

## Balıklarda Yüzme Davranışı ve Trol Operasyonu Açısından Önemi

\*Hüseyin Özbilgin<sup>1</sup>, H.Tuncay Kınacıgil<sup>1</sup>, Yeliz Doğanyılmaz Özbilgin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ege Üniversitesi, Su ürünleri Fakültesi, Avlama Teknolojisi Anabilim Dalı, Bornova, İzmir, Türkiye  
<sup>2</sup>Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı, Bornova, İzmir, Türkiye  
\*E mail: ozbilgin@sufak.ege.edu.tr

**Abstract:** *Fish swimming behaviour and its importance in relation to trawling operation.* During trawling operations, many fish species were observed to swim in the mouth area for a while, then exhaust and fall back towards the codend and finally some were seen to escape from the codend. Answers to the questions of "which factors trigger this behaviours and why?" have been important in the way to increase the efficiency and selectivity of fishing gears. For this purpose swimming performances of fish were investigated in flumes, and muscle physiology studies produced important findings which helped to explain the results, during the course of last half a century. This review outlines the historical developments of studies on fish swimming, types and levels of swimming activities, and muscles used in swimming, then it highlights the effects of fish length and water temperature on the swimming performance of fish in relation to trawl operation.

**Key Words:** Swimming speed, behaviour, muscle, temperature, trawl.

**Özet:** Trol avcılığı sırasında bir çok türün, ağız ağz kısmında bir süre yüzdüğü, sonra yorulup torbaya doğru gerilediği ve bazılarının torbadan kaçabildikleri gözlenmiştir. Bu davranışları hangi etmenlerin nasıl tetiklediği; av araçlarının etkinliğini ve seçiciliğini arttırmak yolunda yanıtlanması gereken önemli sorular olmuştur. Bu amaçla son yarım yüzyılda yapay akıntı ortamlarında balıkların yüzme performansları incelenmiş ve kas fizyolojisi çalışmalarıyla da sonuçları açıklamakta önemli bulgular ortaya konmuştur. Bu derleme, balıkların yüzme davranışına yönelik çalışmaların tarihsel gelişimini, yüzme şekil ve seviyelerini ve yüzmede kullanılan kas yapılarını açıklamakta, balık boyu ve su sıcaklığının yüzme performansına etkisini trol avcılığıyla ilişkilendirerek vurgulamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Yüzme hızı, davranış, kas, sıcaklık, trol.

### Giriş

Balıkların yüzme yetenekleri; göç, dağılım, beslenme ve çeşitli predatörlerden (ya da aktif av araçlarından) korunup kaçma davranışlarında oldukça önemlidir. Balıkların yüzme yetenekleri konusunda ilk kayıtlı gözlemler M.Ö. 4. yüzyılda Aristo ve bundan yaklaşık iki bin yıl sonra 17. yüzyılda Borelli tarafından yapılmıştır (Lindsey, 1978; Videler, 1993). Borelli'nin çalışmalarında tür ayırt edilmeksizin pektoral yüzgeçleri kesilmiş balıklar, yüzme yeteneklerini korumuşlardır (Videler, 1993). Borelli'ye göre, kuyruk yüzgeci yüzmede kullanılan temel organdır (Gray, 1968). 19. yüzyılın sonlarında Marey (1895), sinematografik teknikle balıkların yüzme hareketini kaydeden ilk araştırmacı olmasına rağmen, fotoğrafik sonuçları kullanılabilir hale getirememiştir (Videler, 1993). Buna rağmen Marey, bu kayıtlarda balıkların nasıl yüzdüğü hakkında birçok detayı açıklamayı başarmıştır (He, 1986). Houssay 1912'de, fizik ve mühendislik bilgisini Marey'in fotoğrafik tekniğiyle birleştirerek farklı büyüklük ve vücut şekline sahip balıkların yüzerken suyu itme ve sürtünme kuvvetlerini ölçmeyi başarmıştır (He, 1986). Fotoğraf ve video kayıt sistemlerindeki gelişmeler 20. yüzyılın başlarından itibaren balıklarda yüzme davranışının daha iyi anlaşılmasında önemli rol oynamaktadır.

