

İnsan vücudu genellikle, gerçek yapısal özellikleri göz ardı edilerek, çok sayıda kinematik zincirler içeren katı cisim sistemi olarak kabul edilir. Kinematik zincirler göreve göre kapalı veya açık olabilir. Örneğin, basit bir kol hareketi veya tekme hareketinde kinematik zincir açıktır. Oysa iki elle beysbol sopasını tuttuğumuzda, iki kol ve sopa kapalı bir kinematik zincir oluşturur. Açık bir kinematik zincirde toplam serbestlik derecesi (DOF), her bir eklem serbestlik derecelerinin toplamına eşittir. Kapalı bir kinematik zincirde bu sayı, dış sınırlılıkların doğası tarafından azaltılır (100).

Sportif hareketlerin nicelik bakımından belirlenebilmeleri için bu işe elverişli ölçme yöntem ve aygıtlarının geliştirilmesi zorunludur. Sportif hareketlerin incelenmesi amacıyla ölçme düzeneklerinden yararlanma sırasındaki en önemli konulardan biri, ölçülen değerleri kaydeden aygıtların, ölçümü yapılan nesneyi ve performansını herhangi bir şekilde etkilememesidir. Bu durum, özellikle ölçme işlemlerinin doğrudan doğruya sporcunun vücudunda yapılması gerektiği hallerde karşımıza çıkmaktadır. Örneğin, elektromiyografik ölçümlerde ya da herhangi bir yere bağlı olmadan yapılan dinamografik ölçümlerde bu durum söz konusudur. Bunlar dışında ölçme işlemleri ve ölçü aygıtları tıpkı fizikte nicelik kayıtlarında geçerli olan türden koşullara uygun olmalıdırlar (81, 83-85, 99).

Sporde biyomekanik araştırma yöntemleri; kinematik, dinamik, EMG ve kombine araştırma yöntemleri olarak dört başlık altında ele alınırken, bu araştırma yöntemlerine uygun ölçüm yöntemleri vardır.

### **Dinamik Yöntem**

Dinamik araştırmalarda, kütle ve kuvvet ölçümleri yapılarak hareketi oluşturan kasların, açığa çıkardığı kuvvetler, ayrıca objeye veya kişiye etki eden, yerçekimi kuvveti ve yer reaksiyon kuvveti hesaplanmaktadır (84, 103-105). Sportif hareketler, kas iskelet sisteminden iç kuvvetler ve dış kuvvetlerin karşılıklı etkileşimi sonucu olduğundan, kinetik araştırma yöntemleri, çoğunlukla sporcunun ürettiği kuvvetlerin ölçümlerinden oluşmaktadır. Bu ölçümler, barfiks dinamometresi, kürek dinamometresi, kayak dinamometresi, paten dinamometresi ve bisiklet dinamometresi veya kuvvet platformu gibi amaca ve spor tipine göre değişik özelliklerdeki dinamometreler ile yapılmaktadır (84).

### **Elektromiyografi (EMG) Yöntemi**

Elektromiyografi (EMG) yöntemi, kasın kasılması sırasında kas tarafından üretilen elektriksel etkinliği incelemek için kullanılır. Günlük yaşam hareketlerini ve insanlarda semptomatik ve semptomatik olmayan sporsal hareketleri incelemek için yaygın olarak kullanılır. Günümüzde biyomekanik araştırmalarının çoğunda EMG yönteminin tamamlayıcı olduğu görülmektedir. Örneğin; şut atışında, temel atışta, gülle atışında belirli kasların aktivitesi üzerinde bilgiler edinmeyi sağlar. Bu bilgiler (84);

- Bir harekette seçilen kasların aktiviteye katılımı üzerine genel bilgiler,
- Zamansal kullanım üzerine özel bilgiler (kas içi koordinasyon); EMG ölçümleri sonucunda elde edilebilir.

### **Kinematik Yöntem**

Bir cisim, zaman içerisinde ve boşlukta yer değiştiriyorsa mekanik anlamda hareket ediyor demektir. Kinematik; hareket eden cisim konumları, hız ve ivme özellikleriyle inceleyen fizik dalıdır. Hareketleri geometrik değişimlerine ve hız değişimlerine göre ele alır (81-85, 99).

### **Kinematik Ölçüm Teknikleri**

Bir cisim, zaman içerisinde ve boşlukta yer değiştiriyorsa mekanik anlamda hareket ediyor demektir. Kinematik; hareket eden cisim konumları, hız ve ivme özellikleriyle inceleyen fizik dalıdır. Hareketleri geometrik değişimlerine ve hız değişimlerine göre ele alır.

Ölçtüğü parametreler (81-85, 99):

- Zaman, yol ve açı değişimleri,
- Pozisyon değişimi (koordinat sistemindeki değişimi),
- Doğrusal (lineer) yerdeğiştirme (m),
- Doğrusal(lineer) hız (m/s),
- Doğrusal (lineer) ivme ( $m/s^2$ ),
- Açısal yerdeğiştirme (rad),
- Açısal hız (rad/s),
- Açısal ivme ( $rad/s^2$ ).

Doğa bilimlerinin bir disiplini olan biyomekanik, ölçülebilen deneylere dayanır. Niceliksel (kantitatif) hareket analizleri uygun araç - gereçlerin kullanılmasını gerektirir. Bunların seçimi ise her şeyden önce üzerinde çalışılacak probleme bağlıdır. Hareketlerin kaydedilmesi (filme - videoya) ve değerlendirmesinde kişisel ve aletsel uygulamaların doğruluğuna gerekli dikkat gösterilmelidir. Aletler, spor türüne özgü uygulama koşullarında engel oluşturmayacak, tepki yaratmayacak şekilde ölçülebilmeyi sağlamalıdır (81-85, 99).

Kinematik ölçüm teknikleri; mekanik, elektronik ve optik ölçüm teknikleri olmak üzere üçe ayrılır (84, 103, 105).

#### **a. Mekanik Ölçüm Teknikleri**

Anılan yöntemlerde ölçümler ikişerli olarak ele alınmıştır. Burada; Uzunluk ölçümü; Verime ait uzunlukların ölçümü metre ile insan vücudundaki uzunlukların ölçümü ise antropometrik ölçüm aletleri ile yapılır (81-85, 99).

- **Açı ölçümü:** sakın durmaktayken vücut eklemlerindeki büküklük ve gerginliğini ölçen açıölçerler kullanılır.
- **Zaman ölçümü:** art arda geçen iki olay arasındaki, örneğin, koşunun başlangıcıyla bitişi arasındaki zaman ölçümünde mekanik kronometre kullanılır.
- **Kütle ölçümü:** insan vücudunun kütlesi kaldıraç sistemine dayanan kollu teraziyle dolaylı olarak saptanabilir.

Belirtilen uzunluk, açı ve zaman ölçümü basit araçlarla gerçekleştirilebilir. Ancak söz konusu ölçümlerin güvenilir olmayışı, ölçümlerde önemli bir olumsuzluk yaratabilir.

#### **b. Elektronik Ölçüm Teknikleri**

Burada mekanik büyüklüklerin elektrik ya da elektronik büyüklüklere dönüşümü söz konusudur (81-85,99).

- **Açı ölçümü:** Mekanik açı ölçümüne karşın, elektronik açı ölçer (goniometre); dönen potansiyometre açı - zaman sürekli ölçümüne olanak verir. Uygulama geleneksel olarak hareketlerin düzlemiyle sınırlıdır. Üç boyutlu açı değişimlerinde ya da optik ulaşılamaz hareketlerde özel bükülebilir goniometreler kullanılır.
- **Zaman ölçümü:** Ölçülen diğer büyüklüklerden biri zamanın işlevi olarak örneğin; kuvvet ölçümünde dayanma evresinin, çok kısa süreler elde edilmesine olanak verir. Bunu elektronik kapılar şeklindeki zaman ölçerler, bilinen kronometrelerden daha etkin şekilde sağlar.

- **Hız ölçümü:** Hız ölçümü; akustik dopler-efektine dayanır. Eğer bir ses kaynağı sakin duran bir gözlemciden uzaklaşıyorsa ya da ona doğru hareket ediyorsa gözlemcinin bulunduğu yere göre değişen bir frekans (ses tonu yüksekliği) yayınlar, bu da kaynağın hızını orantılı (proportyonel) olarak belirler.
- **İvme ölçümü:** İvme ölçümü Newton'un II. Yasasına dayanır ( $F = m.a$ ). Bu yasaya göre ivme hızın birinci dereceden türevi olarak hesaplanabilir. Bu matematik işlemin yanı sıra uygulama elektronik bir araç olan ivmeölçer (Akselerometre) ile ölçülebilir. Bu araçlar metal bir kiriş üzerine yerleştirilen bir kütlenin eylemsizlik yasasına göre hareketi kuralına dayalıdır. Sporunun vücuduna yerleştirilen araç, o bölümün hızındaki değişimi (ivmesini) ölçer. Sportif hareketlerde kullanılan ivmeölçerlerde bir çevirici (transdüzer) kullanılır. Bu araçlar yer çekimine duyarlı ve gerilmeye ayarlıdır (Piezo-dirençli). Piezo-elektrik ivmeölçerler de vardır. Bunlar yer çekimine duyarlı değildir, ancak yavaş hareketlere duyarlıdır ve daha sağlamdırlar.

Basit ve doğrusal hareketlerde tek bir ivmeölçer yeterli olabilir. Ancak dönme gibi hareketlerde üç yönde oluşabilecek ivme vektörlerini kayıt etmek için üç eksenli ivmeölçerler kullanılır. Spor biyomekaniğinde kullanılan ivmeölçerler çok hafif olmasına rağmen, kabloların yerleştirilmesi performansı etkileyebilir. Bu yöntemle ölçülen ivme ile doğrudan ölçülemeyen kuvvetlerin doğru olarak hesaplanmasına olanak verir (81-85, 99).

### c. Optik Ölçüm Teknikleri

Yukarıdaki parametrelerden ağırlık teraziyile, kuvvet ise dinamometreyle doğrudan ölçülebilirken, diğerleri hesaplanarak bulur. Optik ölçüm teknikleriyle, dışarıdan görülen hareketin değişik biçimlerde optik yasalarına uygun olarak kaydı yapılır.

Tek resim tekniklerinde olay her defasında film üzerine resim olarak kaydedilir. Bu yöntemler (81-85, 99):

- **Fotoğraf tekniği:** Bu yöntemde hareket belirli bir anda (örneğin; topa temas anında) küçük resim (Leica format - 24 x 36 mm ) ya da orta boy (60 x 60 mm) olarak kaydedilir.
- **Kronosiklo fotoğraf tekniği:** Karanlık ortamda açık kamera objektifi önünde değişik yerlerine ışık kaynakları yerleştirilen objenin hareket akışı negatif film üzerine kaydedilir. Makineye yerleştirilmiş delikli bir disk sabit hızla dönerek ışık kaynağından gelen ışınlar film emülsiyonu üzerine etki eder. Böylece eşit zaman aralıklarıyla görüntü kaydedilmiş olur.
- **İmpuls fotoğraf tekniği:** Bu iki yöntemde iyi bir yer - zaman ölçümü olanağı sağlarken, karanlık bir ortamda uygulanma bunların ancak laboratuvarında geçerli olacağı dezavantajını da birlikte getirir. İmpuls ışığı fotoğraf tekniğinde vücudun belirli noktalarına yerleştirilen ışık kaynaklarından

yayılan ışınların frekans ve süreleri elektronik yolla belirlenir. Kamera objektifi açıkken ışık impulsları fotoğraf negatif filmine tespit edilirler. Çekim sırasındaki optik koşulların ve elektronik kumandanın elverişli olması halinde, hem yer hem de zaman bakımından çözümlene gücü kinematografiye oranla 100 faktör kadar arttırılabilir.

- **Seri fotoğraf teknikleri:** Burada sürekli filmi çevirmek amacıyla elektrikle çalışan bir motoru olan, fotoğraf kameraları kullanılır. Böylece saniyede 3 ile 12 arasında resmin çekildiği seri fotoğraflar elde edilir. Buradan yalnız yavaş hareketlerde analitik yöntemle kullanılabilir yöntem elde edilir.
- **Kinematograf tekniği:** Bu yöntem için sporda daha çok süper 8, 16 mm ve 35 mm film kameraları kullanılır. İlk önceleri zemberekli, daha sonraları motor ile çekim frekansı 100 ile 4000 resim/s hızında kameralar yapılır. Doğru zaman akışı; film yüzeyinin, impuls yönetimli küçük ampulleri kaydedilmiş ışık işaretlerinden yararlanıldı. Ayarlanabilen objektif açıklığı, söz konusu kısa sürede çekilen net bir fotoğraf elde etmeye olanak sağlar. Bunun için iyi aydınlanmış bir ortama (gün ışığı, ya da yapay aydınlatmaya) gerek duyulur. Bu yöntemle çalışmak için yüksek duyarlı (400 asa ve üstü) filmlere gerek duyulur. Ancak unutmamak gerekir ki bunlar iri grenli filmlerdir, bu nedenle görüntüler çok net algılanmaz. Kinematografide zaman bakımından çözümlene gücü sadece resim frekansına bağlıdır. Sportif hareketler için optimal diyebileceğimiz resim frekansı, hareketin hızına göre saniyede 100 - 300 resim arasındadır. 10 m/s'lik bir hareket hızında ve resim frekansının saniyede 100 resim olması durumunda, vücudun belirli bir noktası bir resimden ötekine 10 cm'lik bir yol alır. Günümüzde ise daha çok resimlerin fotoelektrik tekniğiyle kaydı, video tekniğinin kullanımını mümkün kılmıştır.
- **Özel teknikler:** Bu kavram optoelektrik yöntem olarak özetlenebilir. Burada işaretlenmiş eklem noktaları, doğrudan resim koordinatlarına taşınır. Buna karşın genellikle çok zaman alan elle değerlendirme gerektirir. Videografi ve kinematografiye karşın resim daha önceden işaretlenmiş obje noktalarına indirgenir. Bunlar da modele uygun çubuk adam olarak birleştirilir. On-line kaydedilen bu referans noktaları, diğer bütün yansımalar ve gün ışığına göre çok daha duyarlı tepki verir. SELSPOT, VICON ya da CODA gibi bu özel yöntemlerin kullanım alanları yalnız laboratuvarlar ile sınırlıdır (81-85, 104).
- **Video tekniği:** Teknolojik gelişime bağlı olarak video fotoğraf yöntemi sporda çok geniş uygulama alanı bulmuştur. Biyomekanik hareket analizlerinde günümüzde 25 resim/s frekanslı ticari kameralardan daha çok, yüksek frekanslı (200 - 400 resim/s) kameralar değişik amaçlarla kullanılmaktadır. Bilgisayara bağlantılı olan video analiz sistemi birçok büyüklüğü, hızla değerlendirmeye olanak verir. Böylece iki ya da üç boyutlu, kaydedilmiş hareket resimleri birçok kinematik büyüklükle nicelik olarak ve çok değişik grafiklerle tanımlanır. Peak - sistemi ile yukarıdakilere ek olarak belirli durumlarda yarım ya da tam otomatik dijitalize edilerek büyüklükler video resimlerde tekrar tekrar incelenip resimlenir. APAS sisteminin



avantajları ise; elde edilen kinematik büyüklüklere ek olarak aynı anda (simultane) dinamometrik ölçüm sonuçlarını ve elektromiyografi verilerini analiz için kullanabilmesidir.

Günümüzde kinematik analizler büyük ölçüde video - bilgisayar kombinasyonu ile gerçekleştirilmektedir. Bu analiz aşamalı bir işlem dizisinden oluşur.

Ariel (106)'e göre kinematik analiz 4 ana fazı içerir:

İlk adım bilgisayar hafızasında kayıtlı olan film verisinden özel hazırlanmış program ile başlangıç pozisyonunun yakalanmasıdır. Hafızaya alınan imaj zinciri bilgisayarda kare kare bakılıp incelenebilir. Yakalanan görüntü farklı yollarla arttırılıp değiştirilebilir. Görüntünün tümü ya da izole bir kısmı kullanılabilir. Görüntünün boyutunun değiştirilmesi ile orijinal görüntüde belirlenemeyen eklem hareketleri daha doğru bir şekilde görülebilir.

