

T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İSTAVRİT (*Trachurus mediterraneus* (Linnaeus, 1758)) VE MEZGİT
(*Merlangius merlangus* (Linnaeus, 1758)) BALIKLARI KAS İĞLERİNİN
HİSTOLOJİK OLARAK İNCELENMESİ

SOUAD A. SALEH ADEM

Danışman
Jüri Üyesi
Jüri Üyesi
Jüri Üyesi
Jüri Üyesi

Prof. Dr. Mahmut ELP
Prof. Dr. Hünkar Avni DUYAR
Doç. Dr. Süleyman ÖZDEMİR
Doç. Dr. Adem Yavuz SÖNMEZ
Dr. Öğr. Üyesi Ertuğrul TERZİ

DOKTORA TEZİ
SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİ ANA BİLİM DALI

KASTAMONU – 2019


TEZ ONAYI

Souad A. Saleh ADEM tarafından hazırlanan "**İstavrit (*Trachurus mediterraneus* (Linnaeus, 1758)) Ve Mezgit (*Merlangius merlangus* (Linnaeus, 1758)) Balıkları Kas İğlerinin Histolojik Olarak İncelenmesi**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde savunulmuş ve **oy birliği / oy çokluğu** ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİ Ana Bilim Dalı**'nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman	Prof. Dr. Mahmut ELP Kastamonu Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Prof. Dr. Hünkar Avni DUYAR Sinop Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Süleyman ÖZDEMİR Sinop Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Adem Yavuz SÖNMEZ Kastamonu Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Dr. Öğr. Üyesi Ertuğrul TERZİ Kastamonu Üniversitesi	

14/06/2019

Enstitü Müdürü Prof. Dr. Hasbi YAPRAK



TAAHHÜTNAME

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildirir ve taahhüt ederim.

Souad A. SALEH ADEM



ÖZET

Doktora Tezi

İSTAVRİT (*Trachurus mediterraneus* (Linnaeus, 1758)) VE MEZGİT (*Merlangius merlangus* (Linnaeus, 1758)) BALIKLARI KAS İĞLERİNİN HİSTOLAJİK OLARAK İNCELENMESİ

Souad A.Saleh ADEM
Kastamonu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Su Ürünleri Yetiştiricilik Ana bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mahmut ELP

Kas iğciği, istavrit ve mezgıt balıklarının mandibulaya tutunan kasları (adductor mandibulae II), operkulum kasları (levator opercula) ve pektoral kaslarında (yüzeysel addüktör) gözlemlendi. Kas iğciğinin yapısını, sayısını, dağılımını ve yoğunluğunu görmek için genel histolojik teknikler (Hematoksilen ve Eozin ile parafin ve kriyostat seri kesitleri) uygulandı ve kas iğcik morfolojisi ve innervasyonunu görmek için gümüş impregnasyon tekniği kullanıldı.

Bu, pektoral ve operkulum kaslarında varlığının ilk kez gösterimi olmuştur, ayrıca daha önce Maeda vd. tarafından onaylanan mandibulaya tutunan kaslardaki varlığının da ilk gösterimi olmuştur.

Mezgıt mandibulaya tutunan kasları, İstavritten daha fazla sayıda ve daha fazla yoğunluğa sahipti. İstavrit operkulum kasları, Mezgitten daha fazla sayıda ve daha fazla yoğunluğa sahipti, Mezgıt pektoral kasları ise İstavritten daha fazla sayıda ve daha fazla yoğunluğa sahiptir.

Her iki türdeki kas iğciklerinin duyu ve motor innervasyonları, boyanmış ve kızıştırılmış preparatlarla incelenmiştir. Çoğu kas iğciği bir duyu innervasyona sahiptir ve iki duyu innervasyonu olan sadece bir kas iğciği gözlemlenmiştir, Bu kas iğciği motor beslemesini ektrafuzal kas liflerini besleyen aksondan kutup bölgesine almaktadır.

Mezgitin adductor mandibular II kasında, iki iğciğin bir araya geldiği ve intrafuzal kas liflerinin ayrı kapsüllerde kaldığı karmaşık bir çift iğcik gözlemlenmiştir ve kompleks çift iğcikleri oluşturan iğciklerden birinin dış kapsülüne bağlı bir kan damarı gözlemlendi.

Anahtar Kelimeler: Kas iğciği, İtrafuzal kas lifi, Ektrafuzal kas lifi, İstavrit, Mezgıt, Kastamonu, Karadeniz

2019, 75 sayfa
Bilim Kodu: 1207

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

HISTOLOGICAL INVESTIGATION OF THE MUSCLE SPINDLE OF
MEDITERRANEAN HORSE MACKEREL (*Trachurus mediterraneus* (Linnaeus,
1758)) AND WHITING (*Merlangius merlangus* (Linnaeus, 1758))

Souad A.Saleh ADEM
Kastamonu University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Aquaculture

Supervisor: Prof. Dr. Mahmut ELP

The muscle spindle was observed in mandibular muscle (adductor mandibulae II), operculum muscle (levator opercula) and pectoral muscle (superficial adductor) of Mediterranean horse mackerel and whiting fishes. General histological techniques (paraffin and cryostat serial sections by Hematoxylin and Eosin) was applied to see muscle spindle structure, number, distribution and density, and silver impregnation technique to see muscle spindle morphology and innervation.

This is the first time have been demonstrated its existence in the pectoral and operculum muscles as well as have been demonstrated its existence in the mandibular muscles that had previously been confirmed by Maeda and his colleagues.

Whiting mandibular muscles have more number and density than Mediterranean horse mackerel. Mediterranean horse mackerel operculum muscles have more number and density than whiting. whiting pectoral muscles have more density and an equal number to Mediterranean horse mackerel.