Bu çalışmada, balıkların yüzme şekilleri, yüzmeyi

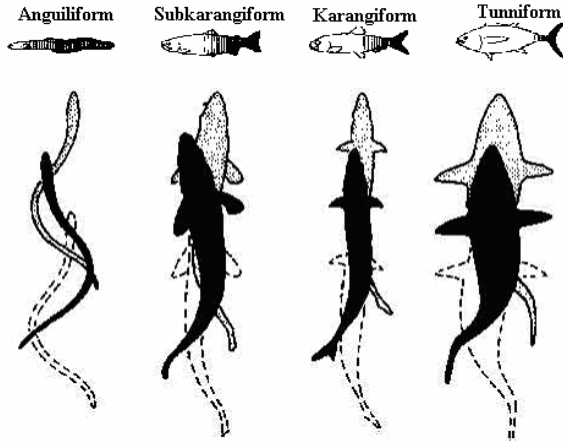
sağlayan kasların yapısı, yüzme seviyeleri, yüzme hızına etki eden önemli faktörler ve bu bilgilere dayanarak seçici ve iş gücü bakımından kolaylıklar sağlayabilecek av araç gereçlerinin tasarımında göz önünde bulundurulabilecek bazı önerilere değinilmiştir.

### Balıklarda Yüzme Şekilleri

Balıkların yüzme hareketleri, vücut ve kuyruk yüzgeci hareketi (body caudal fin) ile orta ve pelvik-pektoral yüzgeçle olan yüzme hareketi (median pelvic-pectoral fin) olarak iki temel gruba ayrılmaktadır (Videler, 1993). Breder (1926) tarafından vücut ve kuyruk yüzgeçlerini kullanarak yüzen balık türleri anguiliform, karangiform ve ostrakiform olarak 3 sınıfa ayrılmış, fakat zaman içerisinde bu sınıflandırma anguiliform, subkarangiform, karangiform, tunniform ve ostrakiform olarak değiştirilmiştir.

Birçok Anguiliform türler, tüm vücutlarının katıldığı geniş bir dalgalanma hareketiyle yüzerler. Anguiliform tür, ileriye doğru yüzmek kadar geriye doğru yüzmekte de yeteneklidir (Sfakiotaakis ve diğ., 1999). Subkarangiform türlerde benzer bir yüzme şekli görülmesine rağmen, dalgalanma genişliği başa yakın bölgede daha düşüktür (Sfakiotaakis ve diğ., 1999). Karangiform türlerde, vücut dalgalanması subkarangiform türlere göre daha sınırlıdır ve ileriye itme kuvveti kuyruk yüzgeci tarafından

sağlanmaktadır. Karangiform türler genelde anguiliform ve subkarangiform türlerden daha hızlı olmalarına rağmen, dönme ve hızlanma yetenekleri vücutlarının bükülmez olmasından dolayı zayıftır (Sfakiotaakis ve diğ., 1999). Tunniform türlerin vücutları daha kalın ve kaslı, dolayısıyla yüksek hızda yüzebilmeleri için ideal fakat manevra için zayıftır. Ostrakiform türlerinin hareketleri ise, vücutları genellikle bükülmez olmasından dolayı, sadece kuyruk yüzgecinin salınmasıyla sağlanır (Lindsey, 1978).



Şekil 1. Vücut ve kuyruk yüzgeci (BCF) kullanarak yüzen balıklarda anguiliform, subkarangiform, karangiform ve tunniform yüzmeye şekillerinin yandan ve üstten görünüşü. Yandan görünüşte taralı olan vücut bölgeleri itme gücünün suya aktarıldığı kısımlardır (Lindsey (1978) den uyarlanmıştır).

