

YÜZÜCÜLERDE DOLFIN AYAK VURUŞUNUN KİNEMATİK PERFORMANS DEĞERLERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

ANALYZING THE EFFECT OF DOLPHIN KICK KINEMATIC PERFORMANCE PARAMETERS IN SWIMMERS

Gönderilen Tarih: 13/11/2023
Kabul Edilen Tarih: 24/12/2023

Zeynep BOZDOĞAN KURT

Marmara Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, İstanbul, Türkiye
Orcid: 0000-0001-8710-2525

Nejla GERÇEK

Marmara Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, İstanbul, Türkiye
Orcid: 0000-0003-1024-4394

Ali ÖZÜAK

Marmara Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, İstanbul, Türkiye
Orcid: 0000-0003-1453-4946

Çiğil GÜN GÜLER

Marmara Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, İstanbul, Türkiye
Orcid: 0000-0001-8312-4102

Ekrem ALBAYRAK

Marmara Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, İstanbul, Türkiye
Orcid:0000-0003-4014-2807

Nusret RAMAZANOĞLU

Marmara Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, İstanbul, Türkiye
Orcid: 0000-0002-8056-8194

* Sorumlu Yazar: Zeynep Bozdoğan Kurt, Marmara Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, mail: zeynep.bozdogan@marmara.edu.tr.

Bu çalışma doktora tezinden üretilmiştir ve 1. Uluslararası Uludağ Bilimsel Araştırmalar Kongresinde sözel özet bildiri olarak sunulmuştur.

Yüzücülerde Dolfin Ayak Vuruşunun Kinematik Performans Değerlerine Etkisinin İncelenmesi

ÖZ

Bu çalışmanın amacı, vücut kompozisyonu, alt ekstremite uzunlukları ve ayak bileği eklem hareket açıklarının sualtı dolfin ayak vuruş performansına etkilerinin araştırılmasıdır. Çalışmaya, gönüllü 19 lisanslı erkek yüzücü katılmıştır. Dolfin ayak vuruşu kinematik ölçümleri 25 m yarı olimpik havuzda aksiyon kamerası kullanılarak yapılmıştır. Ölçümlerde serbest ve sırtüstü stil yüzme başlangıç ve dönüş fazı dolfin ayak vuruşu kinematiki değerlendirilmiştir. Ayak bileği eklem hareket açıklıkları ve alt ekstremite uzunluklarının dolfin ayak vuruşu performansını ile ilişkisi Pearson Kolerasyon testi kullanılarak analiz edilmiştir. Araştırmanın bulguları incelendiğinde, serbest ve sırtüstü yüzme tekniğinde başlangıç fazı dolfin hızı ve sırtüstü yüzmede ise başlangıç ve dönüş fazı dolfin hızı yüzücünün vücut ağırlığı ve vücut kitle indeksi ile ilişkili bulunmuştur ($p<0,05$). Ayrıca, her iki yüzme tekniğinde de 50 m yüzme hızının yüzücülerin boyu, vücut ağırlığı ve vücut kitle indeksleri ile ilişkili olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Ayak bileği dorsal ve plantar fleksiyon açısının ise serbest stil yüzmede sağ plantar fleksiyon açısının dönüş fazı dolfin hızıyla ilişkisi hariç ilişki bulunmamıştır ($p>0,05$). Serbest ve sırtüstü stil yüzme sırasında kullanılan sualtı dolfin ayak vuruşu kinematiki ekstemite uzunluklarından ziyade vücut ağırlığından ve vücut kitle indeksinden etkilenmektedir. Bu durum, dolfin ayak vuruşu performansında uzunluktan ziyade kas kütesinin fazla olmasının daha etkili olabileceğini düşündürmektedir. Ayak bileği eklem hareket açıklığının bu faza etkisinin olmaması ise dolfin ayak vuruşu sırasında diz, kalça ve gövde hareketlerinin daha etkin olabileceğini düşündürmektedir. Yüzme hızını önemli oranda etkileyen dolfin ayak vuruşu performansına etki eden parametreler henüz açıklığa kavuşmamıştır, daha detaylı değerlendirmelere ihtiyaç vardır.

Anahtar kelimeler: Yüzme, kinematik, sualtı dolfin ayak vuruşu

Analyzing the Effect of Dolphin Kick Kinematic Performance Parameters in Swimmers

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the effects of body composition, lower extremity lengths, and ankle joint range of motion on underwater dolphin kick performance. Nineteen male licensed swimmers voluntarily participated in the study. The dolphin kick kinematics were measured in a 25m short course pool using action camera. The kinematics of the start phase dolphin kick and turn phase dolphin kick were evaluated. The relationship between ankle range of motion and lower extremity lengths with dolphin kick performance was analyzed using Pearson Correlation test. In freestyle and backstroke swimming techniques, the start phase dolphin speed in freestyle and both start and turn phase dolphin speeds in backstroke were found to be correlated with the swimmer's body weight and body mass index ($p<0.05$). Moreover, in both swimming techniques, the 50m swimming speed was found to be correlated with the swimmer's height, body weight, and body mass index ($p<0.05$). The ankle dorsiflexion and plantarflexion angles showed no significant relationship with freestyle swimming, except for the association between right plantarflexion angle and turn phase dolphin speed ($p>0.05$). The kinematics of underwater dolphin kick during freestyle and backstroke swimming seem to be influenced by body weight and body mass index rather than extremity lengths. This suggests that for dolphin kick performance, muscle mass may be more influential than length. The lack of impact of ankle joint range of motion on this phase suggests that knee, hip, and trunk movements may be more effective during the dolphin kick. Particularly in short-distance swimming races where dolphin kick performance significantly affects swimming speed, parameters influencing this performance have not been fully elucidated, indicating the need for more detailed evaluations.