Her kameranın görebileceği en az 6 noncoplanar noktanın yeri bilinmelidir. Aktivite boyunca bu noktaların görülmesine gerek yoktur. Aktiviteden önce veya sonra görülebilir. Bunlar aktivite alanında yer almış olan bazı obje veya bilinen boyutların parçaları ile sağlanır. Kamera ile çekilir ve daha sonra kullanılır.

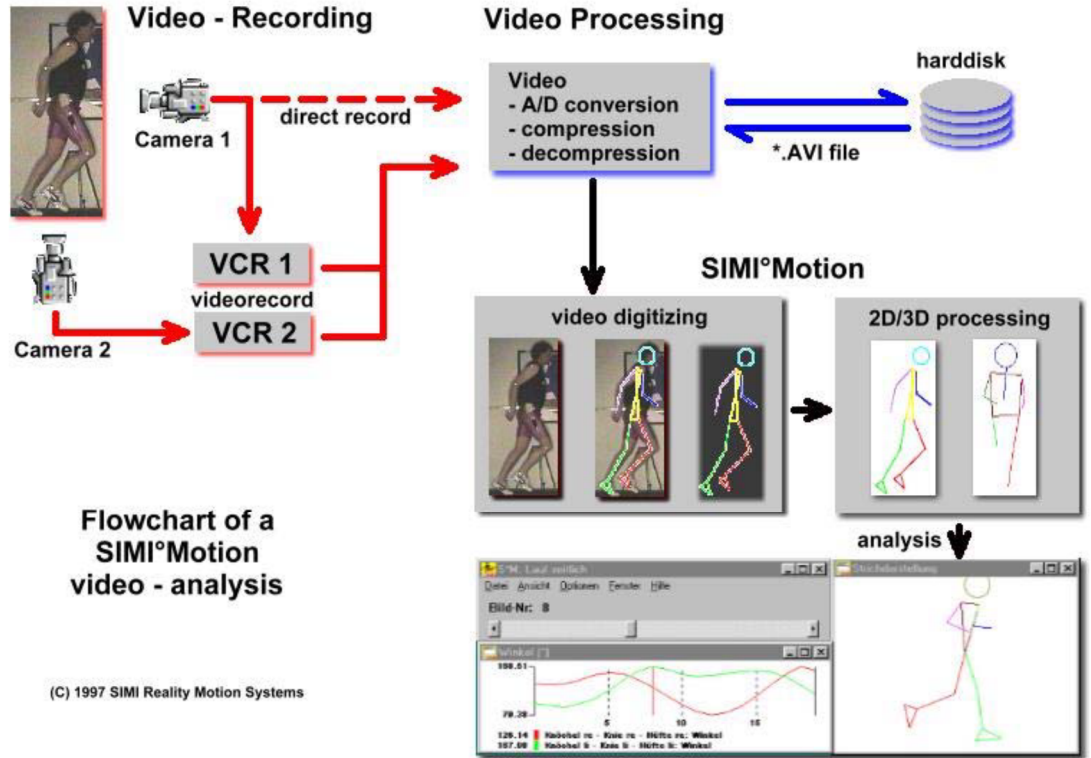
Her bir kameranın hızı, hızlar aynı olmasa da bilinmeli ve senkronizeyi sağlamak için aktivite sırasında başlangıç noktası tüm kameralar tarafından kaydedilmelidir. Bu kurallar bilgi toplamak için aktivitenin kaydı esnasında büyük esneklik sağlar. Kameranın nesneye uzaklığı ve lensin görüş mesafesine gerek yoktur. Farklı tipte ve farklı görüntü hızları kullanılabilir ve kameraların mekanik veya elektronik olarak senkronize edilmesine gerek yoktur. En iyi sonuç kamera görüş eksenleri  $90^\circ$  olduğunda sağlanır. Fakat  $20^\circ$  -  $30^\circ$  lik değişikliklerde neredeyse göz ardı edilebilecek hata oranıyla uyum sağlayabilir.

Dijitize edilmesi analizin ikinci fazıdır. Özellikle video görüntüsü bilgisayara kaydedilmeli ve hafızada tutulmalıdır. Görüntü dizisi hafızadan alınıp kare kare gösterilir ve kişinin vücut ekleminin yeri (örneğin; bilek, diz, kalça, omuz, el bileği) seçilir. Ek olarak sabitlenmiş nokta her kamera için kesin bir referans olarak dijitize edilir. Bu görüntüyü oynatma veya kaydetme esnasında üretilen titreme ve kaydetme hatalarının basitçe düzeltilmesine olanak sağlar. Elle yapılan bir süreçtir. Bu safhada işaretlenecek noktaların dikkatli bir biçimde seçilmesi gerekir.

Analizin değerlendirme safhası olan üçüncü faz bütün kamera görüntüleri dijitize edildikten sonra yapılır. Bu safhanın amacı her kameradan gelen 2 boyutlu görüntülerin kişinin vücut eklemlerinin gerçek 3 boyutlu görüntü alan koordinatlarına döndürülmesidir. Hesaplama, DLT (Direct Linear Transformation) ile yapılmalıdır. Transformasyon başarı ile yapıldığında küçük hataları kaldırmak, vücut eklem hızını ve ivmelenmesini hesaplamak için filtre edilmelidir. Filtreleme seçenekleri Bulter-Worth ikinci sıra dijital filtresi gibi kübik veya quintik olabilir.

Filtreleme bilgisayar tarafından da yapılabilir. Bu aşamadan sonra seçilecek kinematik hesaplamalar; vücut eklem değişiklikleri (hız, ivmelenme gibi), bilgisayar yardımı ile yapılır.

Dördüncü faz analizin sunuş fazıdır. Bu faz, hesaplanmış sonuçların görülmesine ve değişik formatlarda kaydedilmesine olanak tanır. Vücut pozisyonu ve hareketlerinin dondurulmuş görüntüsü ya da çubuk grafikler şeklinde izlenebilir. Sonuçlar grafik şeklinde de sunulabilir.



Şekil 2.4. “Simi Motion” hareket analizi sistemi

### DLT ( Direct Linear Transformation) Metodu

DLT, metodu ve artırılmış versiyonları, iki veya daha fazla, iki boyutlu görüntülerden elde edilen noktaların 3 boyutlu koordinatlarını saptamaya izin vermektedir. Bu metotlar insan ve hayvan hareketlerinin kinematik analizlerinde yaygın bir şekilde kullanılırlar (107).

3 boyutlu analiz tekniklerinden en yaygın uygulananı Abdel - Aziz ve Karara tarafından geliştirilmiştir (108). Bu metotta iki ya da daha fazla kamera gerekmektedir ve DLT imaj koordinatlarında nesne, kalibrasyon alanının içinde olmalıdır. Bu metot, iki kamera görüntüsünden gelen dijitize koordinatlarla 3 boyutlu alandaki benzer koordinatlar arasında ilişki olduğu prensibinden hareket etmektedir (107).

Bununla birlikte kalibrasyon alanının dışındaki noktalar analiz edildiğinde hata anlamlı bir şekilde artmıştır (109).

### **Deri işaretleri**

Trew ve Everett'e göre; vücut segmentleri üzerindeki anatomik noktaları belirlemek amacıyla vücudun üzerinde yapılan işaretlemelerdir. İşaretlemelerde genellikle ten rengi ile zıtlık oluşturacak fosforlu etiketler kullanılır. Yapıştırılan işaretler hareket esnasında yer değiştirebileceğinden bu işaretlemeler bazı potansiyel hatalara sebep olabilir. Bu hatayı minimuma indirmek için eklem eksenini boyunca işaretleme yapılmalıdır (106).

### **Kalibrasyon**

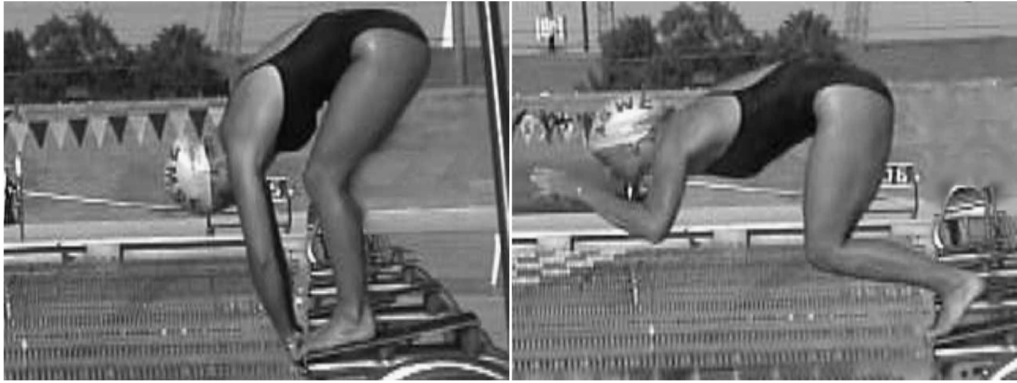
İki veya üç boyutlu hareket analiz çalışmalarında uzaysal koordinatların hesaplanabilmesi için, kalibrasyon çerçevesi ya da uyum noktası gerekmektedir (84).

Kalibrasyon için genellikle kalibrasyon kafesi ya da küp tercih edilir. En az 8 kalibrasyon noktası, 3 koordinat için (x, y, z) belirlenmiş olmalıdır (109).

## **2.6. Yüzmede Çıkış Biyomekaniği**

Araştırmanın konusu, GÇ, ÖTÇ ve ATÇ olduğu için, bu kısımda sadece bu üç yöntem ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

### **2.6.1. Grab Çıkış**



**Şekil 2.5.** GÇ. Welcher vd. (23)'den alınmıştır.

GÇ'yi altı etaba ayırabiliriz. Bu etaplarda (3);

- Hazırlık pozisyonu,
- Çekiş,
- Bloktan çıkış (ayrılma),
- Uçuş,

- Suya giriş,
- Kayma ve dışarıya çekme (pull-out) etaplarıdır.

### **Hazırlık Pozisyonu**

Çıkış hakemi, "take your marks" diyerek hazırlık konumu almalarına izin verene kadar yüzücüler, çıkış bloğunun gerisinde ayakta durmalıdır. Komuttan sonra çıkış bloğunun ön kenarını ayak parmakları ile kavrarlar. Ayaklar, yaklaşık omuz genişliğinde açık olacaktır. Bu ayak pozisyonu, ayak açıklığının omuz genişliğinden fazla olmasından veya ayakların bitişik olmasından daha kuvvetli bir bacak itişisi sağlar. Yüzücüler, çıkış bloğunun ön kenarını el parmaklarının ilk iki eklemi ile kavramalıdır. Eller ayakların içinde veya dışında olabilir. Her iki el yerleşimi de iyi çıkış yapan yüzücülerce kullanılmaktadır ve araştırmacılar birinin diğerine üstünlüğü olmadığını göstermektedir. Dizler yaklaşık 30° - 40° bükülü olmalı ve dirsekler çok az bükülmelidir. Baş aşağıda ve yüzücü çıkış bloğunun hemen arkasındaki suya bakıyor olmalıdır (3).

### **Çekiş**

Çıkış sinyaliyle beraber yüzücüler, çıkış bloğunun altını çekmelidir. Bu çekiş, yüzücülerin ileriye, suya doğru gitmeye başlamaları için kalçaları ve ağırlık merkezini aşağıya ve ileriye, ön kenarın ötesine çekecektir. Bu yöndeki çekiş aynı zamanda, dizleri ve kalçaları bükerek hareket pozisyonuna geldiklerinde daha kuvvetli olarak uzamalarını sağlayacaktır. Yüzücüler elleriyle bloğu geriye itmemelidirler. Yukarıya çekiş, vücudu ileriye daha hızlı hareket ettirecektir (12).

### **Bloktan Çıkış**

Yüzücüler harekete başlama ile vücutlarının çıkış bloğunu terk etmesi arasında 0,70 - 0,90 s arası zaman harcar (110, 111). Çabuk bir çekiş, vücudu ileriye harekete geçirecektir; bir kez harekete geçtiğinde de yer çekimi vücudu yaklaşık 80° eğilene kadar aşağı ve ileri yöne çekecektir. Tam bu sırada yüzücüler vücudu çıkış bloğundan ileri ve yukarı gönderirken bacakları uzatmalıdır. Eller bloğu bıraktığında suyun yüzeyinde vücudun girmesi gereken yeri gösterir konuma gelene kadar kollar ileriye doğru uzanarak bir yarım daire çizer. İleriye düşüş sürecinde çenenin altına getirmek için kollar hareketin ilk yarısında hızla bükülmelidir. Sonra çıkışın ikinci yarısında yüzücüler kolları hızla ileriye ve aşağıya uzatarak bacakları uzatmalıdır (3).

### **Uçuş**

Yüzücüler çıkış bloğunu terk ettikten sonra havadaki uçuşun ilk yarısında yukarıya ve ikinci yarısında suya doğru bir yay içinde hareket edecektir. Suya hidrodinamik bir giriş için yayın tepe noktasını geçerken vücut pike halinde (belden bükülmüş) olmalıdır. Vücut, tepe noktasını geçtikten sonra vücudun tümünün hidrodinamik bir tarzda suya girebilmesi için yüzücüler, bacakları gövdeyle bir çizgide olacak şekilde yukarıya çekmelidir (3). Yüzücüler çıkış sürecinde havada genellikle 0,30 - 0,40 s arasında kalır ve suya girmeden önce çıkış bloğundan ileriye doğru 3 - 4 m yol katederler (111-113).

### **Suya Giriş**

Suya giriş sırasında ayaklar suya ellerin ve başın ilk önce girdiği aynı noktadan giriş yapmalıdır (3).

### **Kayma ve Dışarıya Çekme**

Suya girişte vücut hidrodinamik konumda olmalıdır. Kollar tam uzamış ve beraber, bir el diğerinin üzerinde ve baş, kollar arasında olmalıdır. Bacaklar tam olarak uzamış ve beraber, ayak parmakları geriye uzatılmış (sivriltilmiş) ve bel kavissiz olmalıdır (3).

Suya giriş açısı, su yüzeyinden yaklaşık 30° - 40 ° arası olmalıdır (5, 13, 113). Bu açı, yüzücülerin suda en az dirençle kaymalarını sağlar. Ancak, eğer suya girer girmez vücutun yönü aşağıdan ileriye ve de ileriden yukarıya değiştirilmezse, bu, yüzeyden çok fazla derine inmeye neden olur. Bu yön değişimi, bacakları delfin ayak vuruşu ile aşağı yönde vurarak, sırtta kavis vererek ve baş ile elleri yüzeye doğru kaldırarak gerçekleştirilir. Bu hareketlerin zamanlaması, yüzücülerin yüzeye ne kadar çabuk ulaşmak istediğine bağlıdır. Kısa mesafeli yarışlarda yön değiştirmeye, vücut suya girerken başlamak gerekir. Daha uzun yarışlarda ise, vücutun tamamının suya girmesi beklenmelidir.

Bu ifadeler tek istisna, yüzücülerin su altı kol çekişlerine hazırlanmak için bilerek ve daha derine kaydıkları kurbağalama stilindedir(3).

Kelebek yüzücüleri, yüzeye varana kadar genellikle iki veya üç delfin ayak vuruşu yapar. Birçok serbest teknik yüzücüsü de kraul ayak vuruşu ve kol çekişine başlamadan önce genellikle iki veya üç delfin ayak vuruşu yapar (3). Arellano vd. (15), serbest tekniği yüzücülerinin çıkışlarda kraul ayak vuruşu yerine delfin ayak vuruşu kullandıklarında 10 metrelik mesafe içinde 0,20 s daha hızlı olduklarını bildirmişlerdir.