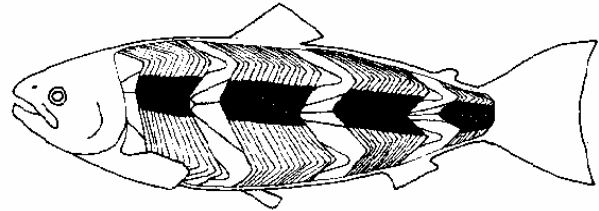
### Yüzmenin Kas Mekanizması ile Olan Etkileşimi

Balığın yüzmesini sağlayan vücut dalgalanmaları, segmentlere ayrılmış yanal kasların, kasılıp gevşemelerinin bir ürünüdür. Miyotom adı verilen bu bölümler, üzerine kas liflerinin yerleştiği miyoseptem adlı bağdoku duvarlarıyla birbirinden ayrılırlar (Bone ve Marshall, 1982). Sürekli olarak yüzerken, yanal kasların kasılması baştan kuyruğa doğru bir dalga halinde artarda devam eder (Wardle ve diğ., 1995). Liflerin miyotom üzerindeki konumlanışları karmaşıktır ve hem omurgadan olan mesafeye hem de vücut boyunca değişiklik gösterirler (Alexander, 1969). Genel olarak deriye yakın lifler uzunlamasına giderken, daha derindeki lifler, uzunlamasına eksene 30°'yi aşabilen farklı açılarla konumlanmış ve spiral şekiller oluşturmuşlardır (Alexander, 1969; Bone ve Marshall, 1982). Miyotomların iç omurgaya yakın kısımdaki liflerinin çoğu üst üste gelmiş V ya da W şekilli konilere benzemektedir (Wardle ve Videler, 1980; Videler, 1993). Alexander (1969), beyaz kasların yönlerindeki özel spiral düzenin, miyotomdaki konumlarının farklılığına rağmen, yüzmeye hareketi sırasında yakın derecede kasılma ve esneme verecek şekilde tasarlandıklarını göstermiştir.

Miyotomdaki kas lifi çeşidinin sayısı türe bağlı olarak 2 ile 5 arasında değişebilir (Johnson, 1981). Bunlardan iki tanesi denizel balık türlerinin çoğunda gözlenmiştir. Farklı hareket fonksiyonu, biyokimyasal bileşimleri, fizyolojik özellikleri ve morfolojik karakterleriyle birbirinden ayırt edilebilirler. Bunlar

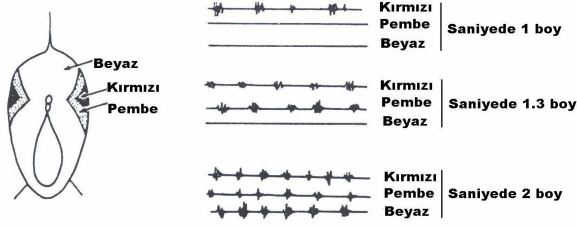
kırmızı (ya da aerobik) ve beyaz (ya da anaerobik) kaslardır. Kırmızı kas lifleri genel olarak yan çizgi boyunca miyotomların deriye yakın kısmında yer alırlar. Boyları daha üniform olup daha küçüktürler. Ayrıca daha yüksek miktarda mitokondri, miyoglobin, yağ ve glikojen içerirler (Greer-Walker ve Pull, 1975; Goldspink, 1981). Kırmızı kas lifleri beyaz kas liflerinden daha zengin damarlandırılmıştır.

Fonksiyonel olarak balıkların miyotomlarında farklı yakıt kaynağını kullanarak (en azından yakıttan ATP üretimi için farklı yolları kullanarak) çalışan iki çok farklı hareket sistemi olduğu bilinmektedir ve miyotomdaki bu ayrı bölgelerin farklı yüzmeye davranışlarında kullanıldığı anlaşılmaktadır (Bone ve Marshall, 1982). Kırmızı ya da aerobik kas sadece hücrelere oksijenin gelebileceği durumlarda kasılır ve oksijen sağlanışındaki herhangi bir kısıtlama performans oranını sınırlandırır. Oysaki beyaz ya da anaerobik kaslar oksijen yokluğunda çok çabuk ve çok güçlü olarak kasılabilir ve kas hücrelerindeki depolanmış glikojen laktik aside dönüştürüldüğünde yorulma olayı görülür (Wardle, 1977). Glikojen deposunun tekrar inşası için oksijen ve 24 saate kadar uzayabilen bir zamana gereksinim vardır. Bu süre içerisinde balık herhangi bir predatör saldırısına karşı kaçma gücünü zayıflatmıştır. Bu sebeple, beyaz kas balıktaki toplam yanal kas hacminin dörtte üçünden daha fazlasını oluşturmasına rağmen (Greer-Walker ve Pull, 1975), birçok balık hayati bir önem taşımadıkça beyaz kaslarını kullanmamaktadır.