Keywords: Swimming, kinematic, underwater dolphin kick

GİRİŞ

Yüzme, çekiş ve itiş kuvvetlerinin yer çekimi kuvvetinden faydalanılmadan harekete dönüştüğü, ardışık hareketlerden oluşan bir spor dalıdır¹. Müsabakalarda amaç belirtilen mesafeyi en kısa zaman diliminde tamamlamak olduğundan, optimum performansı belirleyen ölçüt milisaniyelik farklardır. Bu durum, performansta zamanın değerini arttırarak biyomekanik ölçümler detaylı kinetik ve kinematik analizlerin yapılması ihtiyacını doğurmuştur². Yüksek hızlı ve çözünürlüklü kameralar, hareket sensörleri, bilgisayar destekli hareket analizi programları kullanılarak yapılan analizler yüzücülerin performans gelişimine önemli katkılar sağlamıştır³⁻⁵.

Sportif yüzme, çıkış evresi, yüzme evresi, dönüş evresi ve bitirme evresi olarak farklı performans bileşenlerine ayrılır. Uluslararası Yüzme Federasyonu'nun kuralları gereği yüzücüler müsabakalarda, çıkıştan ve dönüşten sonra 15 m'ye kadar su altından ilerleyebilirler⁶. Su altında daha az dirençle karşılaştıklarından su yüzeyine göre daha hızlı mesafe kat edebilirler. Su altındaki vücut pozisyonu karşılaşılan dirençleri etkileyeceğinden, su içerisinde hareket ederken mümkün olduğunca yatay düzlemde, vücut düz ve akış çizgisi pozisyonunda (streamline) kalınmalıdır. Yüzücüler, sağlanan bu aerodinamik pozisyonu koruyabilmek için su altında dolfin ayak vuruşunun itici gücünden faydalanarak ilerlemeyi tercih ederler⁷. Çıkış ve dönüşten sonra 15 m evresi, 50 m müsabakalarında toplam yarış mesafesinin %30'una eşit olduğundan Atkison ve ark. (2014)⁸ dolfin fazının verimliliği yüzme hızının arttırılmasında önemli parametrelerden bir tanesidir. Ayak vuruşunda hızı etkileyen en önemli etkenler ise, ayak vuruş frekansı ve bir vuruşta kat edilen mesafedir^{9,10}. Bu sebeplerle, dolfin ayak vuruşunun 15 m yüzme performansının değerlendirmesine birçok çalışmada yer verilmiş ve yarış performansına etkileri incelenmiştir¹¹⁻¹⁶.

Yüzme performansına etki eden faktörlerden bir tanesi de yüzücünün tekniğidir. Yüzme tekniğine kinematik etkenler, kinematik etkenlere de antropometrik özellikler etki eder¹⁷. Antropometrik değerlendirmelerin, yüzmenin fiziksel özellikleri ve biyomekaniği arasındaki ilişkinin öğrenilmesi ve yorumlanması için değerli bir araç olduğú düşünölmektedir¹⁸. Hızlı yüzücülerin boy uzunluğu, kulaç uzunluğu, bacak uzunluğu ve ayak uzunluğunun fazla olduğú ve aynı zamanda dengeli kas kütleleri ve yüzde yağ oranına sahip oldukları bildirilmiştir¹⁹⁻²². Bunun yanı sıra, antropometrik özelliklerin yüzme performansını anlamlı oranda etkilemediğini bildiren çalışmalar da bulunmaktadır²³⁻²⁵. Ancak, yapılan çalışmalarda genel yüzme performansı değerlendirilmiş, sınırlı sayıdaki araştırmada antropometrik özelliklerin dolfin ayak vuruş performansına etkileri incelenmiştir^{26,27}.

Maglisho, (2003)²⁸ vücut kompozisyonu özelliklerinin yanında ayak bileği esnekliğinin de yüzme performansını olumlu yönde etkilediğini, farklı yüzme stillerinde ayak bileği plantar fleksiyon eklem açıklığının etkili ayak vuruşu ve yüzme pozisyonunun korunması açısından önemli olduğunu bildirmiştir. Saavedra ve ark. (2010)²⁹ ayak bileği eklem hareket açıklığının geniş olmasının hızlı ayak vuruş ve kol çekiş mekaniğine katkı sağladığı da bildirilmiştir. Mc Coullount ve ark. (2009)³⁰ ve Skarobot, (2015)³¹ çalışmalarında ortalamanın üzerinde plantar ve dorsal fleksiyon eklem hareket açıklığına sahip olmanın belirli bir mesafeyi hızlı kat etmede önemli olduğunu vurgulamışlardır.

Literatürde antropometrik özelliklerin yüzme performansına etkisini inceleyen çalışmalar yapılmış olsa da sonuçları farklılık göstermektedir. Ayrıca, bu özelliklerin

sualtı dolfin ayak vuruş fazına etkilerini inceleyen çalışmalar sınırlı sayıdadır ve sadece çıkış sonrası dolfin fazını içermektedir^{26,27}. Dönüş sonrası dolfin ayak vuruş fazı performansı yeterince ele alınmamıştır. Bu çalışmada ise, serbest ve sırtüstü stil yüzmede çıkış ve dönüş sonrası sualtı dolfin ayak vuruş performansı incelenmiştir. Antropometrik özelliklere ek olarak plantar ve dorsal fleksiyon eklem hareket açıklıkları da değerlendirilmiştir.