Günümüzde, bazı serbest ve kelebek teknik sprinterler, çıkıştan sonra yüzeye çıkıp kol çekişine başlayana kadar izin verilen 15 metrelik mesafenin çoğunu delfin ayak vuruşu ile yüzmektedir. Bu kadar uzun su altı yüzmesi yapıp yapmamaya, yüzücünün hızı ile su altı delfin ayak vuruşundaki hızı kıyaslanarak karar verilmelidir. Eğer su altında, su üstünden daha hızlı oldukları ispatlanırsa, böyle yapmaları önerilir (3).

Yüzücüler yüzeye ulaştıklarında ileri yönde, yukarı yönde gittiklerinden daha hızlı gidebilmek için yüzeye doğru diyagonal bir şekilde ayak vurmalarıdır. Serbest teknik yarışlarında, ilk kol çekişine başlamadan önce kraul ayak vuruşuna başlamalıdır. Bu hareket, yüzeye çıktıklarında serbest teknik yüzmeye başlamış olmalarını sağlayacak bir ritim oluşturacaktır (3).

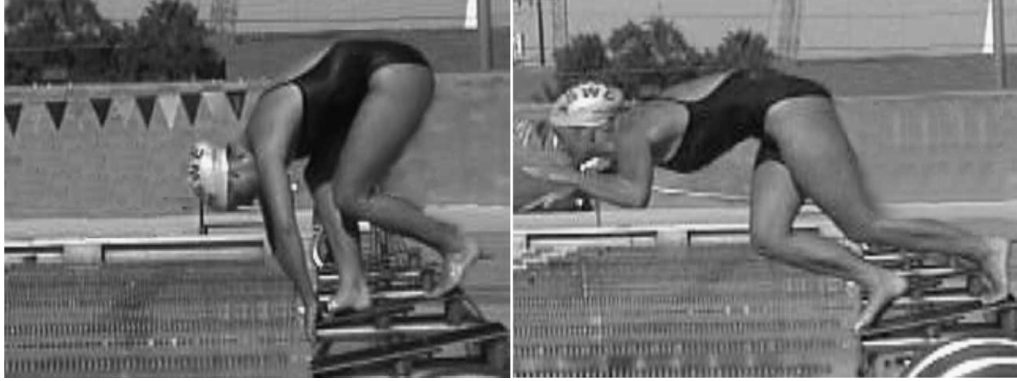
İlk kol çekişi, yüzücüler yüzeye yaklaştığında başlamalı ve çekiş sonlanırken baş yüzeyden çıkmalıdır. Bu, serbest stilde geriye doğru kuvvetli bir tek kol geri süpürme veya kelebek çift kol geri süpürme şeklinde uygulanmalıdır. Bu çekiş,

vücudu su üzerine, yarış hızında ileriye doğru taşınmalıdır. Su altı kol çekişi sürecinde baş aşağıda kalmalı ve yüzücüler başlarının su yüzeyine çıktığını hissetmeden yukarıya bakmamalıdır. Yüzücüler yüzeye ulaştıklarında nefes almak veya rakiplerine bakmak için duraksamamalı ve mümkün olan en hızlı biçimde yarış için doğru kulaç ritmini yakalamalıdır. Serbest ve kelebek yarışlarında yüzücüler için en iyisi, nefes almayı ilk kulaç döngüsünün sonuna ertelemek veya daha da iyisi, nefes almak için ikinci kulaç döngüsünü beklemektir. 25 m ve 50 m sprint yarışlarında nefes almak için birkaç kulaç beklemelidirler (3).

Doğal olarak, bu yöntemler kurbağalama yüzücülerine uygulanamaz. Kurbağalama yüzücüleri, suya girdikten sonra yarış hızına düşene kadar uzun bir mesafe kayacaktır. Sonra yüzeye doğru ayak vurmada evvel bir su altı kol çekişi ve başka bir kısa kayma gerçekleştireceklerdir. İlk yüzey kol çekişleri için kollar en açık duruma gelmeden önce yüzeye çıkmak için emin olarak, vücudu yüzeyin altında yukarıya ve ileriye doğru çekmelidirler (3).

### 2.6.2. Ön Ağırlık Merkezli Track Çıkış

GÇ ve ÖTÇ arasındaki en önemli farklar, hazırlık pozisyonu ve çıkış açısıdır. En bariz fark bir ayağın diğerinden geride olmasıdır (3).



Şekil 2.6. ÖTÇ. Welcher vd. (23)'den alınmıştır.

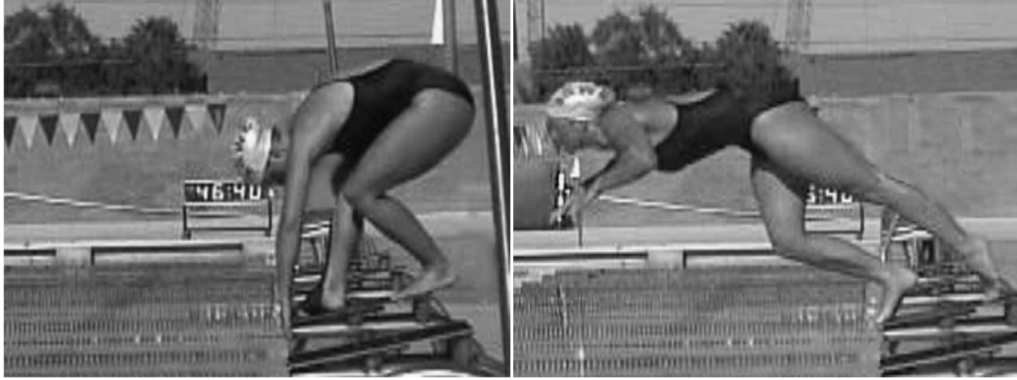
Çıkış sinyalini beklerken yüzücü ayağının birinin parmaklarını ön kenara koyarken diğer ayağı çıkış bloğunun eğimine basmaktadır. Arkadaki ayak, basarak çıkışta en yüksek eğim alanını kullanabilmek için arka kenara yakın olmalıdır. Baş aşağıda ve yüzücüler her iki elleriyle bloğun ön ucunu kavramış olmalıdır. Çıkış verildiğinde, vücudu suya doğru harekete geçirmek için yüzücüler platformu yukarıya ve geriye doğru çeker. Sonra ellerini bırakarak, aynı GÇ'deki gibi bir yarım daire çizdirerek ellerini ileriye fırlatırlar. Aynı zamanda, bacaklarıyla vücudu bloğun ötesine göndermelidirler. Önce arkadaki bacakla çıkış bloğunun arkasını iterek, sonra birden ön bacağı uzatarak vücuda öne doğru ivme kazandırmalıdır. Çıkış bloğunu önce arkadaki ayak terk edecek, sonra öndeki ayak onu izleyecektir (3).

ÖTÇ'de havadaki uçuş, GÇ'ye kıyasla ister istemez daha düz olacaktır. Bununla beraber, platformdan çıkış süresini uzatmadan yüzücüler uçuşa mümkün olduğu kadar kavis kazandırmalıdır ve GÇ'deki gibi vücudu ileriye çekerken,

yukarıya, öndeki ayak bloğu terk ederken, aşağıya bakmalıdırlar. Ayrıca, uçuş sırasında belde pike yaparak daha iyi bir suya giriş açısı sağlamalıdırlar (3).

### 2.6.3. Arka Ağırlık Merkezli Track Çıkış

Son yıllarda ÖTÇ'nin bir çeşidi olarak ATÇ görülmeye başlanmıştır. Rutemiller (48) ATÇ metodunu yüzücünün başlangıç anında ağırlık merkezini arka ayağına kaydırması olarak açıklamıştır. Rutemiller (48)'a göre yüzücü, çıkış bloğunda arkaya doğru gerilip, çıkış anında elleriyle çıkış bloğundan kendini ileri iter ve bacaklarıyla dalışı güçlendirecek itişini gerçekleştirir.



Şekil 2.7. ATÇ. Welcher vd. (23)'den alınmıştır.

Track çıkışın tartışma alanlarından biri, hazırlık konumundaki yüzücülerin ağırlıklarını ön ayakta toplayarak öne mi eğilmelerinin yoksa ağırlıklarını arka ayağa yükleyerek arkaya mı dayanmalarının daha doğru olduğu konusudur.

Yüzücüler track çıkışı kullandıklarında, bloktan çıkış hareketi arka ayakla başlatılır. Bu nedenle, ağırlıklarının o ayak üzerinde olması en akılcı olanıdır. Eğer öne meyilli olsalardı, bloğu itmeye başlamak için önce ağırlıklarını geriye kaydırmak zorunda kalırlardı (3).

Welcher ve George (21) ve Vilas - Boas vd. (28), ağırlıkları arka ayak üzerinde olduğunda yüzücülerin bloğu daha yavaş terk ettiğini ileri sürmüşlerdir. Fakat yüzücüler suya girerlerken daha hızlılardır ve bu da onların ağırlıklarını öne vererek çıkan yüzücüleri yakalamalarını sağlamaktadır.

## GEREÇ VE YÖNTEM

### 3.1. Araştırma Grubu

Araştırmaya başlanmadan önce Akdeniz Üniversitesi Etik Kurulu'ndan gerekli izinler alınmış olup (29.03.2011 tarihli, 74 sayılı karar), tüm katılımcılar ve velilerine aydınlatılmış onam formu imzalatılmıştır. Çalışmaya Türkiye şampiyonalarına katılan, tercih ettikleri metot ÖTÇ olan, aynı kulübün elit yüzücülerinden, yaş ortalamaları;  $15,25 \pm 0,28$  yıl, antrenman yaşı ortalamaları;  $6,83 \pm 1,03$  yıl, boy ortalamaları;  $170,25 \pm 1,67$  cm, kütle ortalamaları;  $61,58 \pm 2,10$  kg olan, 8 bayan, 4 erkek olmak üzere, toplam 12 sporcu katılmıştır.

### 3.2. Veri Toplama Araçları

Ölçümler Kocaeli Üniversitesi kapalı yüzme havuzunda gerçekleştirilmiştir. Katılımcıların boy ve kütleleri standartı yapılmış, boy ölçerli medikal baskül (Nan marka, Türkiye) ile ölçülmüştür. Hareket analizi çekimlerinde, 100 Hz frekansa sahip olan iki adet dijital kamera (Basler A602f, Almanya) kullanılmıştır. Kullanılan kameralardan elde edilen görüntüler eşzamanlı olarak bilgisayar ortamına aktarılmıştır.



Şekil 3.1. Basler A602f marka 100 Hz kamera

Alanın kalibrasyonunda kullanılmak üzere  $30\text{cm} \times 30\text{cm} \times 50\text{cm}$  ölçülerinde bir kare prizma şeklinde kafes dizayn edilmiştir. DLT yöntemi kullanılarak kalibrasyon gerçekleştirilmiştir. Bu yöntem, çekimlerden alınan görüntülerin dijitize koordinatlarla 3 boyutlu alandaki benzer koordinatlar arasındaki ilişkiden hareket etmektedir.

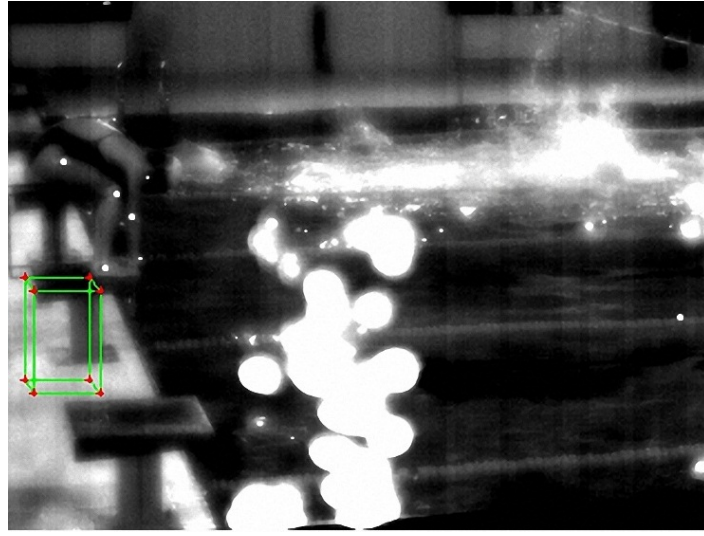
#### 3.2.1. Kalibrasyon

Analize başlamadan önce, 8 noktalı kalibrasyon kafesinin görüntüsü alınmış (Şekil 3.2 ve 3.3) ve her köşesi tek tek işaretlenerek kalibrasyon alanının 3 boyutlu koordinatlardaki ölçüleri (Çizelge 3.1.) girilerek alan tanımlaması yapılmıştır.

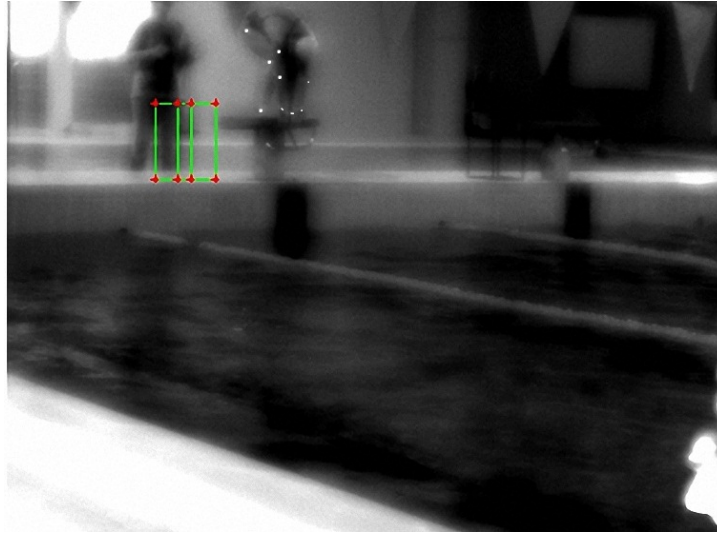


**Çizelge 3.1.** Kalibrasyon kafesinin koordinatları

x (m)	y (m)	z (m)
0,0	0,0	0,0
0,3	0,0	0,0
0,0	0,3	0,0
0,0	0,0	0,5
0,3	0,3	0,0
0,0	0,3	0,5
0,3	0,0	0,5
0,3	0,3	0,5



**Şekil 3.2.** Kalibrasyon kafesi 1. kamera görüntüsü



**Şekil 3.3.** Kalibrasyon kafesi 2. kamera görüntüsü

### 3.2.2. Deri İşaretleri

Değerlendirmeye alınan segmentler üzerindeki anatomik noktalara reflektör özelliğe sahip olan deri işaretleri yerleştirilmiştir ve kızıl ötesi (infrared) ışığı kullanılarak bunların daha da belirginleştirilmesi sağlanmıştır.

Sporcuların anatomik noktalarını belirlemek için Gubitz (114) Modeli'ne uygun olarak, hem sağ hem de sol olmak üzere, aşağıdaki 13 nokta işaretlenmiştir:

- Omuzda, acromion,
- Dirsekte, olecranon,
- Bilekte, styloideus medialis,
- Kalçada, trochanter major,
- Dizde, condylus lateralis,
- Bilekte, malleolus lateralis,
- Baş.



Şekil. 3.4. Deri işaretleri

Segmentlerin belirlenmesinde;

- Acromion ve olecranon noktaları birleştirilerek kol segmenti,
- Olecranon ve styloideus medialis noktaları birleştirilerek önkol segmenti,

- Trochanter major ve condylus lateralis noktaları birleştirilerek uyluk segmenti,
- Condylus lateralis ve malleolus lateralis noktaları birleştirilerek baldır segmenti,
- Sağ-sol acromion ve sağ-sol trochanter major noktaları birleştirilerek de gövde segmenti oluşturulmuştur.