Şekil 2. Kemikli bir balıkta üst üste gelen beyaz kas miyotomları ve kırmızı kasların (siyah bölgeler) temel yapısı. Üç boyutlu karmaşık yapıyı göstermek amacıyla bazı miyotomlar çıkarılmıştır (Greene and Greene (1913)'e göre çizilmiştir).

Kasılmış liflerdeki sinirlerin elektrik aktiviteleri, yanal kaslara çeşitli bölgelerden elektrotlar yerleştirip, elektromiyogram (EMG) olarak görüntü alınarak ölçülebilmektedir. Bu konudaki çalışmalar Wardle ve diğ. (1995) tarafından geniş kapsamlı bir derleme olarak yayınlanmıştır. EMG çalışmaları (Bone, 1966) yüzmeye hızına bağlı olarak devreye giren kas türünün bir hiyerarşisi olduğunu göstermiştir. Yavaş yüzmede sadece kırmızı kasların kullanıldığı anlaşılmıştır (Wardle ve Videler, 1980; Bone ve Marshall, 1982; Granzier ve diğ., 1983). Sazan örneğinde (Davidson ve diğ., 1976) olduğu gibi bazı türlerde orta ya da pembe kas liflerinin yüzmeye hızı arttıkça devreye girdikleri (Goldspink, 1981; Videler, 1993) ve son olarak da predatörlerden sakınma ya da av yakalama gibi hızlı yüzme gerektiren durumlarda beyaz kas liflerinin devreye girdikleri belirlenmiştir (Wardle ve Videler, 1980; Goldspink, 1981).



**Şekil 3.** Balıklarda kas yapısı ve kırmızı, pembe ve beyaz liflerin dağılımının genel şekli. EMG elektrotları bu üç farklı kas tabakasına yerleştirilmiş ve farklı yüzme hızlarındaki kayıtlar gösterilmiştir (Goldspink 1981'den uyarlanmıştır). Şekil kırmızı pembe ve beyaz kasların artan yüzme hızına paralel olarak kullanıldığını göstermektedir.

### Yüzme Etkinliklerinin Seviyeleri

Balıkların yüzme etkinliği seviyeleri, herhangi bir hızda yüzebilecekleri zamana bağlı olarak sınıflandırılmaktadır. Birçok deneysel çalışmada üç ana seviye tanımlanmıştır. Bunlar;

**1) Sürdürülebilir yüzme:** Balığın deneysel olarak yorulmadan 200 dakikadan fazla dayanabildiği yüzme hızlarıdır. Sürdürülebilir hızın, genel olarak, balığın sınırsız yüzme yeteneğini belirlediği varsayılmaktadır. Balık bu hız seviyesini göç ve gezinme gibi davranışlarında kullanmaktadır. Sürdürülebilir yüzme için gerekli olan enerji, başlıca kırmızı kas liflerinde bulunan mitokondrideki yağ asitlerinin oksidasyonu ile sağlanmaktadır. Miyotomlardaki kırmızı liflerin oranı, balığın yaşam şeklindeki sürdürülebilir gezinmenin önemi hakkında iyi tahminler vermektedir. Greer-Walker ve Pull (1975), genel olarak pelajik ve göçmen türlerin vücutlarındaki kırmızı kas oranının, sınırlı bir bölgede yaşayan ve pasif türlere göre daha yüksek olduğunu göstermiştir. Oksijenin kırmızı kas dokusuna yeterince hızlı ulaşmadığı ve anaerobik (beyaz) kasların zorunlu olarak kullanılması gereken bir maksimum sürdürülebilir hız vardır.