Bu çalışmanın amacı, vücut kompozisyonu, alt ekstremitte uzunlukları ve ayak bileği eklem hareket açıklarının, serbest ve sırtüstü yüzme stillerinde kullanılan sualtı dolfin ayak vuruş performansına etkilerinin araştırılmasıdır. Çalışma sonucunda elde edilen verilerin, antrenörlerin yüzme branşındaki dolfin ayak performansını geliştirme süreçlerine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

MATERYAL VE METOT

Katılımcılar

Araştırmaya, 15-18 yaşları arasında en az 4 yıl lisanslı olarak yüzme sporu yapan (yaş: $16,26 \pm 1,12$ yıl; boy: $176 \pm 9,34$ m; vücut ağırlığı: $65,96 \pm 12,03$ kg; VKİ: $21,05 \pm 2,31$ kg/m²) 19 gönüllü erkek yüzücü katılmıştır. Çalışma Marmara Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından değerlendirilmiştir (26.07.2019 tarihli ve 09.2019.712 karar sayısı) ve Helsinki Bildirgesi'ne göre yürütülmüştür.

Verilerin Toplanması

Bu çalışmada, yüzücülerin antropometrik özelliklerinin ve ayak bileği eklem hareket açıklıklarının serbest ve sırtüstü stil yüzme çıkış ve dönüşü sırasında gerçekleştirilen sualtı dolfin ayak vuruş kinematiğine etkisi incelenmiştir. Ölçümlere ilk olarak boy, vücut ağırlığı, antropometrik ölçümler ve eklem hareket açıklığı ölçümleri yapılarak başlanmıştır. Bu ölçümlerden sonra su içi performans değerlendirmeleri yapılmıştır. Su içi ölçümlere başlamadan önce oluşabilecek yaralanmaları önlemek ve performans kayıplarını azaltmak amacıyla 10 dk kara ve 20 dk su içi ısınma gerçekleştirilmiştir (Tablo 1).

Yüzme ölçümleri 25m'lik havuzda 50m serbest ve sırtüstü stil olarak gerçekleştirilmiştir. Yüzme ölçümlerinde yüzücülerden su içerisine girmeleri istenmiş, duvar itiş (push-off) hareketi ile yüzmeye başlamaları gerektiği açıklanmıştır. Sporculardan başlangıç ve takla dönüş sonrası ilk 15m'yi su altından dolfin vuruş tekniği ile gitmeleri istenmiştir. Sualtı dolfin ayak vuruş kinematiği ilk itiş sonrası 7,5 m-12,5 m ve dönüş sonrası 32,5 m -37,5 m bölgelerinde incelenmiştir. Yüzme ölçümleri yorgunluğun etkisini ortadan kaldırmak amacıyla bir hafta ara ile iki farklı günde gerçekleştirilmiştir. Birinci gün serbest stil yüzme ve ikinci gün sırtüstü stil yüzme ölçümleri yapılmıştır. Kinematik değerlendirmeler kamera kullanılarak yapılmıştır.

Tablo 1. Kara Ve Su İçi Isınma Hareketleri

Kara Isınma (10 Dk)	Su İçi Isınma (20 Dk)
Kollar ve bacaklar yana açılarak sıçrama (10 tekrar)	4x100m serbest yüzme
Dizleri öne çekme ve dizleri arkaya çekme (10 tekrar)	300m branş (50m koordine/25m yüzme)
Makas ayak sıçrama (15 Tekrar)	2x100m branş ayak
Öne ve arkaya kol çevirme (10tekrar)	4x50m karışık yüzme
Dinamik esneme	
Squat (10 Tekrar)	

Veri Toplama Araçları

Boy ve Vücut Ağırlığı

Yüzücülerin boy ölçümleri duvar üzerine sabitlenen çelik mezura ile ayaklar çıplak, topuklar birleşik sırt duvara dönük, baş karşıyı gösterir şekilde sabit durarak alınmıştır. Vücut ağırlık ölçümleri Tanita (Tanita Sc 330) marka dijital tartı kullanılarak, çıplak ayakla ve üzerlerinde yüzme mayoları varken gerçekleştirilmiştir.

Bacak Uzunluğu

Yüzücü ayakta dururken, ayaklar birleşik pozisyonda, trokanter majör hizasından yere kadar olan mesafe sağ taraftan çelik mezura ile ölçülmüştür³².

Üst Bacak Uzunluğu

Yüzücü ayakta dururken, ayaklar birleşik pozisyonda trokanter majör hizasından tibianın laterali arasındaki mesafe sağ taraftan çelik mezura ile ölçülmüştür³².

Alt Bacak Uzunluğu

Yüzücü ayakta dururken, ayaklar birleşik pozisyonda tibianın lateralinden yere kadar olan mesafe sağ taraftan çelik mezura ile ölçülmüştür³².

Ayak Uzunluğu

Yüzücü çıplak ayak ile ayakta dururken, kalkaneus arkasından en uzun parmağın ucuna kadar olan mesafe sağ taraftan antropometre (Lafayette, Indiana) ile ölçülmüştür³².