### 3.3. Veri Toplama Yöntemleri

Sporcuların atlayışlarının video çekimleri için, birinci kamera çıkış bloğunun sağ tarafına; x eksenine yaklaşık 15°'lik bir açı, ikinci kamera ilk kamerayla yaklaşık 90°; x eksenine yaklaşık 75°'lik bir açı yapacak şekilde yerleştirilmiştir. Kameralar yerleştirildikten sonra kablolar yardımıyla ana bilgisayara bağlanmış ve kalibrasyon işlemi tamamlandıktan sonra bir daha yerlerinde herhangi bir değişikliğe gidilmemiştir. Kamera çekimlerinden önce sporculara 30 dakikalık ısınma zamanı verilmiş ve üzerlerine reflektör özelliğe sahip işaretlemeler yerleştirilmiştir. Her bir katılımcıya, grab çıkış, arka ağırlık merkezli track çıkış ve ön ağırlık merkezli track çıkış olmak üzere her yöntemden de üçer atlayış yaptırılmıştır. Yüzücü hareketini tamamlayana kadar kamerayla çekim işlemi devam etmiştir.

### 3.4. Analiz

Alınan görüntüler SIMI Capture programı aracılığıyla bilgisayara aktarılmış ve analiz için hazırlanmıştır. Hareketlerin analizi SIMI Motion 6.2 Hareket Analiz programı (Almanya) ile yapılmıştır.



Şekil 3.5. "Simi Motion" hareket analizi sisteminin bilgisayar ünitesi

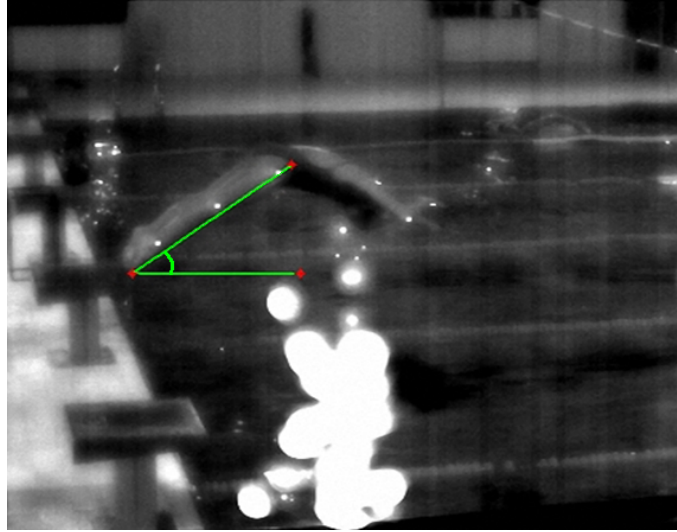


Şekil 3.6. "Simi Motion" hareket analizi sisteminin ekran arayüzü

İki kamera için de sırayla aynı yüzücüye ait olan iki farklı plandan çekilmiş görüntüler çağırılarak başlangıç karesi belirlenmiştir. Çekimler sırasında sporcunun anatomik noktaları üzerine yapıştırılan deri işaretlemelerini, program içerisinde tek tek belirleyerek segmentlerin oluşturulması için birbirleri arasında bağlantıları yapılmıştır. Noktalara bağlantıları yapılmış ve kalibrasyonu tanıtılmış olan kamera görüntülerinin her karesi ayrı ayrı işaretlemeye alınmış ve sonunda oluşan 3 boyutlu analiz değerleri filtre edilmiş datalar üzerinden çağrılarak hareketin, yz sagittal düzlemdeki; reaksiyon süresi, itme süresi, bu ikisinin toplamı olan blok süresi, uçuş süresi, suya giriş anına kadar olan toplam süre, 10 m süresi, uçuş mesafesi, kütle merkezi, kütle merkezinin yatay çıkış hızı, kütle merkezinin dikey çıkış hızı, kütle merkezinin yatay giriş hızı, bloktan çıkış açısı, suya giriş açısı incelenmiştir. Bu değişkenlere ait tanımlar aşağıda verilmiştir.

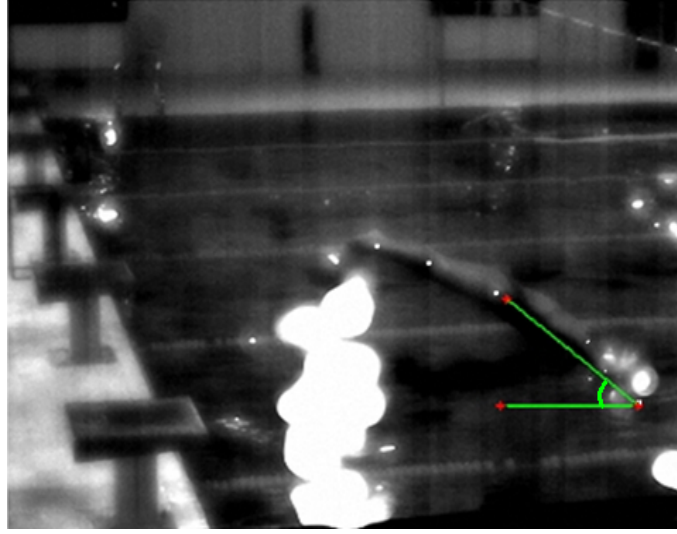
- **Reaksiyon süresi (s):** Çıkış sinyalinin verilmesinden, ilk hareketin görülmesine kadar geçen süre.
- **İtme süresi (s):** İlk hareketin görülmesinden, yüzücünün çıkış bloğuyla olan son temasına kadar geçen süre.
- **Blok süresi (s):** Reaksiyon süresi ve itme süresinin toplamı.
- **Uçuş süresi (s):** Yüzücünün çıkış bloğuyla olan son temasından, ellerinin suya ilk değdiği ana kadar geçen süre.
- **Toplam süre (s):** Çıkış sinyalinin verilmesinden, ellerin suya ilk değdiği ana kadar geçen süre.
- **10 m süresi (s):** Çıkış sinyalinin verilmesinden, yüzücünün verteksinin 10 m işaretine değdiği ana kadar geçen süre.

- **Uçuş mesafesi (m):** Çıkış bloğuyla, ellerin suya ilk değdiği nokta arasındaki mesafe (y ekseninde).
- **Kütle merkezi:** 13 noktalı Gubitz (114) modeli kullanılarak belirlenmiştir (baş, omuzlarda acromion, dirseklerde olecranon, bileklerde styloideus medialis, kalçalarda trochanter major, dizlerde condylus lateralis, bileklerde malleolus lateralis).
- **Bloktan çıkış hızının yatay bileşeni (m/s) (y ekseninde):** Kütle merkezinin çıkış bloğuyla son temas anındaki yatay hız bileşeni.
- **Bloktan çıkış hızının dikey bileşeni (m/s) (z ekseninde):** Kütle merkezinin çıkış bloğuyla son temas anındaki dikey hız bileşeni.
- **Suya giriş hızının yatay bileşeni (m/s) (y ekseninde):** Ellerin suya ilk değdiği anda kütle merkezinin yatay hız bileşeni.
- **Bloktan çıkış açısı (°):** Çıkış bloğuyla son temas anında, kütle merkezi, yüzücünün blokla temas ettiği nokta ve yatay eksen arasında kalan açı (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Bloktan çıkış açısı

- **Suya giriş açısı (°):** Ellerin suya ilk değdiği anda, kütle merkezi, yüzücünün suyla temas ettiği nokta ve yatay eksen arasında kalan açı (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Suya giriş açısı

### 3.6. İstatistiksel Analiz

Araştırmada elde edilen veriler SPSS 18.0 (Statistical Package of Social Science, ABD) istatistik programı kullanılarak değerlendirilmiştir.

Her yüzücü, her metotta üçer atlayış gerçekleştirdiği için öncelikle, bu 3 atlayışın aritmetik ortalaması alınmış, daha sonra bu ortalamalar kullanılarak metotlar arası karşılaştırmalar yapılmıştır, parametriklik şartına uyan verilerde "Tekrarlı Ölçümler Tek Yönlü Varyans Analizi", anlamlı olması durumunda bunun hangi değişkenlerden kaynaklandığını bulmak için "İkili Karşılaştırmalar" kullanılmış ve bunlarda "Bonferroni Düzeltmesi" yapılmıştır. Parametriklik şartına uymayanlarda ise "Friedman Testi" kullanılmış, anlamlılık halinde ise ikili kıyaslamalar için "Wilcoxon Eş Testi" kullanılmıştır.

Sonuçlar parametrik testlerde "A.O ± S.S" şeklinde, parametrik olmayan testlerde ise hem "A.O ± S.S" şeklinde hem de "ortanca (min - max)" olarak verilmiş,  $p < 0,05$  eşitsizliğine uyan değerler istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir (115, 116).

## BULGULAR

Bu bölümde katılımcılara ait demografik ve antropometrik özellikler (Çizelge 4.1.) ile çekimlerin analizi sonucunda bulunan istatistiksel değerler ( Çizelge 4.2) çizelgeler içerisinde gösterilmiştir.

**Çizelge 4.1.** Katılımcıların Bazı Demografik ve Antropometrik Özellikleri

<b>n = 12</b>	<b>A.O.</b>	<b>S.S.</b>	<b>min.</b>	<b>max.</b>
<b>Yaş (yıl)</b>	15,25	0,97	14	17
<b>Ant. yaşı (yıl)</b>	6,83	1,03	6	8
<b>Boy (cm)</b>	170,25	5,79	163	180
<b>Kütle (kg)</b>	61,58	7,28	54	75

Katılımcıların bazı demografik ve antropometrik özelliklerine ait bilgiler Çizelge 4.1.'de gösterilmiştir. Katılımcılar 14 - 17 yıl, yaş aralığında ( $15,25 \pm 0,97$  yıl), 6 - 8 yıl, antrenman yaşı aralığında ( $6,83 \pm 1,03$  yıl), 163 - 180 cm, boy aralığında ( $170,25 \pm 5,79$  cm), 54 - 75 kg, kütle aralığında ( $61,58 \pm 7,28$  kg)'dır.

**Çizelge 4.2.** Performansı Etkileyen Parametreler Bakımından Çıkış Metotlarının Karşılaştırılması

n = 12	GÇ	ATÇ	ÖTÇ
	A.O. ± S.S.	A.O. ± S.S.	A.O. ± S.S.
	Ortanca (min–max)	Ortanca (min–max)	Ortanca (min–max)
$t_r$ (s)	0,18 ± 0,03 (Ö*)	0,17 ± 0,01 (Ö**)	0,20 ± 0,02 (G*, A**)
$t_i$ (s)	0,72 ± 0,07 (A**, Ö**)	0,99 ± 0,09 (G**, Ö**)	0,65 ± 0,04 (G**, A**)
	0,71 (0,60 – 0,84)	0,98 (0,86 – 1,14)	0,65 (0,60 – 0,72)
$t_b$ (s)	0,91 ± 0,05 (A**, Ö**)	1,16 ± 0,09 (G**, Ö**)	0,85 ± 0,04 (G**, A**)
$t_u$ (s)	0,34 ± 0,05	0,33 ± 0,02	0,33 ± 0,05
$t_t$ (s)	1,24 ± 0,05 (A**, Ö**)	1,49 ± 0,09 (G**, Ö**)	1,18 ± 0,06 (G**, A**)
	1,16 (1,16 – 1,31)	1,50 (1,34 – 1,66)	1,20 (1,06 – 1,24)
$t_{10m}$ (s)	4,72 ± 0,12 (A**)	4,54 ± 0,13 (G**, Ö*)	4,69 ± 0,10 (A*)
$y_u$ (m)	2,59 ± 0,40 (A*)	3,03 ± 0,37 (G*)	2,81 ± 0,19
$v_{çy}$ (m/s)	3,87 ± 0,11 (A**)	4,20 ± 0,25 (G**, Ö**)	3,89 ± 0,07 (A**)
$v_{çz}$ (m/s)	2,49 ± 0,17 (A**, Ö**)	1,83 ± 0,32 (G**)	1,76 ± 0,07 (G**)
$v_{gy}$ (m/s)	3,99 ± 0,07 (A**)	4,33 ± 0,15 (G**, Ö**)	4,02 ± 0,11 (A**)
$\theta_ç$ (°)	32,77 ± 3,82 (A**, Ö**)	23,60 ± 4,89 (G**)	23,71 ± 4,59 (G**)
$\theta_g$ (°)	33,82 ± 5,24 (Ö**)	29,99 ± 3,69	30,44 ± 5,35 (G**)

$t_r$  (s) : Reaksiyon süresi

$t_i$  (s) : İtme süresi

$t_b$  (s) : Blok süresi

$t_u$  (s) : Uçuş süresi

$t_t$  (s) : Toplam Süre

$t_{10m}$  (s) : 10 m süresi

$y_u$  (m) : Uçuş mesafesi

$v_{çy}$  (m/s) : Çıkış hızının yatay bileşeni

$v_{çz}$  (m/s) : Çıkış hızının dikey bileşeni

$v_{gy}$  (m/s) : Giriş hızının yatay bileşeni

$\theta_ç$  (°) : Çıkış açısı

$\theta_g$  (°) : Giriş açısı

G : GÇ ile istatistiksel olarak anlamlı fark

A : ATÇ ile istatistiksel olarak anlamlı fark

Ö : ÖTÇ ile istatistiksel olarak anlamlı fark

\* : p < 0,05 düzeyinde anlamlı fark

\*\* : p < 0,01 düzeyinde anlamlı fark

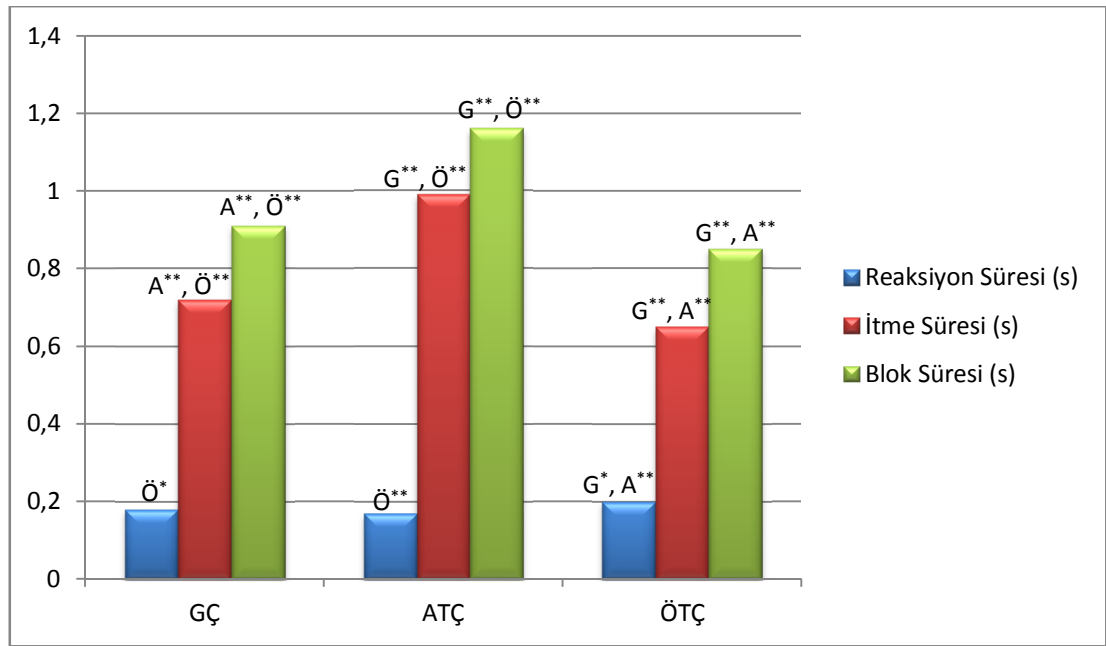
Performansı etkileyen parametreler bakımından çıkış metotlarının karşılaştırılmasına dair bulgular Çizelge 4.2.'de gösterilmiştir.



Reaksiyon süresi ( $t_r$ ) incelendiğinde, ikili karşılaştırmalarda; ÖTÇ ( $0,20 \pm 0,02$  s) ile GÇ ( $0,18 \pm 0,03$  s) arasında ( $p < 0,05$ ) düzeyinde, ATÇ ( $0,17 \pm 0,01$  s) arasında ( $p < 0,01$ ) düzeyinde, ÖTÇ aleyhine anlamlı farklar bulunmuştur.