**2) Uzatılmış yüzme:** Balığın 15 saniye ve 200 dakika arasında sürdürebildiği hızdır. Bu aktivite için gerekli olan enerji hem kırmızı kas liflerinden hem de orta ya da beyaz kas liflerinden sağlanmaktadır. Uzatılmış yüzme aktivitesi, balığın ara sıra hızlandığı gezinmeleri esnasında sıklıkla kullanılmaktadır.

**3) Atılım (ya da patlama) yüzüşü:** Tüm hareket kaslarının katılımı ile gerçekleşmektedir ve beyaz kas liflerindeki glikojenin süratli bir şekilde tükenmesi nedeniyle 15 saniyeden fazla sürdürülemezdir. Atılım seviyesinde yüzmenin tepe noktası "maksimum yüzme hızı" olarak tanımlanmaktadır. Bu hız ise, minimum kas kasılım hızı ile sınırlıdır ve eğer minimum kas kasılım süresi biliniyorsa teorik olarak yaklaşık bir değer hesaplanabilmektedir. (Wardle, 1975; Wardle, 1980; Özbilgin ve Wardle, 2002; Özbilgin, 2002). Maksimum yüzme hızı balıkların hayati önemi olmadığı sürece kullanılmaktan kaçınacağı, daha çok predatörden kaçma ve avını yakalama anında sergiledikleri hızdır. Özbilgin ve Wardle (2002), *Melanogrammus aeglefinus* türünün trol torbasından kaçarken teorik olarak tahmin ettikleri maksimuma çok yakın bir hızda yüzdüklerini göstermişlerdir.

### Yüzme Hızının Su Sıcaklığı ve Balık Boyuna Bağlı Olarak Değişiminin Trol Ağı Torbası Seçiciliğindeki Önemi

Balıkların yüzme hızları, su sıcaklığı ve boylarıyla doğrudan ilişkilidir. Ilık bir ortamda yaşayan küçük bir balığın birim zamanda boy olarak yüzebildiği hız, aynı türün daha soğuk bir ortamda yaşayan daha büyük bireylerine göre daha yüksektir (Özbilgin, 1998). Yüzme hızındaki bu farklılıklar avcılık operasyonu sırasında av aracının seçiciliğinde bazı farklılıklara sebep olabilir. Özbilgin ve diğ. (1996) trol operasyonunda torba seçiciliğinin mevsimsel olarak değişebileceğini göstermiş, Özbilgin ve Wardle (2002), bu değişimin su sıcaklığı ile ilişkisini ortaya koymuştur. Bir genelleme yapılacak olursa, yaşama sınırları içerisinde 10°C'lik bir sıcaklık artışı balığın kas kasılımını ve böylece yüzme hızını yaklaşık olarak iki kat artırmaktadır. Fizyoloji çalışmalarında bu değişim  $Q_{10} = 2$  olarak ifade edilmektedir (Videler, 1993). Balıklar soğuk kanlı canlılar oldukları ve vücut ısıları su sıcaklığına çok yakın olduğu için böyle bir genelleme yapılmakla beraber, vücut sıcaklıklarını su sıcaklığının üstünde tutabilen bazı büyük ton ve köpek balığı türleri, daha yüksek kas sıcaklıklarına sahip olabildiklerinden, aynı ortamda yaşayan diğer türlere göre çok daha hızlı yüzebilirler.

Sıcaklığın azalması, yüzme hızını ve sürekliliğini azaltır (He, 1993). Bu azalma trol ağının ağız kısmında, balıkların daha kısa süreli yüzmeleri ve torba gözlerinden kaçmak için daha uzun bir zamana ihtiyaç duymaları demektir. Su sıcaklığı düşüşüne bağlı olarak, yüzme performansında görülen azalmanın, deniz suyunun soğuk olduğu kış ve ilkbahar aylarında trol ağlarının seçiciliğini de düşürmesi beklenmektedir.

Yüksek sıcaklık, balıklarda yüzme hızını artırır ve torba gözünden geçmeyi kolaylaştırır. Örneğin He (1993), teorik hesaplamalarına göre, 8°C su sıcaklığında 55 cm boya sahip morina balıkları 200 mm; 20 cm ve bundan daha küçük boydaki balıklar ise 110 mm göz açıklığına sahip ve saatte 3.5 mil hızla çekilen ağdan kaçabilmektedirler. Su sıcaklığı 0°C'ye düştüğünde ise hemen hemen hiçbir balık aktif olarak ağdan kaçamamaktadır.