Eklem Hareket Açıklığı Ölçümleri

Ayak Bileği Dorsal/Plantar Fleksiyon

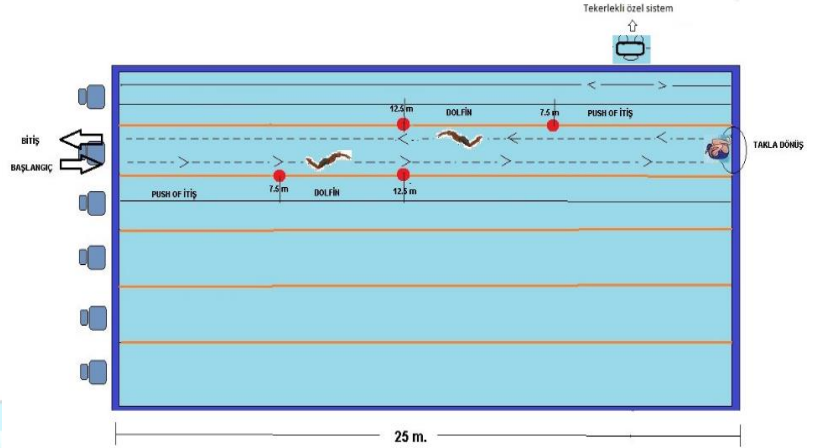
Yüzücülerin ayak bileği dorsal fleksiyon ve plantar fleksiyon açılarını ölçmek için dijital gonyometre (Baseline®Metal Absolute+Axis® Goniometer, Australian) kullanılmıştır. Yüzücü oturur pozisyonda iken, gonyometrenin dönme eksenini ayak bileği lateral malleolü hizasına yerleştirilmiştir. Gonyometrenin sabit kolu fibula boyunca hizalanmış, hareketli kolu ise ayağın beşinci metatarsal kemiği hizasına yerleştirilmiştir. Ölçümler her iki taraftan sağ ve sol alınmıştır.

Yüzme Performansı Ölçümleri

Yüzücülerden serbest ve sırtüstü stil teknik analizi için 50m'yi duvarı iterek (push-off) başlangıç ile yüzmeleri istenmiştir^{7,33}. Serbest stil yüzme başlangıcında, yüzücünün bir kolu duvarı tutarken diğer kolu suda ve ayaklar havuz duvarında dizler bükülü pozisyonda iken çift ayak ile itiş yapılmıştır. Sırtüstü stil yüzme başlangıcında ise, yüzücü her iki eliyle çıkış platformunun demirinden tutarken, dizler bükülü ve ayak tabanları su yüzeyine en yakın mesafede, çift ayak ile itiş yapılmıştır. Serbest stil yüzme ölçümlerinde yüzücülerden başlangıç itiş sonrası ilk 15 m'yi su altından dolfin ayak vuruş tekniği ile kalan mesafeleri ise serbest stil ile yüzmeleri, takla dönüşü itiş sonrası ilk 15m su altı dolfin ayak vuruş tekniği ve kalan mesafe serbest stil yüzme ile tamamlaması istenmiştir. Aynı protokol sırtüstü stil yüzme ölçümlerinde de tekrarlanmıştır (Şekil 1). Su altı kinematik ölçümleri 60 Hz kayıt yapabilen 5,4 K video çözünürlüğüne sahip Go-Pro hero 10 (Black aksiyon, San Mateo, California) kamera kullanılarak yapılmıştır. Kamera, özel tasarlanmış yüzme yönü boyunca hareket eden tekerlekli bir sisteme sabitlenmiştir (Resim 1). Kameradan elde edilen görüntüler Kinovea 0.9.5. hareket analizi programına aktararak analiz edilmiştir.



Resim 1. Tekerlekli özel sistem



Şekil 1. Su içi test protokolü

Yüksek hızlı hareket analizi için Kinovea (Versiyon 0.9.5.) kullanılmıştır^{34,35,36,37,38}. Başlangıç fazı sonrası (7,5 m-12,5 m) ve dönüş fazı sonrası (32,5 m- 37,5 m) su altı dolfin ayak vuruşu kinematiki incelenmiştir. Başlangıç ve dönüş fazında 3 dolfin ayak vuruşu ortalaması değer olarak alınmıştır³⁹. Dolfin kinematiki değerlendirmesinde aşağıdaki veriler kullanılmıştır:

1. 50 metre yüzme hızı
2. Başlangıç fazı (7,5 m – 12,5 m)
 - a. Dolfin ayak vuruş frekansı: bir dakikada vurulan ayak sayısıdır. Değerler 60 saniyede vurulan ayak sayısına bölünerek hesaplanmıştır²⁸.
 - b. Bir dolfin vuruşunda kat edilen mesafe
 - c. Hız
3. Dönüş fazı (32,5 – 37,5)
 - a. Dolfin ayak vuruş frekansı
 - b. Bir dolfin vuruşunda kat edilen mesafe
 - c. Hız

Verilerin Analizi

Hesaplamlarda bilgisayar yardımıyla istatistiksel analizler yapılmıştır. Ortalama değerler, aritmetik ortalama (\pm) standart sapma olarak gösterilmiştir. Shapiro Wilk testi kullanılarak yapılan analizlerde verilerin normal dağıldığı tespit edilmiş ve parametrik testler uygulanmıştır. Ayak bileği dorsal ve plantar fleksiyon eklem hareket açıklıkları, bacak, üst bacak, alt bacak ve ayak uzunluklarının serbest ve sırtüstü stil yüzme performansı ile ilişkisi Pearson Kolerasyon testi kullanılarak değerlendirilmiştir.

Yüzücülerin 50 m yüzme hız verileri, başlangıç fazı dolfin hız verileri ve dönüş fazı dolfin hız verilerinin hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$Hız(X) = yol(v)/zaman(t)$$

Yüzücülerin ayak vuruş frekansı (kick rate) ve bir vuruşta kat edilen mesafe (distance per kick) verilerinin hesaplanması için aşağıdaki formüller kullanılmıştır.

$$\text{Ayak vuruş frekansı} = \frac{60 \text{ sn} \times 3 \text{ vuruş devri}}{3 \text{ vuruş devrini tamamladığı süre (sn)}}$$

$$\text{Bir vuruşta kat edilen mesafe} = \text{hız} \times \frac{60 \text{ sn} \times 3 \text{ vuruş devri}}{\text{ayak vuruş frekansı}}$$