İtme süresi ( $t_i$ ) incelendiğinde, ikili karşılaştırmalarda; GÇ ( $0,72 \pm 0,07$  s) ile ATÇ ( $0,99 \pm 0,09$  s) arasında GÇ lehine, ÖTÇ ( $0,65 \pm 0,04$  s) ile GÇ ( $0,72 \pm 0,07$  s) ve ATÇ ( $0,99 \pm 0,09$  s) arasında ÖTÇ lehine anlamlı farklar bulunmuştur ( $p < 0,01$ ).

Blok süresi ( $t_b$ ) incelendiğinde, ikili karşılaştırmalarda; GÇ ( $0,91 \pm 0,05$  s) ile ATÇ ( $1,16 \pm 0,09$  s) arasında GÇ lehine, ÖTÇ ( $0,85 \pm 0,04$  s) ile GÇ ( $0,91 \pm 0,05$  s) ve ATÇ ( $1,16 \pm 0,09$  s) arasında ÖTÇ lehine anlamlı farklar bulunmuştur ( $p < 0,01$ ).

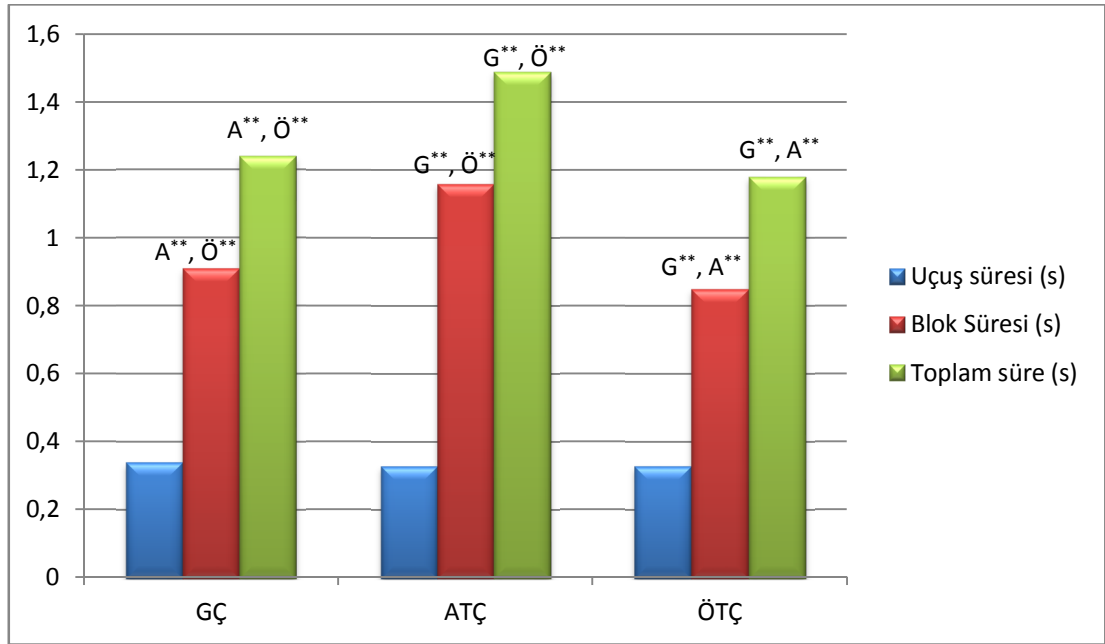


G : GÇ ile istatistiksel olarak anlamlı fark  
A : ATÇ ile istatistiksel olarak anlamlı fark  
Ö : ÖTÇ ile istatistiksel olarak anlamlı fark  
\* :  $p < 0,05$  düzeyinde anlamlı fark  
\*\* :  $p < 0,01$  düzeyinde anlamlı fark

**Şekil 4.1.** Üç çıkış metodunun, blok, itme, reaksiyon süresi açısından karşılaştırılması

Uçuş süresi ( $t_u$ ) incelendiğinde, metotlar arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.

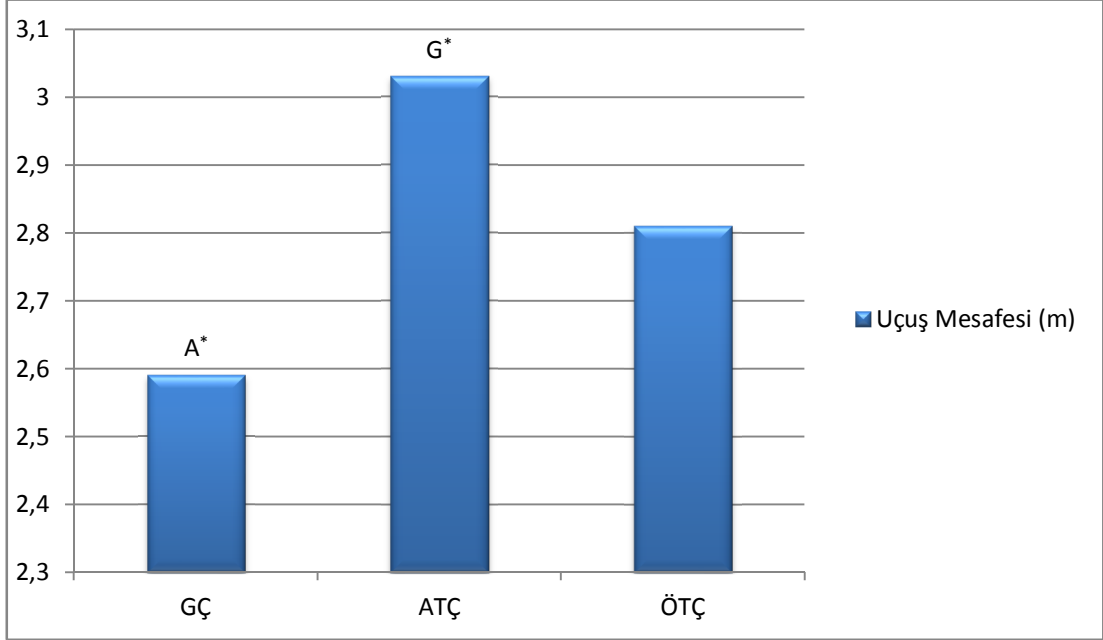
Suya giriş anına kadar geçen toplam süre ( $t_t$ ) incelendiğinde, ikili karşılaştırmalarda; GÇ ( $1,24 \pm 0,05$  s) ile ATÇ ( $1,49 \pm 0,09$  s) arasında GÇ lehine, ÖTÇ ( $1,18 \pm 0,06$  s) ile GÇ ( $1,24 \pm 0,05$  s) ve ATÇ ( $1,49 \pm 0,09$  s) arasında ÖTÇ lehine anlamlı farklar bulunmuştur ( $p < 0,01$ ).



G : GÇ ile istatistiksel olarak anlamlı fark  
A : ATÇ ile istatistiksel olarak anlamlı fark  
Ö : ÖTÇ ile istatistiksel olarak anlamlı fark  
\* :  $p < 0,05$  düzeyinde anlamlı fark  
\*\* :  $p < 0,01$  düzeyinde anlamlı fark

**Şekil 4.2.** Üç çıkış metodunun uçuş, blok süresi ve toplam süre açısından karşılaştırılması

Uçuş mesafesi ( $y_u$ ) incelendiğinde, ikili karşılaştırmalarda; GÇ ( $2,59 \pm 0,40$  m) ile ATÇ ( $3,03 \pm 0,37$  m) arasında ( $p < 0,05$ ) düzeyinde ATÇ lehine anlamlı bir fark bulunmuştur (Şekil 4.3.).



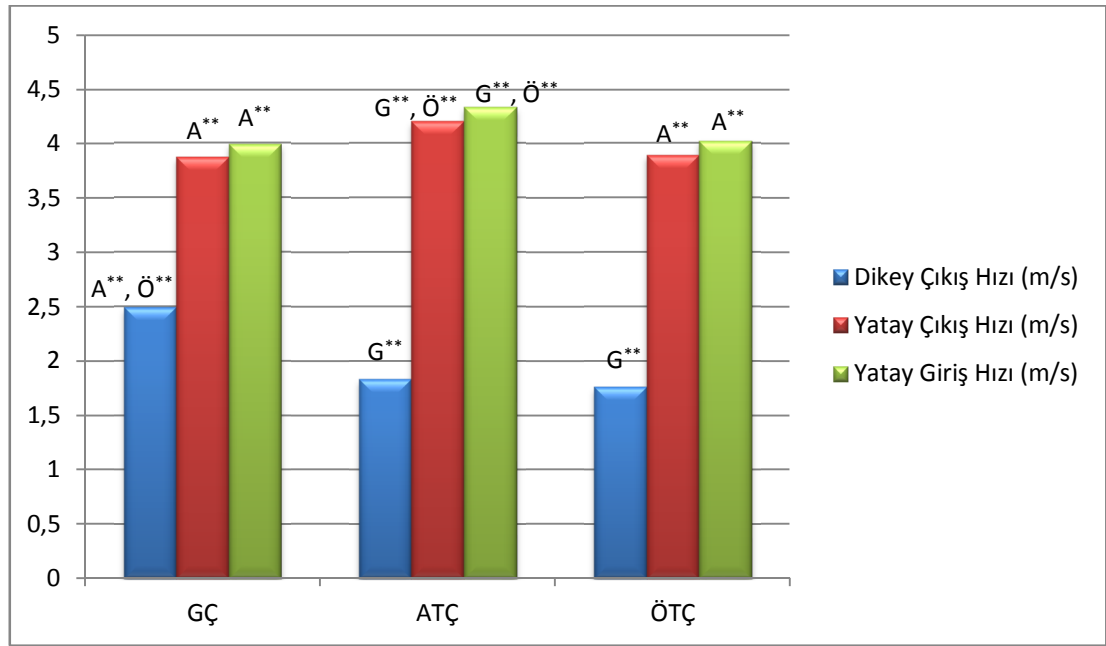
G : GÇ ile istatistiksel olarak anlamlı fark  
A : ATÇ ile istatistiksel olarak anlamlı fark  
Ö : ÖTÇ ile istatistiksel olarak anlamlı fark  
\* :  $p < 0,05$  düzeyinde anlamlı fark  
\*\* :  $p < 0,01$  düzeyinde anlamlı fark

Şekil 4.3. Üç çıkış metodunun uçuş mesafesi açısından karşılaştırılması

Bloktan çıkış hızının yatay bileşeni ( $v_{çy}$ ) incelendiğinde, ikili karşılaştırmalarda; ATÇ ( $4,20 \pm 0,25$  m/s) ile GÇ ( $3,87 \pm 0,11$  m/s) ve ÖTÇ ( $3,89 \pm 0,07$  m/s) arasında ( $p < 0,01$ ) düzeyinde ATÇ lehine anlamlı farklar bulunmuştur.

Bloktan çıkış hızının dikey bileşeni ( $v_{çz}$ ) incelendiğinde, ikili karşılaştırmalarda; GÇ ( $2,49 \pm 0,17$  m/s) ile ÖTÇ ( $1,76 \pm 0,07$  m/s) ve ATÇ ( $1,83 \pm 0,32$  m/s) arasında ( $p < 0,01$ ) düzeyinde GÇ lehine anlamlı farklar bulunmuştur.

Suya giriş hızının yatay bileşeni ( $v_{gy}$ ) incelendiğinde, ikili karşılaştırmalarda; ATÇ ( $4,33 \pm 0,15$  m/s) ile GÇ ( $3,99 \pm 0,07$  m/s) ve ÖTÇ ( $4,02 \pm 0,11$  m/s) arasında ( $p < 0,01$ ) düzeyinde ATÇ lehine anlamlı farklar bulunmuştur.

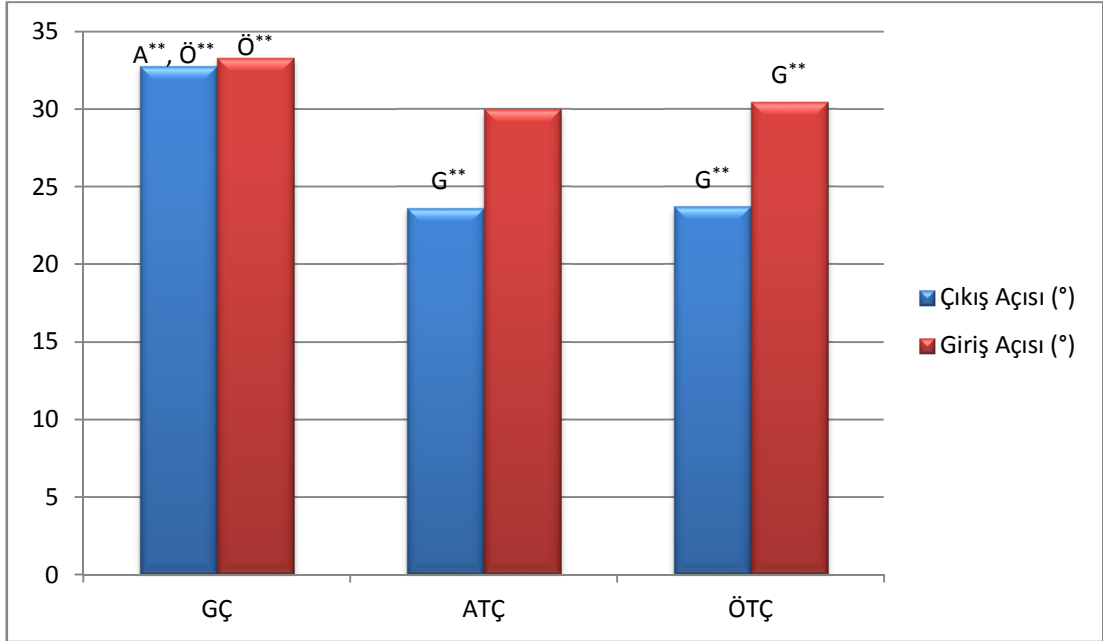


G : GÇ ile istatistiksel olarak anlamlı fark  
A : ATÇ ile istatistiksel olarak anlamlı fark  
Ö : ÖTÇ ile istatistiksel olarak anlamlı fark  
\* :  $p < 0,05$  düzeyinde anlamlı fark  
\*\* :  $p < 0,01$  düzeyinde anlamlı fark

Şekil 4.4. Üç çıkış metodunun dikey çıkış, yatay çıkış, yatay giriş hızı açısından karşılaştırılması

Bloktan çıkış açısı ( $\theta_c$ ) incelendiğinde, ikili karşılaştırmalarda; GÇ ( $32,77 \pm 3,82^\circ$ ) ile ATÇ ( $23,60 \pm 4,89^\circ$ ) ve ÖTÇ ( $23,71 \pm 4,59^\circ$ ) arasında ( $p < 0,01$ ) düzeyinde anlamlı farklar bulunmuştur.

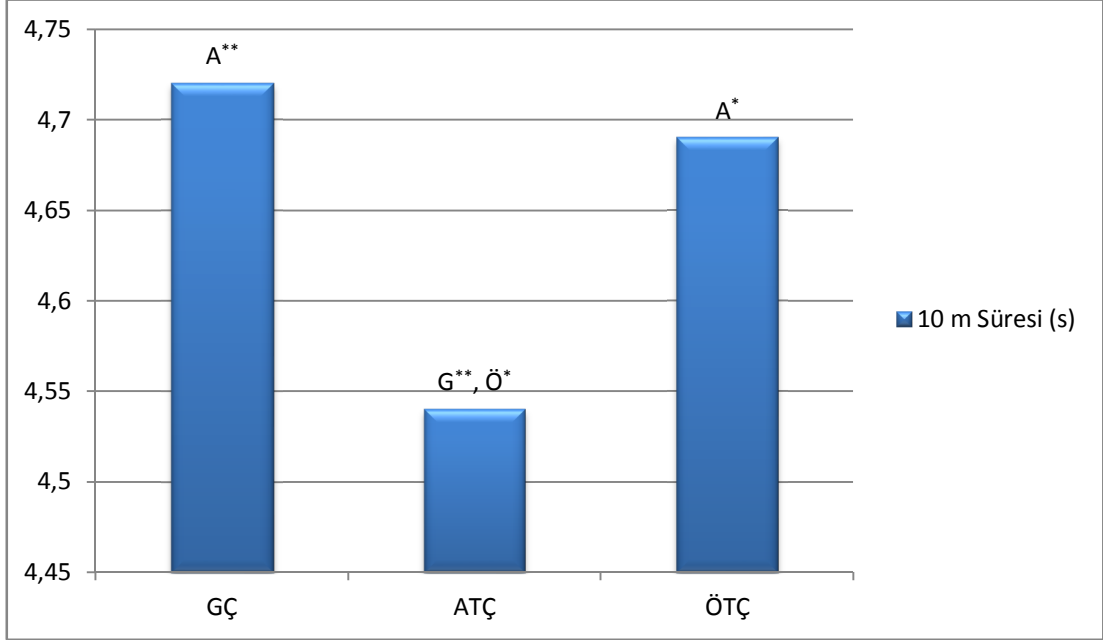
Suya giriş açısı ( $\theta_g$ ) incelendiğinde, ikili karşılaştırmalarda; GÇ ile ( $33,28 \pm 5,24^\circ$ ) ÖTÇ ( $30,44 \pm 5,35^\circ$ ) arasında ( $p < 0,01$ ) düzeyinde anlamlı bir fark bulunmuştur.