$Q_{10}$  değeri gibi  $Q_{10cm}$  değeri de hesaplanabilir. Bu aynı su sıcaklığında, aynı türün farklı boylardaki bireylerinin kas kasılım hızlarından yola çıkarak maksimum yüzme hızlarındaki değişimin hesaplanması demektir. Yapılan çalışmalar  $Q_{10cm}$  değerinin 0.85 ile 0.90 arasında yoğunlaştığını (Videler ve Wardle, 1991; Özbilgin, 1998), bir başka deyişle, her 10 cm'lik boy artışının balığın birim zamanda boy cinsinden hızını yaklaşık %10-15 azalttığını göstermektedir. Bu, eşit yorgunluktaki balıklardan, küçük olanların ağ gözünden kaçarken, aynı türün büyük bireylerine göre daha kısa zamanda kaçışı tamamlayabilecekleri anlamına gelmektedir (Özbilgin ve Wardle, 2002). Bir başka deyişle düşük çekim hızları büyük boylu balıkların ağdan kaçışını nispeten kolaylaştırmaktadır. Örneğin, yine He (1993) teorik hesaplamalarına göre 8°C'de saatte 2.5 mil hızla çekilen 130 mm göz genişliğine sahip trol ağından 35 cm boya sahip morino balıkları kaçabilirken, aynı göz genişliğindeki trol ağı 4.5 mil hızla çekildiğinde ancak 20 cm boyundaki balıklar kaçabilmektedir.

Yüzme hızı boy cinsinden değil de birim zamanda yüzülen mesafe ya da sabit hızla hareket eden bir av aracının önünde sürülme olarak değerlendirildiğinde büyük balıkların küçükler nazaran yüzme sürekliliklerinin daha uzun olduğu görülmüştür (Wardle, 1993). Çünkü balıklar her tam kuyruk çırpışında boylarının yaklaşık 0.7'si kadar mesafe yüzmektedirler (Özbiçin, 1998). Bu, sabit hızla çekilen bir trolün ağız kısmında biri diğerinden beş kat daha uzun iki balığın yan yana yüzerken, küçük olanın büyüğüne göre beş kat daha hızlı kuyruk çırpması demektir. Rakamlarla vermek gerekirse, 1 m/sn hızla çekilen bir trolün ağız kısmında (bu yaklaşık olarak saatte 2 mildir) 10 cm boyundaki balık yaklaşık 15 Hz kuyruk çırparken, 50 cm boyundaki balık yaklaşık 3 Hz kuyruk çırpacaktır. Üç Hz kuyruk çırparak yüzen büyük bir balık kırmızı kaslarını kullandığı için, uzun bir süre yorulmadan yüzebilecek ve belki de ağ tekneye çekilirken yüzmesine devam ettiğinden yakalanmayacaktır. Ama 15 Hz kuyruk çırparak yüzen küçük bir balık kırmızı kaslarına ilaveten, beyaz kaslarını da kullanmak zorunda kalacağı için, kısa bir süre sonra ağız kısmında daha fazla yüzemeyip karın, tünel ve son olarak da torba kısmına düşecektir.