BULGULAR

Tablo 2. Yüzücülerin Ekstremiteler Uzunlukları ve Eklem Hareket Açıklıkları

	N	Sağ Ayak	Sol Ayak
		Ort±Std	Ort±Std
Ayak Bileği Dorsal Fleksiyon Açısı (°)	19	100,08±6,63	104,13±7,45
Ayak Bileği Plantar Fleksiyon Açısı (°)	19	166,74±6,72	163,41±14,60
Bacak Uzunluğu (cm)	19	88,26±6,13	
Üst Bacak Uzunluğu (cm)	19	40,79±3,90	
Alt Bacak Uzunluğu (cm)	19	42,90±3,07	
Ayak Uzunluğu (cm)	19	26,30±1,88	

Yüzücülerin alt ekstremiteler uzunluk ölçümlerinde sağ taraf, ayak bileği eklem hareket açıklıkları ölçümlerinde ise her iki taraf ölçümlerinin ortalamaları ve standart sapmaları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 3. Serbest Stil ve Sırtüstü Stil Yüzme Performans Parametreleri

	N	Serbest Stil Yüzme	Sırtüstü Yüzme
		Ort±Std	Ort±Std
50 m yüzme hızı (m/s)	19	1,57±0,14	1,47±0,14
Başlangıç fazı dolfin vuruş frekansı (devir/dk)	19	109,99±16,25	104,89±16,80
Dönüş fazı dolfin vuruş frekansı (devir/dk)	19	105,24±13,98	101,23±13,91
Başlangıç fazı dolfin vuruş başına mesafe (m)	19	0,76±0,11	0,71±0,10
Dönüş fazı dolfin vuruş başına mesafe (m)	19	0,78±0,13	0,69±0,13
Başlangıç fazı dolfin hızı (m/s)	19	1,37±0,18	1,23±0,19
Dönüş fazı dolfin hızı (m/s)	19	1,35±0,18	1,15±0,18

Yüzücülerin serbest/sırtüstü stil yüzme ve su altı dolfin kinematiği parametreleri ortalama ve standart sapmaları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 4. Vücut Kompozisyonunun Serbest Stil ve Sırtüstü Stil Yüzme Dolfin Ayak Vuruş Kinematiği ile İlişkisi

N= 19		BOY	Vücut Ağırlığı	VKI	Bacak Uz.	Alt Bac. Uz.	Üst Bac. Uz.	Ayak Uz.
Serbest Stil Yüzme	50m yüzme hızı	r ,552	,618	,540	,416	,427	,115	,474
		p ,014*	,005**	,017*	,076	,068	,639	,041*
	Başlangıç fazı dolfin vuruş frekansı	r ,258	,355	,350	,141	,171	,199	,047
		p ,287	,136	,142	,566	,483	,414	,848
	Dönüş fazı dolfin vuruş frekansı	r ,050	,090	,093	-,027	-,051	,154	-,107
		p ,840	,714	,705	,914	,836	,530	,662
	Başlangıç fazı dolfin vuruş başına mesafe	r ,024	,087	,130	,048	,105	-,234	,202
		p ,923	,722	,596	,844	,668	,336	,407
		r ,163	,234	,249	,177	,290	-,221	,297

Sırtüstü Stil Yüzme	Dönüş fazı dolfin vuruş başına mesafe	p	,505	,336	,305	,470	,229	,362	,218
	Başlangıç fazı dolfin hızı	r	,335	,511	,542	,214	,310	-,006	,276
		p	,161	,025*	,016*	,379	,196	,982	,252
	Dönüş fazı dolfin hızı	r	,278	,429	,452	,184	,303	-,088	,267
		p	,250	,067	,052	,452	,208	,720	,269
	50m yüzme hızı	r	,494	,582	,541	,348	,385	,052	,442
		p	,032*	,009**	,017*	,144	,103	,832	,058
	Başlangıç fazı dolfin vuruş frekansı	r	,333	,444	,428	,239	,300	,208	,143
		p	,163	,057	,068	,324	,212	,393	,560
	Dönüş fazı dolfin vuruş frekansı	r	,148	,176	,149	,091	,087	,174	-,001
		p	,547	,471	,542	,711	,724	,477	,998
	Başlangıç fazı dolfin vuruş başına mesafe	r	,026	,050	,087	,062	,121	-,216	,287
		p	,917	,839	,725	,802	,620	,375	,234
	Dönüş fazı dolfin vuruş başına mesafe	r	,149	,281	,356	,091	,231	-,196	,311
		p	,544	,244	,135	,712	,342	,421	,196
	Başlangıç fazı dolfin hızı	r	,375	,532	,557	,264	,393	,003	,377
		p	,113	,019*	,013*	,275	,096	,989	,111
	Dönüş fazı dolfin hızı	r	,322	,514	,573	,150	,296	-,075	,335
	p	,179	,025*	,010*	,540	,218	,760	,160	

** : p<0,01, * : p<0,05

Antropometrik özelliklerin serbest stil ve sırtüstü stil dolfin ayak vuruşu kinematiğine etkisi incelendiğinde tüm bacak, üst bacak, alt bacak ve ayak uzunluğunun dolfin ayak vuruş frekansıya, bir dolfin vuruşunda kat edilen mesafeyle ve başlangıç ve dönüş fazı dolfin ilerleme hızıyla ilişkisi tespit edilmemiştir ($p>0,05$).

Bunun yanında serbest ve sırtüstü yüzme tekniklerinin her ikisinde başlangıç fazı dolfin ilerleme hızıyla, vücut ağırlığı ve vücut kitle indeksi ile ilişkili bulunmuştur ($p<0,05$). Ayrıca, sırtüstü yüzme tekniğinde başlangıç ve dönüş fazı dolfin ilerleme hızlarıyla vücut ağırlığı ve vücut kitle indeksi ile ilişkili bulunmuştur ($p<0,05$).