G : GÇ ile istatistiksel olarak anlamlı fark  
A : ATÇ ile istatistiksel olarak anlamlı fark  
Ö : ÖTÇ ile istatistiksel olarak anlamlı fark  
\* :  $p < 0,05$  düzeyinde anlamlı fark  
\*\* :  $p < 0,01$  düzeyinde anlamlı fark

Şekil 4.5. Üç çıkış metodunun çıkış ve giriş açısı bakımından karşılaştırılması

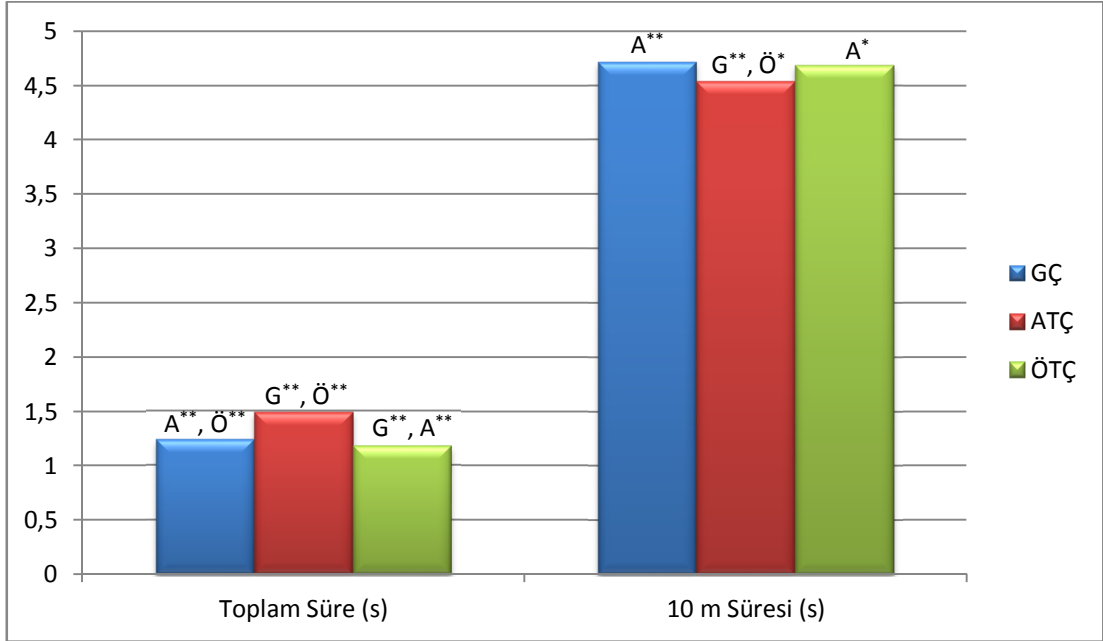
10 m süresi ( $t_{10m}$ ) incelendiğinde, ikili karşılaştırmalarda; ATÇ ( $4,54 \pm 0,13$  s) ile GÇ ( $4,72 \pm 0,12$  s) arasında ( $p < 0,01$ ) düzeyinde, ÖTÇ ( $4,69 \pm 0,10$  s) arasında ( $p < 0,05$ ) düzeyinde ATÇ lehine anlamlı farklar bulunmuştur (Şekil 4.6.).



G : GÇ ile istatistiksel olarak anlamlı fark  
A : ATÇ ile istatistiksel olarak anlamlı fark  
Ö : ÖTÇ ile istatistiksel olarak anlamlı fark  
\* :  $p < 0,05$  düzeyinde anlamlı fark  
\*\* :  $p < 0,01$  düzeyinde anlamlı fark

Şekil 4.6. Üç çıkış metodunun 10 m süresi açısından karşılaştırılması

GÇ, ATÇ ve ÖTÇ'nin toplam süre ve 10 m süresini açısından karşılaştırılması (Şekil 4.7.).



G : GÇ ile istatistiksel olarak anlamlı fark  
A : ATÇ ile istatistiksel olarak anlamlı fark  
Ö : ÖTÇ ile istatistiksel olarak anlamlı fark  
\* :  $p < 0,05$  düzeyinde anlamlı fark  
\*\* :  $p < 0,01$  düzeyinde anlamlı fark

Şekil 4.7. Üç çıkış metodunun toplam süre ve 10 m süresi açısından karşılaştırılması

## TARTIŞMA

Kinematik yaklaşımla, yüzmede grab çıkış, ön ağırlık merkezli track çıkış ve arka ağırlık merkezli track çıkışın performans etkisinin araştırılması amacıyla yapılan bu çalışmanın benzer diğer çalışmalar ile ilişkilendirilmesi aşağıda bölümler halinde yapılmıştır.

Reaksiyon süresinin ( $t_r$ ) kısa olması, yüzücülerin çıkışa erken başlayarak rakiplerine üstünlük sağlamanın etkili bir unsurudur. Bu çalışmada reaksiyon süresi açısından, GÇ'nin ÖTÇ'ye göre daha avantajlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır ( $p < 0,05$ ). Vantorre vd. (35) GÇ ve ÖTÇ'yi karşılaştırmışlar, reaksiyon süresinde anlamlı bir farklılığa rastlamamışlardır. Blanksby vd. (18) de aynı şekilde anlamlı bir farka ulaşamamışlardır. Ancak, belli bir antrenman sürecinden sonra bu sürelerin anlamlı bir şekilde azalacağını tespit etmişlerdir. Vilas - Boas vd. (28) ise GÇ'nin reaksiyon süresinin, ÖTÇ'ye oranla daha kısa olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Ulaştıkları sonuç, bu çalışmanın sonucuyla örtüşmektedir. ATÇ ile ÖTÇ arasında, ATÇ lehine anlamlı bir fark bulunmuştur ( $p < 0,01$ ). Vilas - Boas vd. (28) ÖTÇ ve ATÇ'yi karşılaştırmışlar ve anlamlı bir farka ulaşamamışlardır. Genel olarak reaksiyon süresi söz konusu olunca ÖTÇ'nin dezavantajı hemen göze çarpmaktadır, ancak reaksiyon süresi düzenli antrenmanlarla geliştirilebilir bir parametredir. Teknik gereklilikler tam olarak yerine getirilip motor hareket haline dönüştürülürse, yüzücülerin nasıl atlayacaklarına değil, sadece çıkış sinyaline konsantre olmaları sağlanırsa, sinyale verecekleri tepki süresi azalabilir.

Yüzücünün rakiplerine avantaj sağlayabilmesi için itme süresinin ( $t_i$ ) kısa olması istenen bir durumdur. GÇ ile ATÇ arasında GÇ lehine; GÇ ile ÖTÇ arasında ÖTÇ lehine; ATÇ ile ÖTÇ arasında ÖTÇ lehine anlamlı farklar bulunmuştur ( $p < 0,01$ ). Vilas - Boas vd. (28) ATÇ ve GÇ'nin itme süresinde anlamlı bir farklılığa rastlamamışlardır. Vilas - Boas vd. (28), Vantorre vd. (35) GÇ ve ÖTÇ metodlarını, itme süresi açısından karşılaştırmışlar ve ÖTÇ'nin daha hızlı olduğunu bulmuşlardır. Blanksby vd. (18), Nikodelis ve Kollias (26) ise, anlamlı bir farklılık bulamamışlardır. Genel olarak itme süresi karşılaştırıldığında, en hızlı olan ÖTÇ, daha sonra GÇ gelir. ATÇ ise en yavaş olanıdır. Bunun sebebi ise ağırlık merkezinin bloğun arka kısmından ön kısmına gelinceye kadar süre kaybedilmesine bağlanabilir.

Blok süresinin ( $t_b$ ) az olması bir avantajdır. GÇ ile ATÇ arasında GÇ lehine anlamlı bir fark bulunmuşken ( $p < 0,01$ ), GÇ ile ÖTÇ arasında ÖTÇ lehine anlamlı bir fark bulunmuştur ( $p < 0,01$ ). Diğer taraftan, ATÇ ile ÖTÇ arasında ÖTÇ lehine istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ( $p < 0,01$ ). Ayalon vd. (6), Welcher ve George (21), Allen vd. (19), Guimares ve Hay (12), Zatsiorsky vd. (49), Issurin ve Verbitsky (25), Welcher vd. (23), ÖTÇ'yi kullanan yüzücülerin GÇ'yi kullananlara göre bloğu belirgin bir şekilde erken terk ettiklerini bulmuşlardır. Thanopoulos vd. (37), Blanksby vd. (18), Vantorre vd. (35), Miller vd. (29), Vilas - Boas vd. (28) ise



bu iki metodun blokta harcadıkları sürede anlamlı bir fark bulamışlardır. Welcher vd. (23), Vilas - Boas vd. (28) blok süresi konusunda ÖTÇ'nin ATÇ'ye oranla daha hızlı olduğunu bulmuşlardır. Bu sonuç, bu çalışmanın sonuçlarını destekler niteliktedir.

Uçuş süresinin ( $t_u$ ) kısa olması, uçuş mesafesini düşürmediği sürece bir avantajdır. Bu çalışmada, yapılan üç çıkış metodu arasında uçuş süresi bakımından anlamlı bir fark bulunmamıştır. Jorgic vd. (34), Vilas - Boas vd. (28), Miller vd. (29), Vantorre vd. (35), Blanksby vd. (18), Thanopoulos vd. (37) yaptıkları çalışmalarında, bu üç çıkış metodunun uçuş süreleri arasında fark bulamamışlardır. Diğer taraftan, Allen vd. (19) ÖTÇ'yi kullanan yüzücülerin daha uzun süre havada kaldıklarını bulmuşlardır.

Uçuş mesafesi aynı kalmak koşuluyla toplam sürenin kısa olması istendik bir durumdur. Suya giriş anına kadar olan toplam süre ( $t_t$ ) karşılaştırıldığında, GÇ ile ATÇ arasında GÇ lehine fark bulunmuştur ( $p < 0,01$ ). Welcher vd. (23), Vilas - Boas vd. (28) GÇ ile ATÇ'yi karşılaştırmış ve suya giriş anına kadar geçen toplam sürenin fark etmediğini belirtmişlerdir. GÇ ile ÖTÇ arasında ÖTÇ lehine anlamlı bir fark bulunmuştur ( $p < 0,01$ ). Vantorre vd. (37) de bu çalışmayla örtüşen sonuçlar elde etmişlerdir. Öte yandan, Vilas - Boas vd. (28), Welcher vd. (23), Miller vd. (29) bu iki metod arasında, suya giriş anına kadar geçen toplam süre açısından anlamlı bir farka rastlamamışlardır. ATÇ ile ÖTÇ arasında ÖTÇ lehine anlamlı bir fark bulunmuştur ( $p < 0,01$ ). Vilas - Boas vd. (28) de elde edilen değerlerle benzer sonuçlar bulmuşlardır. Welcher vd. (23) ise bu iki metod arasında, suya giriş anına kadar geçen toplam sürede anlamlı bir fark bulamamışlardır.

Uçuş mesafesi ( $y_u$ ) incelendiğinde GÇ ile ATÇ arasında ATÇ lehine anlamlı bir fark bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Blanksby vd. (18), Miller vd. (29), Chen ve Tang (31), Jorgic vd. (34), Thanopoulos vd. (37), GÇ ile ÖTÇ metodunun uçuş mesafesini kıyaslamışlar, fakat sadece Chen ve Tang (31) GÇ'nin uçuş mesafesinin daha uzun olduğunu bulmuşlar, diğerleri bu iki metod arasında anlamlı bir fark bulamamışlardır.

Bloktan çıkış hızının yatay bileşeni ( $v_{cy}$ ) incelendiğinde, ATÇ ile GÇ ve ÖTÇ arasında ATÇ lehine anlamlı farklar bulunmuştur ( $p < 0,01$ ). Welcher vd. (23) de bu çalışmayla benzer sonuçlar elde etmişler; ATÇ'nin her iki metoda da yatay çıkış hızı bakımından üstün geldiğini bulmuşlardır. Vilas - Boas vd. (28), GÇ, ÖTÇ ve ATÇ'yi karşılaştırmışlar, ATÇ ve GÇ'nin yatay çıkış hızının, ÖTÇ'ninkine oranla daha büyük olduğunu bulmuşlardır. Yine Vilas - Boas vd. (28) ATÇ ve ÖTÇ'yi karşılaştırmışlar ve ATÇ'de yatay çıkış hızının üstünlüğü sonucunu elde etmişlerdir. Nikodelis ve Kollias (26), Jorgic vd. (34) ise ÖTÇ ve GÇ'yi karşılaştırmışlar fakat yatay çıkış hızlarında herhangi bir farka rastlamamışlardır.

Bloktan çıkış hızının dikey bileşeni ( $v_{cz}$ ) incelendiğinde, GÇ ile ÖTÇ ve ATÇ arasında GÇ lehine anlamlı farklar bulunmuştur ( $p < 0,01$ ). Vilas - Boas vd. (28), bu üç çıkış metodu arasında, dikey çıkış hızı bakımından anlamlı bir farklılığa rastlamamışlardır.

Bu çalışmada, suya giriş hızının yatay bileşeni ( $v_{gy}$ ) incelendiğinde, ATÇ ile GÇ ve ÖTÇ arasında ATÇ lehine anlamlı farklar bulunmuştur ( $p < 0,01$ ). Vilas - Boas vd. (28), ATÇ ve ÖTÇ arasında, suya giriş hızının yatay bileşeni açısından, ATÇ lehine anlamlı bir fark elde etmişlerdir.

Çalışmada, çıkış ve giriş açıları incelendiğinde, bloktan çıkış açısı ( $\theta_c$ ) bağlamında, GÇ ile ATÇ ve ÖTÇ arasında anlamlı farklar bulunmuş ( $p < 0,01$ ); suya giriş açısı ( $\theta_g$ ) incelendiğinde ise, GÇ ile ÖTÇ arasında anlamlı bir fark bulunmuştur ( $p < 0,01$ ). Buna göre araştırmada GÇ'nin, çıkış açısının diğer metotlarınkinden büyük olduğu, ancak giriş anında bu açılar arasındaki farkın belli bir oranda kapandığı bulunmuştur. Miller vd. (29), Nikodelis ve Kollias (26), Jorgic vd. (34), Thanopoulos vd. (37), GÇ ile ÖTÇ metotlarını karşılaştırmış çıkış açısı parametresinde Jorgic vd. (34), ÖTÇ'de daha küçük bir çıkış açısı kullanıldığını, Miller vd. (29) daha büyük bir çıkış açısı kullanıldığını, Nikodelis ve Kollias (26) ise bu iki metot arasında fark olmadığını bulmuşlardır. Giriş açısında ise, Jorgic vd. (34) ve Thanopoulos vd. (37) bu iki metot arasında fark olmadığını, Miller vd. (29) ise GÇ'nin, giriş açısının daha küçük olduğunu bulmuşlardır. Vilas - Boas vd. (28), ATÇ ile ÖTÇ'yi karşılaştırmış ve iki metodun giriş açıları arasında anlamlı bir farklılığa rastlamamışlardır. Bloktan çıkış açısı ne kadar küçük olursa, yatay çıkış hızı ve yatay erim de nispeten büyük olur, bu istenen bir durumdur. Ama suya giriş açısı, çıkış açısından etkilenir ve eğer giriş açısı küçük olursa, yüzücüler kayma evresinde o kadar fazla su direnciyle karşılaşır. Bunu engellemek için de uçuş evresinde havada pike yaparlar ki suya daha dik bir açıyla girebilsinler. Ancak bu açının çok dik olması, yüzücülerin gereğinden fazla derine inmesine ve tekrar yüze çıkmak için vakit kaybetmelerine sebep olur. Bu yüzden optimum bir açıyla suya giriş yapılmalıdır.