## Sonuç ve Öneriler

Balıkların yüzme davranışları konusundaki kayıtlı araştırmalar Aristo'dan günümüze, yaklaşık 2500 yıllık bir geçmişe sahiptir (He, 1986). Yüzme davranışının balıkçılık operasyonu ile ilişkisi ise, özellikle son yarım yüzyılda, sualtı kameralarının balıkların av araçlarına karşı davranışlarını gözlemlemede kullanılmasıyla başlamıştır. Trol avcılığı sırasında bir çok türün ağın ağız kısmında bir süre yüzdüğü, sonra yorulup torbaya doğru gerilediği ve bazılarının torbadan kaçabildikleri gözlenmiştir (Wardle, 1993). Bu davranışları hangi etmenlerin, nasıl tetiklediği, av araçlarının etkinliğini ve seçiciliğini artırmak yolunda yanıtlanması önemli sorular olmuştur. Bu amaçla, yapay akıntı ortamlarında balıkların yüzme performansları incelenmiş ve kas fizyolojisi çalışmalarıyla da sonuçları açıklamakta önemli bulgular ortaya konmuştur. Bu çalışmaların önemli bir kısmında kullanılan yöntemler ve bulunan sonuçlar 1993'te John J. Videler tarafından yazılmış olan "Fish Swimming" başlıklı kitapta on ayrı bölüm altında kapsamlı olarak verilmiştir. Videler'in kitabından sonra da balıkların yüzmesine yönelik çalışmalar doğrudan sualtı gözlemleri, kaslarda EMG kayıtları ve yüzmenin matematiksel modellenmesi konuları ağırlıklı olarak üzere devam etmektedir.

Türkiye suları, henüz yüzme davranışlarıyla ilgili çok sınırlı sayıda basılı materyal olan (Ünsal, 2003; Başaran, 2004) bir çok türü barındırmaktadır. Bu türlerin önemli bir çoğunluğu ticari av operasyonuna maruz kalmakta ve çoğu yeterince seçici olmayan bu operasyonlarda kayda değer miktarda balık iskarta edilmektedir. Av kompozisyonlarında yaygın olarak çıkan türlerin yüzme davranışlarındaki farklılıkların araştırılıp ortaya konması, bu türlerin bir birinden ayrılmasında ve gelecekte daha seçici av araçlarının ve yöntemlerinin önerilmesinde önemli bir etken olacaktır.

## Kaynakça

- Alexander, R. McN., 1969. The orientation of muscle fibres in the myomeres of fishes. J. Mar. Ass. U.K., 49: 263-290.
- Başaran, F., 2004. Kültürü yapılan levrek (*Dicentrarchus labrax* L. 1758) balığının larval gelişim dönemlerindeki davranış özelliklerinin video görüntüleme tekniği kullanılarak belirlenmesi. Ege Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, 159 s.
- Beamish, F. W. H., 1978. Swimming capacity. In Fish Physiology, Vol. VII (ed. W. S. Hoar and D. J. Randall), p. 101-187. New York, Academic Press.
- Beddow, T. A., J. L. Van Leeuwen, I. A. Johnston, 1995. Swimming kinematics of fast starts are altered by temperature acclimation in the marine fish *Myoxocephalus scorpius*. J. Exp. Biol., 198: 203-208.
- Bone, Q., 1966. On the function of two types of myotomal muscle fibre in elosmobranch fish. J. Mar. Biol. Ass. U.K., 46: 321-349.
- Bone, Q., N. B. Marshall, 1982. Biology of fishes. Chapman and Hall. 253pp.
- Davison, W., G. Goldspink, I. A. Johnston, 1976. The division of labour between fish myotomal muscles during swimming. J. Physiol., Lond., 263: 185-186.
- Domenici, P., R. W. Blake, 1993. The effect of size on the kinematics and performance of angelfish (*Pterophyllum eimekei*) escape responses. Can. J. Zool., 71: 2319-2326.
- Domenici, P., R. W. Blake, 1997. The kinematics and performance of fish fast start swimming. J. Exp. Biol., 200: 1165-1178.
- Goldspink, G., 1981. The use of muscles during flying, swimming and running from the point of view of energy saving. Symp. Zool. Soc. Lond., 48: 219-238.
- Granzier, H. L. M., J. Wiersma, H. A. Akster, J. W. M. Osse, 1983. Contractile properties of a white-and a red-fibre type of the M. Hyohyeudeus of the carp (*Cyprinus carpio* L.). J. of Comp. Physiol., 149: 441-449.
- Gray, J., 1968. Animal locomotion. World naturalist series. London: Weidenfeld and Nicholson. 479pp.
- Greer-Walker, M., G. A. Pull, 1975. A survey of red and white muscle in marine fish. J. Fish Biol., 7: 295-300.
- Greene, C. W., C. H. Grene, 1913. The skeletal musculature of the king salmon. Bull. U. S. Bur. Fish., 33: 21-60.
- He, P., 1986. Swimming performance of three species of marine fish and some aspects of swimming in fishing gears. PhD thesis, University of Aberdeen. 232 pp.
- He, P., C. S. Wardle, 1988. Endurance at intermediate swimming speed of Atlantic mackerel, *Scomber scomburus* L., herring, *Clupea harengus* L., and saite, *Pollachius virens* L. J. Fish Biol., 33: 255-266.
- Ikai, M., T. Fukunaga, 1968. Calculations of muscle strength per unit cross-section area of human muscle by means of ultrasonic measurement. Int. Z. Angew. Physiol., 26: 26-32.
- Johnson, T. J., A. J. Cullum, A. F. Bennett, 1993. The thermal dependence of C-start performance in fish: Physiological versus biophysical effects. Am. Zool., 33: 65A.
- Johnston, I. A., 1981. Structure and function of fish muscles. Symp. Zool. Soc. Lond., 48: 71-113.
- Johnston, I. A., J. Salamonski, 1984. Power output and force-velocity relationships of red and white muscle fibres from the pacific blue marlin (*Makaira nigricans*). J. exp. Biol., 111: 171-7.
- Lindsey, C. C., 1978. Form, function and locomotory habits in fish, in Fish Physiology, Vol. VII, Locomotion (eds W.S.Hoar and D.J. Randall), Academic Press, London, pp. 1-100.
- Özbiçin, H., 1996. Variation in the haddock length/girth relationship and its effect on cod-end retention. ICES CM 1996/B:19.
- Özbiçin, H., 1998. The seasonal variation of trawl codend selectivity and the role of learning in mesh penetration behaviour of fish. PhD thesis, University of Aberdeen. 206 pp.
- Özbiçin, H., 2002. Effect of temperature change on the maximum swimming speed of whiting, *Merlangius merlangus* (Linnaeus, 1758), Turkish Journal of Zoology, 26: 255-262.
- Özbiçin, H., C. S. Wardle, 2002. Effect of seasonal temperature changes on the escape behaviour of haddock, *Melanogrammus aeglefinus*, from the codend. Fisheries Research, 58/3: 323-331.
- Ünsal, S., 2003. Balık Davranışları, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, No: 70, 174 pp.
- Videler, J. J., 1993. Fish swimming. Chapman and Hall.
- Wardle, C. S., 1975. Limit of fish swimming speed. Nature, Vol. 255, No.