Her iki yüzme tekniğinde de 50 m yüzme hızının yüzücülerin boyu, vücut ağırlığı ve vücut kitle indeksi ile ilişkili olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Bunun yanında, serbest stil yüzme tekniği 50m hızı ayak uzunluğu ile ilişkili bulunmuştur ($p<0,05$).

Tablo 5. Serbest Stil ve Sırtüstü Stil Yüzme Dolfin Kinematiğinin Ayak Bileği Eklem Hareket Açıklığı ile İlişkisi

		Sağ Dorsal		Sol Dorsal		Sağ Plantar		Sol Plantar	
		Flex		Flex		Plantar Flex		Flex	
Serbest Stil Yüzme	50m yüzme hızı	r	-,230	,173	,400	-,062			
		p	,343	,480	,090	,801			
	Başlangıç fazı dolfin vuruş frekansı	r	-,145	,171	,162	-,243			
		p	,555	,483	,509	,316			
	Dönüş fazı dolfin vuruş frekansı	r	,181	,297	,063	-,193			
		p	,457	,218	,798	,429			
	Başlangıç fazı dolfin vuruş başına mesafe	r	-,118	-,133	,178	,298			
		p	,632	,586	,467	,216			
	Dönüş fazı dolfin vuruş başına mesafe	r	-,176	-,191	,309	,211			
		p	,472	,432	,199	,385			
	Başlangıç fazı dolfin hızı	r	-,283	,082	,367	,031			
		p	,240	,739	,123	,901			
Dönüş fazı dolfin hızı	r	-,074	,097	,479	,056				
	p								

	p	,764	,694	,038*	,821
50m yüzme hızı	r	-,265	,143	,354	,103
	p	,273	,560	,137	,675
Başlangıç fazı dolfin vuruş frekansı	r	-,217	,124	,201	-,227
	p	,373	,612	,408	,350
Dönüş fazı dolfin vuruş frekansı	r	,119	,263	,208	-,206
	p	,629	,276	,393	,397
Başlangıç fazı dolfin vuruş başına mesafe	r	-,048	-,133	,093	,406
	p	,845	,586	,706	,084
Dönüş fazı dolfin vuruş başına mesafe	r	-,294	-,214	,092	,356
	p	,221	,379	,709	,134
Başlangıç fazı dolfin hızı	r	-,266	,040	,319	,157
	p	,271	,872	,183	,520
Dönüş fazı dolfin hızı	r	-,252	,040	,319	,257
	p	,297	,872	,183	,288

*: p<0,05

Ayak bileği eklem hareket açıklıkları incelendiğinde, sadece serbest stil yüzmede sağ plantar fleksiyon açısı dönüş fazı dolfin ilerleme hızıyla ilişkili bulunmuştur (p<0,05).

TARTIŞMA

Bu çalışmada, vücut kompozisyonu, alt ekstremite uzunlukları ve ayak bileği eklem hareket genişliği açılarının, serbest ve sırtüstü yüzme stillerinde kullanılan sualtı dolfin ayak vuruşu kinematik performansına etkileri araştırılmıştır. Antropometrik özellikler, alt ekstremite uzunlukları ve ayak bileği eklem hareket açıklığı ile dolfin ayak vuruş parametreleri ve 50m serbest/sırtüstü yüzme hızı korelasyon analizi ile değerlendirilmiştir. Yüzücünün boyu, vücut ağırlığı ve vücut kitle indeksi arttıkça 50 m serbest ve sırtüstü stil yüzme hızı da artmıştır. Ayak uzunluğunun artması ise; serbest stil 50 m yüzme hızını arttırmıştır. Bunun yanında, vücut ağırlığı ve vücut kitle indeksindeki artış serbest stil yüzmede başlangıç fazı dolfin hızını etkilerken, sırtüstü yüzme stilinde hem başlangıç hem de dönüş fazı dolfin hızını arttırmıştır. Ayak bileği eklem hareket açıklıklarında ise, sadece sağ ayak plantar fleksiyon açısındaki artış serbest stil yüzmede dönüş fazı dolfin hızını arttırmıştır.

Literatürdeki çalışmalarda boy, vücut ağırlığı ve vücut kitle indeks artışının 50m100m serbest stil yüzme performansını arttırdığı bildirilmiştir^{19,20,32,40}. Sırtüstü stil yüzmede ise 100m performansı vücut ağırlığı ve boy ile ilişkili bulunmamıştır²³. Bunun yanında, serbest stil yüzme performansının vücut ağırlığı veya boy ile ilişkili olmadığı bildirildiği çalışmalar da bulunmaktadır^{24,25}. Çalışmalar arasındaki bu farklılık yüzücülerin somatotip özelliklerindeki farklılıklardan kaynaklanmış olabilir^{25,40}. Ayrıca, yüzme hızının ve yüzmede üretilen kuvvetlerin vücut yağ oranı, yağsız beden kütlesi, vücut yüzey alanı vb. özelliklerden de etkilenmesi çalışma sonuçları arasında farklılığa sebep olmuş olabilir^{21,26,28,41}.

Bunun yanında serbest veya sırtüstü stil yüzmede sualtı dolfin ayak vuruşu ile vücut kompozisyonu arasındaki ilişkiyi değerlendiren sınırlı sayıda çalışmaya rastlanmaktadır. Thng ve ark. (2022)²⁶ vücut ağırlığı, yağ kütlesi, kas kütlesi ve alt vücut kas kütlelerinin 15 m içerisindeki çıkış, uçuş ve su altı fazları üzerine etkilerini incelemiş, vücut ağırlığındaki değişiklik su içi ayak vuruşunu içeren itici faz süresini ilerlemeyi etkilemediğini bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda ise vücut ağırlığındaki artış

Bu çalışmadaki katılımcılar ayak bileği plantar fleksiyon değerleri yüksek olan elit yüzücülerden oluşmakta olup, bunun sonucu olarak serbest ve sırtüstü stillerde su altı dolfin ayak vuruş sonucu ilerleme hızlarının yüksek olduğu tespit edilmiştir. Aynı durum dönüş ve duvar itiş sualtı dolfin ayak vuruşları esnasında da görülmektedir.