10 m süresinin ( $t_{10m}$ ) kısa olması çıkış performansında en belirleyici unsurdur. Çıkışların etkinliği; 1,52 m'den, 25 m'ye kadar ölçülmüştür (6, 7, 9, 12, 13, 18, 21, 23, 25, 28, 35, 36, 117, 118). Ancak son bulgular, elit yüzücülerin çıkış performans ölçümlerinin en iyi kriterinin, 10 m süresi olduğunu göstermiştir (15, 18, 119, 120). Havriluk (121) yüzücülerin 8,7 m ile 11,7 m arasında sabit hıza ulaştıklarını bulmuştur. 10 m süresi; blok süresi, uçuş süresi ve kayma süresini içerir (33). ATÇ ile GÇ ( $p < 0,01$ ) ve ÖTÇ ( $p < 0,05$ ) arasında, ATÇ lehine anlamlı farklar bulunmuştur. Diğer taraftan, GÇ ile ÖTÇ arasında anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır. Councilman vd. (13), Blanksby vd. (16) de benzer şekilde bu iki çıkış metodu arasında bir farklılık bulamamışlardır.

Ayalon vd. (6) çıkıştan 5 metrelik bir mesafe sonrasında, GÇ ile ÖTÇ arasında zaman farkı bulamamışlardır. Councilman vd. (13) bir çalışmada, çıkıştan 5, 10 ve 12,5 metreye kadarki hızlarda fark bulamamıştır. Vilas - Boas vd. (28) GÇ, ÖTÇ ve ATÇ'yi karşılaştırmışlar, 6.07 m'de zaman farkına rastlamamışlardır. Vantorre vd. (35), GÇ ve ÖTÇ'nin 15 m sürelerinde anlamlı bir farklılığa ulaşamamışlardır. Welcher ve George (21)'un yaptığı bir araştırmada yüzücüler ÖTÇ ile bloğu belirgin bir şekilde daha hızlı terk etmişler (0,07 s) ve 5 metreye kadar bu avantajın çoğunu korumuşlardır (0,06 s). Welcher vd. (23) GÇ, ÖTÇ ve ATÇ'yi karşılaştırmışlar ve yüzücünün başının 5 m ve 7,5 m'ye ulaşma

süresinde anlamlı bir fark bulamamışlar, ancak trochanterin 5 m'ye ulaşma süresinde, ÖTÇ'nin, GÇ'ye göre daha hızlı olduğunu bulmuşlardır. Zatsiorsky vd. (49)'nin bir çalışmada; çıkıştan 5,5 metre mesafede ÖTÇ'nin, GÇ'den belirgin olarak daha yavaş olduğunu bulmuşlardır. Moghe vd. (36) yaptıkları araştırmada GÇ'nin 15 m süresinde, ÖTÇ ve ATÇ metoduna da üstün geldiğini bulmuşlardır. Issurin ve Verbitsky (25), GÇ ve ÖTÇ'nin 15 m süresini karşılaştırmışlar ancak sadece, bayanlar 800 m krawl, 100 ve 200 m kurbağalama, 100 ve 200 m kelebekte ÖTÇ'nin daha hızlı olduğunu bulmuşlar; diğer kategorilerde ve erkeklerde herhangi bir farklılığa rastlamamışlardır.

## SONUÇLAR

Reaksiyon süresi ( $t_r$ ) ile ilişkili olarak GÇ'nin, ÖTÇ'ye göre daha avantajlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır ( $p < 0,05$ ). ATÇ ile ÖTÇ arasında, ATÇ lehine (daha kısa) anlamlı bir fark bulunmuştur ( $p < 0,01$ ).

İtme süresi ( $t_i$ ) incelendiğinde, GÇ ile ATÇ arasında GÇ lehine; GÇ ile ÖTÇ arasında ÖTÇ lehine; ATÇ ile ÖTÇ arasında ÖTÇ lehine (daha kısa) anlamlı farklar bulunmuştur ( $p < 0,01$ ).

Blok süresi ( $t_b$ ) incelendiğinde, GÇ ile ATÇ arasında GÇ lehine anlamlı bir fark bulunmuşken ( $p < 0,01$ ), ÖTÇ ile GÇ ve ATÇ arasında ÖTÇ lehine (daha kısa) anlamlı bir fark bulunmuştur ( $p < 0,01$ ).

Yapılan üç çıkış metodu arasında uçuş süresi ( $t_u$ ) ile ilişkili olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Suya giriş anına kadar geçen toplam süre ( $t_t$ ) incelendiğinde, GÇ ile ATÇ arasında GÇ lehine fark bulunmuştur ( $p < 0,01$ ). ÖTÇ ile GÇ ve ATÇ arasında ÖTÇ lehine (daha kısa) anlamlı bir fark bulunmuştur ( $p < 0,01$ ).

Uçuş mesafesi ( $y_u$ ) incelendiğinde, GÇ ile ATÇ arasında, ATÇ lehine (daha uzun) anlamlı bir fark bulunmuştur ( $p < 0,05$ ).

Bloktan çıkış hızının yatay bileşeni ( $v_{cy}$ ) incelendiğinde, ATÇ ile GÇ ve ÖTÇ arasında ATÇ lehine (daha büyük) anlamlı farklar bulunmuştur ( $p < 0,01$ ).

Bloktan çıkış hızının dikey bileşeni ( $v_{cz}$ ) incelendiğinde, GÇ ile ÖTÇ ve ATÇ arasında, GÇ lehine (daha büyük) anlamlı farklar bulunmuştur ( $p < 0,01$ ).

Suya giriş hızının yatay bileşeni ( $v_{gy}$ ) incelendiğinde, ATÇ ile GÇ ve ÖTÇ arasında ATÇ lehine (daha büyük) anlamlı farklar bulunmuştur ( $p < 0,01$ ).

Çalışmada çıkış ve giriş açıları incelendiğinde bloktan çıkış açısı ( $\theta_c$ ) bağlamında, GÇ ile ÖTÇ ve ATÇ arasında anlamlı farklar bulunmuş ( $p < 0,01$ ); suya giriş açısı ( $\theta_g$ ) incelendiğinde ise, GÇ ile ÖTÇ arasında anlamlı bir fark bulunmuştur ( $p < 0,01$ ). Buna göre araştırmada GÇ'nin, çıkış açısının diğer metotlarından büyük olduğu, ancak giriş anında bu açılar arasındaki farkın belli bir oranda kapandığı bulunmuştur.

Yüzücülerin ilk 10 m performansları ( $t_{10m}$ ) incelendiğinde, ATÇ ile GÇ ( $p < 0,01$ ) ve ÖTÇ ( $p < 0,05$ ) arasında, ATÇ lehine (daha kısa) anlamlı farklar bulunmuştur. Diğer taraftan, GÇ ile ÖTÇ arasında anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır.

Sonuç olarak iyi bir çıkış performansı için, olabildiğince az bir blok ve uçuş süresi, uzun bir uçuş mesafesi, çıkış anında ve suya giriş anında özellikle yatay hızın yüksek olması, optimum bir çıkış açısı, suya girişte yatay hızın büyük oranda kaybolmasına neden olan su direncini azaltacak bir giriş açısı gereklidir.

Bu araştırmada elde edilen veriler doğrultusunda, ATÇ'nin blok süresi ve uçuş süresindeki dezavantajı, ağırlığın arka ayak üstünde olması ve çıkış hareketinin arka ayaktan başlaması nedeniyle, çıkış hızının yatay bileşeninin ve dolayısıyla uçuş mesafesinin artmasıyla avantaja dönüşmüştür. Ayrıca optimum bir çıkış açısı ve sonrasında optimum bir giriş açısıyla, kazanılan bu yatay hızın, kayma evresinde, su direnciyle kaybedilmemesi, ATÇ'yi diğer metotlardan üstün kılmıştır. ATÇ'nin, çıkış performansının temel kriteri olan 10 m süresinin, diğer metotlardan belirgin bir şekilde kısa olması bunun en büyük göstergesidir. Bu sonuca kinematik olarak sabit veriler neticesinde varılmıştır.

## KAYNAKLAR

1. Tanrıvermiş E. Ankara Koşullarında Suya Dayalı Rekreasyon - Spor Faaliyetlerinin Planlanması Üzerine Bir Araştırma. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, 2000; 89-92.
2. Thayer AL, Hay JG. Motivating Start and Turn Improvement. *Swimming Technique*, 1984; 20 (4): 17-20.
3. Maglischo EW. *Swimming Fastest*. Human Kinetics, Champaign IL, 2003.
4. Nützel W, Thoma A. Measuring Force - Time Variation in Competitive Racing Dives. *Reports in Applied Measurement*, 1986; 2 (1): 5-9.
5. Beritzhoff ST. The Realative Effectiveness of Two Breast Stroke Starting Techniques among Selected İntercollegiate Swimmers. Masters Thesis, California State University, Chico, CA, 1974.
6. Ayalon A, Van Gheluqe B, Kanitz M. A Comparison of Four Styles of Racing Start in Swimming. In: Lequillie L, Clarys JP. (Eds). *Swimming II*. University Park Press, Baltimore, 1975; 233-240.
7. Bowers JE, Cavanagh R. A Biomechanical Comparison of the Grab and Conventional Starts in Competitive Swimming. In: Lewillie L, Clarys JP. (Eds.). *Swimming II*. University Park Press, Baltimore, 1975.
8. Shierman G. The Grab and Conventional Swimming Starts: A Force Analysis. *Journal of Sports Medicine*, 1979; 19: 171-180.
9. Zatsiorsky VM. *Kinetics of Human Motion*. Human Kinetics, Champaign IL, 2002.
10. Wilson DS, Marino GW. Kinematic Analysis of Three Starts. *Swimming Technique*, February-April, 1983; 30-34.
11. Miller JA, Hay JG, Wilson BD. Starting Technique of Elite Swimmers. *Journal of Sports Sciences*, 1984; 2: 213-223.
12. Guimares ACS, Hay JG. A Mechanical Analysis of the Grab Starting Technique in Swimming. *International Journal of Sport Biomechanics*, 1985; 1: 25-35.

13. Counsilman JE, Counsilman BE, Nomura T, Endo M. Three Types of Grab Starts for Competitive Swimming. In: Ungerechts BE, Wilke K, Reischle K. (Eds.). *Swimming V. Human Kinetics*, Champaign IL, 1988.
14. Kirner KE, Bock MA, Welch JH. A Comparison of Four Different Start Combinations. *Journal of Swimming Research*, 1989; 5 (2): 5-11.
15. Arellano R, Garcia F, Gavilain A, Pardillo S. Temporal Analysis of the Starting Technique in Freestyle Swimming. In: Abrantes JMCS. (Ed.). *Proceedings of the XIV Symposium on Biomechanics in Sports*, Lisbon, 1996a; 289-292.
16. Arellano R, Moreno FJ, Martinez M, Ona A. A Device for Quantitative Measurement of Starting Time in Swimming. In: Troup JP, Hollander AP, Strasse D, Trappe SW, Cappaert JM, Trappe TA. (Eds.). *Biomechanics and Medicine in Swimming VII*. London, 1996b; 195-200.
17. Blanksby BA, Gathercole DG, Marshall RN. Force Plate and Video Analysis of the Tumble Turn by Agegroup Swimmers. *Journal of Swimming Research II*, 1996; 40-45.
18. Blanksby B, Nicholson L, Elliott B. Biomechanical Analysis of the Grab, Track and Handles Starts: An Intervention Study. *Sports Biomechanics*, 2002; 1 (1): 11-24.
19. Allen D, Miller M, Pein R, Oyster C. A Kinetic and Kinematic Comparison of the Grab Start and Track Start in Swimming. *Research Quarterly in Exercise Science*, (Suppl.), A-15 (Abstract), 1999.
20. Pearson CT, McElroy GK, Blitvich JD, Subic A, Blanksby BA. A Comparison of the Swimming Start Using Traditional and Modified Starting Blocks. *Journal of Human Movement Studies*, 1998; 34: 49-66.
21. Welcher RL, George TR. A Comparison of Water Velocities of Three Starts in Competitive Swimming. VIII International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming. In: Keskinen KL, Komi PV, Pitkanen PL. (Eds.). University of Jyvaskyla, Helsinki, Finland, 1998; 151.
22. Welcher RL, Hinrichs RN, George TR. An Analysis of Velocity and Time Characteristics of Three Starts in Competitive Swimming. Paper presented at the XVII Congress of the International Society of Biomechanics, Calgary, Canada, 1999.
23. Welcher RL, Hinrichs RN, George TR. Front- or Rear-Weighted Track Start or Grab Start: Which Is the Best for Female Swimmers? *Sport Biomechanics*, 2008; 7 (1): 100-113.