- 5511: 725-727.
- Wardle, C. S., 1977. Effect of size on the swimming speed of the fish. In scale effects in animal locomotion. (Ed. Pedley, T. J.) Academic Press, London, pp. 299-313.
- Wardle, C. S., Videler, J. J., 1980. Fish swimming. In Aspects of animal movement (Ed. Elder, H. Y. and Trueman, E. R.). Cambridge university press. pp. 125-150.
- Wardle, C. S., 1980. Effects of temperature on the maximum swimming speeds of fishes. In Environmental Physiology of Fishes (Ed. M. A. Ali) NATO Advanced Study Institute, Series A Vol. 35, pp 519-532.
- Wardle, C. S., J. J. Videler, T. Arimato, J. M. Franko, P. He, 1989. The muscle twitch and the maximum swimming speed of giant bluefin tuna, *Thunnus thynnus* L. J. Fish Biol., 35: 129-137.
- Wardle, C. S., 1993. Fish behaviour and fishing gears. In Behaviour of Teleost Fishes (Ed. T. J. Pitcher). Croom Helm, London and Sydney, Second Edition, Pp 463-495.
- Wardle, C. S., 1995. A review of fish behaviour in relation to species separation and selectivity in mixed fisheries. ICES C.M. 1995/B+G+H+J+K:3.
- Webb, P. W., 1978. Temperature effects on acceleration of rainbow trout, *Salmo gairdneri*. J. Fish. Res. Board Can., 35: 1417-1422.
- Webb, P. W., 1976. The effect of size on the fast start performance of rainbow trout, *Salmo gairdneri*, and a consideration of piscivorous predator-prey interactions. J. Exp. Biol., 65: 157-177.