Sonuç olarak, kısa mesafe (50m) yüzücülerinin boy, vücut ağırlığı, vücut kitle indeksi arttıkça dolfin vuruşu sudaki ilerleme hızını arttırmaktadır. Ayak bileği eklem genişliği özellikle serbest stil yüzmede dolfin ayak vuruşunun ilerleme hızına ve dolayısıyla yüzme performansına olumlu etki ettiği kanaati oluşmaktadır.

Gelecekteki çalışmalarda yüzme branşında diğer tekniklerin sualtı evrelerinin vücut kompozisyonu, ekstremite uzunlukları ve eklem hareket açıklıklarıyla ilişkisinin araştırılması sağlanabilir. Farklı tekniklerin eklenmesi ile daha büyük bir örneklem grubu test edilerek çalışma kapsamı genişletilebilir. Ayrıca gelişim aralığındaki sporcu grubunun yanında milli takım düzeyinde sporcular ile çalışmaların kinematik parametrelerine etki eden faktörlerin incelenmesi sağlanıp yüzme spor dalına ait diğer performans parametrelerini de içeren testlerin bir arada uygulanmasının literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Morouço P., Keskinen KL., Vilas-Boas JP., Fernandes RJ. (2011). Relationship between tethered forces and the four swimming techniques performance. *Journal of Applied Biomechanics*. 27(2), 161-169.
2. Atlı A., Kulunkoglu B. (2021). Yüzme sporunda çıkış aşaması. *Biyomekaniksel yaklaşım*. *Akdeniz Spor Bilimleri Dergisi*. 4(1), 51-60.
3. Toussaint H., Truijens M. (2005). Biomechanical aspects of peak performance in human. *Animal Biology*. 55(1), 17-40.
4. Barbosa TM., Bragada JA., Reis VM., Marinho DA., Carvalho C., Silva AJ. (2010). Energetics and biomechanics as determining factors of swimming performance: updating the state of the art. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 13(2), 262-269.
5. Schaffert N., Engel A., Schlüter S., Mattes, K. (2019). The sound of the underwater dolphin-kick: developing real-time audio feedback in swimming. *Displays*. 59, 53-62.
6. Fina swimming rules. https://resources.fina.org/fina/document/2023/01/04/65961a45-bde5-4217-b666-ca1f5dc2d1f0/1_Swimming-Technical-Rules.04.01.2023.pdf. [Erişim tarihi: 05.07.2023].
7. Stosic J., Veiga S., Trinidad A., Navarro E. (2020). How should the transition from underwater to surface swimming be performed by competitive swimmers?. *Applied Sciences*. 11(1), 122.
8. Atkison RR., Dickey JP., Dragunas A., Nolte V. (2014). Importance of sagittal kick symmetry for underwater dolphin kick performance. *Human Movement Science*. 33, 298-311.
9. Silveira RP., De Souza Castro FA., Figueiredo P., Vilas-Boas JP., Zamparo P. (2017). The effects of leg kick on swimming speed and arm-stroke efficiency in the front crawl. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 12(6), 728-735.

10. Wądrzyk Ł., Nosiadek L., Staszkiwicz R. (2017). Underwater dolphin kicks of young swimmers—evaluation of effectiveness based on kinematic analysis. *Human Movement*. 18(4), 23-29.
11. Benjanuvatna N., Edmunds K., Blanksby, B. (2007). Jumping abilities and swimming grab-start performances in elite and recreational swimmers. *International Journal of Aquatic Research and Education*. 1(3), 6.
12. Bishop DC., Smith RJ., Smith MF., Rigby HE. (2009). Effect of plyometric training on swimming block start performance in adolescents. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 23(7), 2137-2143.
13. De la Fuentes B., Garcia F., Arellano R. (2003). Are the forces applied in the vertical countermovement jump related to the forces applied during swimming start?. *Proceeding of the IX International Biomechanics and Medicine in Swimming*. 99-103, University of Saint Etienne. France
14. Slawson SE., Chakravorti N., Conway PP., Cossor J., West AA. (2012). The effect of knee angle on force production, in swimming starts, using the OSB11 block. *Procedia Engineering*. 34, 801-806.
15. Tor E., Pease DL., Ball KA. (2015). Key parameters of the swimming start and their relationship to start performance. *Journal of Sports Science*. 13, 13-21.
16. Vantorre J., Seifert L., Fernandes RJ., Boas JP., Chollet D. (2010). Kinematical profiling of the front crawl start. *International Journal of Sports Medicine*. 31(1),16-21.
17. Hlavatý R. (2010). The anthropometric and kinematic determinants of swimming performance. *Joint International IGIP-SEFI Annual Conference*. 19-22 September, Slovakia.
18. Tabaki M., Rozi G., Thanopoulos V. (2016). Differences in morphological characteristics between swimmers and fin swimmers. *Journal Academica*, 6(4), 242-252.
19. Bond D., Goodson L., Oxford SW., Nevill AM., Duncan MJ. (2014). The association between anthropometric variables, functional movement screen scores and 100 m freestyle swimming performance in youth swimmers. *Sports*. 3(1), 1-11.
20. De Mello Vitor F., Böhme, MTS. (2010). Performance of young male swimmers in the 100-meters front crawl. *Pediatric Exercise Science*. 22(2), 278-287.
21. Pehlivan S., Karadenizli Zİ. (2019). 9-13 yaş grubu yüzücülerde 50 m serbest teknik yüzme performansı ile antropometrik ve motorik özellikler arasındaki ilişki. *Beden Eğitimi ve Spor Araştırmaları Dergisi*. 11(2), 118-129.
22. Banerjee M., Bag S. (2019). Relationship of selected anthropometric variables with short distance swimming performance. *International Journal of Physiology, Nutrition and Physical Education*. 4(2), 413-417.
23. Sammoud S., Negra Y., Chaabene H., Bouguezzi R., Moran J., Granacher U. (2019). The effects of plyometric jump training on jumping and swimming performances in prepubertal male swimmers. *Journal of Sports Science and Medicine*. 18(4), 805.
24. Dos Santos MA., Henrique RS., Salvina M., Silva AHO., Junior MADV., Queiroz DR., Nevill AM. (2021). The influence of anthropometric variables, body composition, propulsive force and maturation on 50m freestyle swimming performance in junior swimmers. *Journal of Sports Sciences*. 39(14), 1615-1620.
25. Siders WA., Lukaski HC.,Bolonchuk WW. (1993). Relationships among swimming performance, body composition and somatotype in competitive