24. Krüger T, Wick D, Hohmann A, El-Bahrawi M, Koth A. Biomechanics of the Grab and Track Start Technique. *Biomechanics and Medicine in Swimming IX. Proceeding of the IX International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming.* 21-23 June 2002, University of Saint-Etienne, 2003; 219-223.
25. Issurin V, Verbitsky O. Track Start vs. Grab Start: Evidence of The Sydney Olympic Games. *Biomechanics and Medicine in Swimming IX.* In: Chatard JC. (Ed.). *Proceedings of the IX International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming.* 21-23 June 2002. University of Saint-Etienne, France, 2003; 213-218.
26. Nikodelis T, Kollias H. Kinematic Differences between Grab and Track Swimming Starts. *Inquiries in Sport & Physical Education*, 2003; 1 (1): 27-35.
27. Breed RP, Young WB. The Effect of A Resistance Training Programme on the Grab, Track and Swing Starts in Swimming. *Journal of Sports Sciences*, 2003; 21: 213-220.
28. Vilas-Boas JP, Jo Cruz M, Sousa F, Conceicao F, Fernandes R, Carvahlo JM. Biomechanics Analysis of Ventral Swimming Starts: Comparison of the Grab Start with Two Track Start Techniques. *Biomechanics and Medicine in Swimming IX.* JC Chatard (ed.) *Proceedings of the IX International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming.* 21-23 June 2002. University of Saint Etienne, France, 2003; 249-253.
29. Miller M, Allen D, Pein R. A Kinetic And Kinematic Comparison of the Grab and Track Starts in Swimming. *Biomechanics and Medicine in Swimming IX.* *Proceeding of the IX International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming.* University of Saint-Etienne, France, 2003; 231-235.
30. Bampouras TM, Robinson M, Marrin. Phase Comparison of the Track and Grab Swimming Start in Novices. *13<sup>th</sup> International Congress on Physical Education and Sport.* 20-22 April 2004. Democraticus University of Thrace, Komotini, Greece, 2004.
31. Chen S, Tang W. The Comparison of Effectiveness between Grab Start and Track Start in Competitive Swimming. In *ISB XXth Congress - ASB 29th Annual Meeting Cleveland.* Book of proceedings, 2005; 884.
32. Orhan B. Kinematik Yaklaşımla Yüzmede Grab Çıkış ile Normal Çıkışın Performansa Etkisinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, 2006.
33. Galbraith H, Scurr J, Hencken L, Wood L, Graham-Smith P. Biomechanical Comparison of the Track Start and the Modified One-Handed Track Start in



- Competitive Swimming: An intervention study. *Journal of Applied Biomechanics*, 2008; 24: 307-315.
34. Jorgic B, Miloš P, Ratko S, Tomislav O, Saša B, Radoslav B. The Kinematic Analysis of The Grab and Track Start In Swimming. *Physical Education and Sport*, 2010; 8 (1): 31-36.
  35. Vantorre J, Seifert L, Fernandes RJ, Vilas-Boas JP, Chollet D. Biomechanical Influence of Start Technique Preference for Elite Track Starters in Front Crawl. *The Open Sports Sciences Journal*, 2010; 3: 137-139.
  36. Moghe GL, Deshmukh PN, Humbe AB. A Comparative Study of Grab Start and Forward Weighted Track Start in Competitive Swimming. *Hi-Tech Research Analysis*, 2011; 1 (2): 84-88.
  37. Thanopoulos V, Rozi G, Okičić T, Dopsaj M, Jorgić B, Madić D, Veličković S, Milanović Z, Spanou F, Batis E. Differences in the Efficiency between the Grab and Track Starts for Both Genders in Greek Young Swimmers. *Journal of Human Kinetics*, 2012; 32: 43-51.
  38. Hanauer E. The Grab Start. *Swimming World and Junior Swimmer*, 1967; 8: 5.
  39. Winters CN. A Comparison of the Grip Start in Competitive Swimming. Master's Thesis, Southeast Missouri State College, Cape Girardeau, MO, 1968.
  40. Jorgenson LW. A Cinematographical and Descriptive Comparison of Three Selected Freestyle Racing Starts in Competitive Swimming. Doctoral Dissertation, Louisiana State University, Baton Rouge, LA, 1971.
  41. Roffer BJ, Nelson KC. The Grab Start Is Faster. *Swimming Technique*, 1972; 8: 101-102.
  42. Michaels RA. A Time - Distance Comparison of the Conventional and the Grab Start. *Swimming Technique*, 1973; 10: 16-17.
  43. Van Slooten PH. An Analysis of Two Forward Swim Starts Using Cinematography. *Swimming Technique*, 1973; 10: 85-88.
  44. Cavanagh PR, Palmgren JV, Kerr BA. A Device to Measure Forces at the Hand During the Grab Start in Swimming. In *international Series on Sport Sciences, Vol. 2. Swimming II*, edited by Lewillie L, Clarys JP, University Park Press, Baltimore, 1975; 43-50.
  45. Thorsen EA. Comparison of the Conventional and Grab Start in Swimming. *Tidsofkrøft für Legenspueler*, 1975; 39: 130-138.

46. Fitzgerald J. The Track Start in Swimming. *Swimming Technique*, 1973; 10: 89-94.
47. LaRue R. Future Start. *Swimming Technique*, 2, Feb.-May, 1985; 30-32.
48. Rutemiller B. Taper Basics: Fine Tuning Starts and Turns. *Swimming Technique*, February-April, 1995; 14-18.
49. Zatsiorsky VM, Bulgakova NZ, Chaplinsky NM. Biomechanical Analysis of Starting Techniques in Swimming. In Terauds J, Bedingfield EW. (Eds.), *Swimming III*. University Park Press, Baltimore, 1979; 199-206.
50. Allen DM. A Kinetic and Kinematic Comparison of The Grab and Track Start in Swimming. Master Thesis, University of Wisconsin, La Crosse, 1997.
51. Breed RVP, McElroy GK. A Biomechanical Comparison of the Grab, Swing and Track Starts in Swimming. *Journal of Human Movement Studies*, 2000; 39, 277-293.
52. Gambrel DW, Blanke D, Thigpen K, Mellion MB. A Biomechanical Comparison of Two Relay Starts in Swimming. *Journal of Swimming Research*, 1991; 7 (2): 5-9.
53. Açıkada C, Ergen E. *Bilim ve Spor*. Büro Ofset Matbaacılık, Ankara, 1990.
54. Bozdoğan A. *Stilleriyle Temel Yüzme*. Umut Matbaacılık, İstanbul, 2003.
55. Rosenstein M. *Das Wassersport Lexion*, Verlag Weinmann, Berlin, 2001.
56. Mechikoff RA, Esres SG. *A History and Philosophy of Sport and Physical Education from Antient Civilizations to the Modern World*. (4<sup>th</sup> Edit.). Mc Graw Hill, New York, 2006.
57. Senn AE. *Power, Politics and The Olympic Games*. Human Kinetics, Champaign IL, 1999.
58. Sweet WE, Segal E. *Sport and Recreation in Ancient Greece: A Sourcebook with Translations*, Oxford University Press, Oxford, 1987.
59. Katz J, Cohen J. A Global Approach To Aquatics: Including Water Exercise, Recreational Swimming And Synchronized Swimming, With New Theoretical Approaches to Mainstreaming the Abilities in Swimming and Water Exercise, International Congress on Sport and Coaching Sciences, Netanya, 1993; 201.
60. Jennings G. *Water-Based Tourism, Sport Leisure, and Recreation Experiences*, Elsevier, New York, 2007.

61. Maughan RJ, Nadel ER. Temperature Regulation and Fluid and Elektrolyte Balance. Chapter 15. In: Maughan RJ, Editors. Nutrition in Sport. Blackwell Publishing Company, Massachusetts, 2005.
62. Osmond G, Phillips M. ‘The Bloke with A Stroke’, Alick Wickham, the ‘Crawl’ and Social Memory. The Journal of Pacific History, 2004; 39 (3): 309-324.
63. Ertaş Dölek B. Yüzmenin Neden Olduğu Vücut Sıvı Dengesindeki Değişimlerin Yüzme Performansına Etkileri. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2010.
64. Urartu Ü. Yüzme, İnkılap Kitapevi, İstanbul, 1994.
65. Atabeyoğlu C. Türk Yüzme Tarihi. Türk Spor Vakfı Yayınları, İstanbul, 1993.
66. Özmaden M. TİCİ Dönemi Sporla İlgili Gelişmeler ve Dönemin Spor Anlayışı, Atatürk Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi, 2006; 8 (2): 11-25.
67. Türkiye, Yüzme, Atlama, Sutopu Federasyonu, Tarihsel Dokümanlar, Ankara, 2000.
68. Akademi Yüzme Okulu. 08.06.2012 tarihinde aşağıdaki linkten alınmıştır. <http://www.akademiuyuzmeokulu.com/goster.php?id=12>
69. Bozdoğan A. Yüzme. Morpa Kültür Yayınları, İstanbul, 2005.
70. Pehlivan, F. Biyofizik. Hacettepe Taş Kitabevi Yayınları, Ankara, 1989.
71. Halliday D, Resnick R. Fiziğin Temelleri. Çev: Yalçın C. Arkadaş Yayınları, Ankara, 1991.
72. Bulgan Ç. Cirit Atma Tekniğinin Biyomekanik Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, 2005.
73. Hatze H. The Meaning of the Term: “Biomechanics.” Journal of Biomechanics, 1974; 7: 189-190.
74. Açıkada C, Demirel H. Biyomekanik ve Hareket Bilgisi. Anadolu Üniversitesi Açık Öğretim Fakültesi, Eskişehir, 1993.
75. Çetin N. Biyomekanik. Setma Yayımcılık, Ankara, 1997.
76. McGinnis PM. Biomechanics of Sport and Exercise. Human Kinetics, Champaign IL, 1999.

77. Tözeren A. Human Body Dynamics Classical Mechanics and Human Movement (1st Edit.). Springer-Verlag, New York, Inc. 2000.
78. Knudson D. Fundamentals of Biomechanics (2nd Edit.). Springer, New York, 2007.
79. Yeadon MR, Challis JH. Future Directions for Performance Related Research in Sports Biomechanics. The Sports Council, Ancient House Press, Ipswich, London, 1992; 6.
80. İnal S. Spor Biyomekaniği, Temel Prensipler. Nobel Basımevi, İstanbul, 2004; 60-262.
81. Hochmuth G. Biomechanik Sportlicher Bewegungen. Sportverlag, Berlin, 1971.
82. Hay JG. The Biomechanics of Sports Techniques (3<sup>rd</sup> Edit.). Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1985.
83. Hall SJ. Basic Biomechanics (2<sup>nd</sup> Edit.). Mosby-Year Book Inc. 1995.
84. Muratlı S, Toraman F, Çetin E. Sportif Hareketlerin Biyomekanik Temelleri. Bağırğan Yayımevi, Ankara, 2000.
85. Tresilion JR, Oliver J, Carrol TJ. Temporal Precision of Interceptive Action: Differential Effects of Target Size and Speed. Exp. Brain Res, 2003; 148 (4): 425-438.
86. Wirhed R. Athletic Ability and the Anatomy of Motion. Mosby Press, Spain, 1997.
87. Toprak M, Akkın SM. Genel Anatomi Terminolojisi ve Kullanım Özellikleri. İ.Ü. Basımevi ve Film Merkezi, İstanbul, 1993.
88. Hamill JM. Knutzen K. Biomechanical Basis of Human Movement (2<sup>nd</sup> Edit.). Lippincott Williams & Wilkins A Wolters Kluwer Company, Baltimore MD, 2003.
89. April EW. Klinik Anatomi. Çev: Yıldırım M. Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul, 1998.
90. Yıldırım M. Resimli İnsan Anatomisi. Nobel Kitabevi, İstanbul, 2002.
91. Serway AR. Physics (3<sup>rd</sup> Edit.). USA, 1990.
92. Keller FJ, Gettys WE, Skove MJ. Fizik. Çev: Akyüz R, Gülnaz E, Köroğlu B, Nergiz S, Tepehan G. McGraw Hill Literatür 5. İstanbul, 1995.

93. Gürcan S. Genel Fizik. Gündüz Eğitim ve Yayın, Ankara. 1999.
94. Ural O. Fizik I. Oran Yayıncılık, İzmir, 1992.
95. Sarfaty O, Ladin Z. A Video-Based System for the Estimation of the İnertial Properties of Body Segments. Journal of Biomechanics, 1993; 26, 1011-1016.
96. Challis JH. Precision of Human Body Segment İnertial Parameters. Twenty-First Annual Meeting of the American Society of Biomechanics, September 24-27, South Carolina, 1997.
97. Knudsen JM, Hjorth PG. Elements of Newtonian Mechanics. Springer Verlag, Berlin, 2000.
98. Marshall RN, Elliott BC. Biomechanical Analysis Science and Medicine in Sport (Ed. Bloomfield J, Fricker PA, Fitch KD.). Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1995.
99. Hay JG. Biomechanics of Sport Techniques. Printice Hall Inc., Englewood Cliffts, 1978.
100. Morasso PG, Sanguineti V. Human Motion Analysis. Wiley Encyclopedia of Biomedical Engineering, John Wiley, Chichester, 2006.
101. Rosales R, Scarloff S. Specialized Mappings and the Estimation of Human Body Pose From A Single İmage. IEEE Computer Society Workshop on Human Motion, Austin, TX, 2000; 19-24.
102. Ladin Z. Three-Dimensional İstrumentation (Ed. Allard P, Stokes IAF, Blanchi JP.). Three-Dimensional Analysis of Human Movement. Human Kinetics, Champaign IL, 1995, 3-17.
103. İnal HS. Spor Biyomekaniği, Temel Prensipler. 1. Basım. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 2004.
104. Magill RA. Motor Learning Concept and Applications. (7<sup>th</sup> Edit.). Mc Graw Hill Companies, Champaign IL, 2004.
105. Boydağ ŞF. Spor Biyomekaniğinde Temel Fizik Kuralları. Morpa Yayınları, İstanbul, 2005.
106. Ariel G. 'Computerized Biomechanical Analysis of Human Performance'. In: Bluestein JL. (Ed.). Mechanics and Sports, New York, ASME, 1975.
107. Pourcelot P, Audigie F, Degueurce C, Geiger D, Denoix JM. A Method to Synchronise Cameras Using the Direct Linear Transformation Technique. Journal of Biomechanics, 2000; 33: 1751-1754.

108. Abdel-Aziz YI, Karara HM. Direct Linear Transformation from Comparator Coordinates into Object Space Coordinates in Close Range Photogrammetry. The ASP/VI Symposium on Close-Range Photogrammetry, American Society of Photogrammetry, Falls Church, VA. Urbana, 1971; 12: 1.
109. Wood GA, Marshall RN. The Accuracy of DLT Extrapolation in Three-Dimensional Film Analysis. *Journal of Biomechanics*, 1986; 19 (9): 781-785.
110. Bloom JA, Hosler WW, Disch JG. Differences in Flight, Reaction and Movement Time for the Grab and Conventional Starts. *Swimming Technique*, 1978; 15 (2): 34-38.
111. Lewis S. Comparison of Five Swimming Starting Techniques. *Swimming Technique*, 1980; 16 (4): 125-128.
112. Hanauer E. Grab Start. *Swimming World and Junior Swimmer*, 1972; 13 (4): 8-9, 54-55.
113. Spina MS. A Biomechanical Analysis and Comparison of Three Variations of the Grab Start. Master's Thesis, California State University, Chico, CA, 1995.
114. Gubitz H. Zur Qualitativen Bestimmung der Lage des Körperschwerpunkts In: Marhold G, Gutewort W, Hochmuth G. (Hrsg.). *Biomechanische Untersuchungsmethoden im Sport*, Internationales Symposium, 20-22.9.1978, Karl-Marx, 1978; 171-180.
115. Eymen UE. SPSS 15.0 ile Veri Analizi. İstatistik Merkezi Yayınevi, İstanbul, 2007.
116. Saka O. Biyoistatistik Ders Notları. Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi, 2010.
117. Stevenson JR, Moorehouse CA. Influence of Starting Block Angle on the Grab Start in Competitive Swimming. In *Swimming III: Proceedings of the Third International Symposium of Biomechanics in Swimming*, University of Alberta, Edmonton, Alberta, 1979; 207-214.
118. Mason B, Cossor J. What Can We Learn from Competition Analysis at the 1999 Pan Pacific Swimming Championships? In: Sanders R, Hong Y. (Eds.). *Proceedings of XVIII Symposium on Biomechanics in Sports: Applied Program: Application of Biomechanical Study in Swimming*. Hong Kong: Department of Sports Science and Physical Education The Chinese University of Hong Kong, 2000; 75-82.
119. Blitvich JD, McElroy GK, Blanksby BA, Clothier PJ, Pearson CT. Dive depth and water depth in competitive swim starts. *Journal of Swimming Research*, 2000; 14: 33-39.

- 120.** McLean SP, Holthe MJ, Vint PF, Beckett KD, Hinrichs R. Addition of An Approach to A Swimming Relay Start. *Journal of Applied Biomechanics*, 2000; 16: 342-355.
- 121.** Havriluk R. A Criterion Measure for the Swimming Start. In: Hollander P, Huijing P, de Groot G. (Eds.). *Biomechanics and Medicine in Swimming, Proceeding of the Fourth International Symposium of Biomechanics in Swimming*. University Park Press, Baltimore, 1983.

## ÖZGEÇMİŞ

1978 yılında Antalya’da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Antalya’da tamamladı. 2005 yılında Akdeniz Üniversitesi Fen - Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü’nden birincilikle mezun oldu. 2007 yılında Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orta Öğretim Alanlar Tezsiz Yüksek Lisans Programı Fizik Öğretmenliği Bölümü’nü bitirdi. Aynı zamanda özel bir eğitim kurumunda fizik öğretmenliği yaptı. Daha sonra Milli Eğitim Müdürlüğü’ne bağlı bir okulda fen ve teknoloji, matematik ve ingilizce öğretmenlikleri yaptı. 2008 yılında Sosyal Bilimler Enstitüsü Arkeoloji Yüksek Lisans Programı’na başladı. 2009 yılında Akdeniz Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Yüksek Lisans Programı’na kayıt yaptırdı. 2011 yılından beri Akdeniz Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü’nde araştırma görevlisi olarak görevini sürdürmektedir.