- collegiate swimmers. *The Journal of Sport Medicine and Physical Fitness*. 33(2), 166-171.
26. Thng S., Pearson S., Rathbone E., Keogh JW. (2022). Longitudinal tracking of body composition, lower limb force-time characteristics and swimming start performance in high performance swimmers. *International Journal of Sports Science and Coaching*. 17(1), 83-94.
 27. Sundén J. (2020). Associations between dolphin kick performance and lower extremity muscle strength, abdominal muscle strength and foot length in active competitive swimmers. Bachelor thesis, Halmstad University. Sweden.
 28. Maglischo EW. (2003). Swimming fastest. *Human Kinetics*. 54-58.
 29. Saavedra JM., Escalante Y., Rodríguez FA. (2010). A multivariate analysis of performance in young swimmers. *Pediatric Exercise Science*. 22(1), 135-151.
 30. McCullough AS., Kraemer WJ., Volek JS., Solomon Hill GF., Hatfield DL., Vingren JL., Maresh CM. (2009). Factors affecting flutter kicking speed in women who are competitive and recreational swimmers. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 23(7), 2130-2136.
 31. Škarabot, J., Beardsley, C., & Štirn, I. (2015). Comparing the effects of self-myofascial release with static stretching on ankle range-of-motion in adolescent athletes. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 10(2), 203.
 32. Yüksek S., Hatipoğlu Ö., Ayan V., Ölmez C. (2017). 9-12 yaş yüzücülerde 50 metre sürat koşusu ile 25 metre serbest stil yüzme performansları arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Türkiye Klinikleri Journal of Sports Sciences*. 9(2), 57-64.
 33. Bildircin CÇ., Eryılmaz SK., Özdemir Ç., Kılıcı A., Özdemir H., Askeri N., Kurdak SS. (2017). Genç milli ve tohm takımı kadın yüzücülerin serbest teknik yüzme performanslarının sualtı analizi ile karşılaştırılması. *Spor Bilimleri Dergisi*. 28(2), 91-102.
 34. Aprilo I., Asmawi M., Tangkudung J. (2022). Kinovea based tennis spin serve analysis. *Journal of Physical Education Sport Health and Recreation*. 11(2), 79-85.
 35. Nor Adnan NM., Ab Patar MNA., Lee H., Yamamoto SI., Jong Young L., Mahmud, J. (2018). Biomechanical analysis using Kinovea for sports application. *IOP Conference Series Materials Science And Engineering*. 342, 012097.
 36. Pueo B., Penichet Tomas A., Jimenez Olmedo JM. (2020). Validity, reliability and usefulness of smartphone and kinovea motion analysis software for direct measurement of vertical jump height. *Physiology and Behavior*. 227, 113144.
 37. Sima ED., Potop V. (2018). Learning the swimming start by students in higher education of other profiles. *Romanian Journal for Multidimensional Education*. 10(1), 107-120.
 38. Rizkanto BE., Rusdiawan A. (2021). Kinematics analysis of freestyle swimming athletes at the 2019 Indonesia open aquatic championship. *Jurnal Penelitian Pembelajaran*. 7(2), 206-218.
 39. Shimojo H., Gonjo T., Sakakibara J., Sengoku Y., Sanders R., Takagi, H. (2019). A quasi three-dimensional visualization of unsteady wake flow in human undulatory swimming. *Journal of Biomechanics*. 93, 60-69.
 40. Geladas ND., Nassis GP., Pavlicevic S. (2005). Somatic and physical traits affecting sprint swimming performance in young swimmers. *International Journal of Sports Medicine*. 26(02), 139-144.
 41. Bozdoğan, A. (2005). Yüzme. *Morpa Kültür yayınları*. 46-47

42. Nevill AM., Negra Y., Myers TD., Sammoud S., Chaabene H. (2020). Key somatic variables associated with, and differences between the 4 swimming strokes. *Journal of Sports Sciences*. 38(7), 787-794.
43. Willems TM., Cornelis JA., De Deurwaerder LE., Roelandt F., De Mits S. (2014). The effect of ankle muscle strength and flexibility on dolphin kick performance in competitive swimmers. *Human Movement Science*. 36, 167-176.
44. West R., Lorimer A., Pearson S., Keogh JW. (2022). The relationship between undulatory underwater kick performance determinants and underwater velocity in competitive swimmers. *Sports Medicine* 8(1), 1-23.
45. Özüak A. (2023). Teknikleri ile hızlı yüzme. 1. Baskı. İstanbul Tıp Kitapevi. İstanbul, 112.