The sensory and motor innervations of muscle spindles in both species were studied from teased preparations stained. Most muscle spindles have one sensory innervation and only one muscle spindle with two sensory innervations was observed and receives its motor supply to the polar region from axon that supplying the extrafusal muscle fibers.

A complex pair spindles were observed in adductor mandibular II of whiting in which two spindles combined together and their intrafusal muscle fibers remain separately encapsulated and a blood vessel was observed linked to the outer capsule of one of the spindles which forming the complex pair spindles.

Key Words: Muscle spindle, Intrafusal muscle fiber, Extrafusal muscle fiber, Mediterranean horse mackerel, Whiting, Kastamonu, Blacksea.

2019, 75 pages

Science Code: 120

TEŞEKKÜR

Öncelikle, bu çalışmayı yapmamı sağlayan Allaha şükrederim. Bana her zaman talimatları ile destek veren ve tüm araştırma ihtiyaçlarım için yardım sağlayan hocam Prof. Dr. Mahmut ELP'e teşekkür ederim. Yardımını asla esirgemeyen Dr. Nejdet GÜLTEPE'ye teşekkür borçluyum. Ayrıca sürekli işbirliğinden dolayı Dr. Dilşad ÖZERKAN'a da teşekkür ederim. Arş. Gör. Mustafa İbrahim OSMANOĞLU'na işbirliğinden dolayı teşekkür ederim. Sonuncusu ama en önemlisi, kocama ve aileme, çalışmamı yürütmek ve tezimi bitirmek için bana güven veren devamlı moral destekleri için minnettarlığımı belirtmek isterim. Bu çalışmanın sonuçlarının, bu alanla ilgilenen kişiler için ve gelecekteki çalışmalarda yeni araştırmalara katkıda bulunmak adına yararlı olacağını umuyorum.

Souad A.Saleh ADEM
Kastamonu, Haziran, 2019

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEZ ONAYI.....	i
TAAHHÜTNAME.....	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
TABLolar DİZİNİ	xii
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR VE İNCELEME	4
2.1. İntrafuzal Kas Fibrilleri.....	4
2.2. Uzunluk ve Çap.....	6
2.3. Çekirdeklenme	7
2.4. Ultrastrüktür	8
2.5. Gelişim	9
2.6. Kapsül ve Vasküler Akım	11
2.7. Kas İğciği Birim Tipleri	11
2.8. Sayı ve Dağılım.....	13
2.9. İnnervasyon	14
2.10. Ektrafuzal Kas Fibrilleri	15
3. MATERYAL VE YÖNTEM	17
3.1. Çalışma Tasarımı.....	17
3.1.1. Deneysel Balıklar	19
3.2. Yöntem	21
3.3. Histolojik İşlemler.....	22
3.4. Fotoğraflama	25
4. BULGULAR	33
4.1. Enine ve Boyuna Kesitlere Göre Gözlemler	33
4.1.1. Kas iğciğinin Sayısı ve Yoğunluğu.....	33
4.1.2. Kas iğciğinin konumu	36
4.1.3. Kas iğciğinin morfolojisi:	40
4.1.4. Kas iğciğinin Kan Akımı.....	41
4.1.5. Kompleks Kas iğcikleri.....	42
4.2. Gümüş İmpregnasyon Yöntemine Göre Gözlemler.....	45
4.2.1. Kas iğciklerinin morfolojisi	45
4.2.2. Kas iğciğinin innervasyonu.....	47

4.2.3. Ektrafuzal Kas Fibrillerinin yapısı:	47
5. TARTIŞMA.....	54
6. SONUÇ	57
KAYNAKLAR	59
Peters, S.R. (2010) Practical Guide to Frozen Section Technique, Springer Science Business Media, New York.....	67
EKLER.....	71
ÖZGEÇMİŞ	75



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

µm	Mikrometre
Ç	Çekirdek
dH ₂ O	Damıtılmış su
Dİ	Duyusal innervasyon
DK	Dış kapsül
EF	Ektrafuzal kas lifi
EKB	Ekvatorial bölge
EtOH	Etil alkol
g	Gram
H-E Boya	Hematoksilen ve Eozin boyası
İF	İntrafuzal kas lifleri
İK	İç kapsül
kb	kutupsal bölge
KD	Kan damarı
Kİ	Kas iğciği
km	Kilometre
mi	Mil
Mİ	motor innervasyon
MUK	motor uç katmanı
MUS	motor uç salkımı
ÖLD	ön latissimus dorsi
PBS	Fosfat tampon çözeltisi
STZ	Streptozotosin
t ₁ c içcik birimi	torba ₁ ve zincir lifler
t ₁ t ₂ c içcik birimi	torba ₁ , torba ₂ ve zincir lifler
t ₂ c içcik birimi	torba ₂ ve zincir lifler

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1. İstavritin genel morfolojisi	20
Şekil 3.2. Mezgit genel morfolojisi	21
Şekil 4.1. İstavrit ve Mezgitin addüktör mandibula II'de incelenen kas sayısının, ortalama kas ağırlığının, MS sayısının ve MS yoğunluğunun karşılaştırılmasını gösteren şema.	34
Şekil 4.2. İstavrit ve Mezgitin levator operculi kasında incelenen kas sayısının, ortalama kas ağırlığının, MS sayısının ve MS yoğunluğunun karşılaştırılmasını gösteren şema.	35
Şekil 4.3. İstavrit ve Mezgitin yüzeysel addüktör kasında incelenen kas sayısının, ortalama kas ağırlığının, MS sayısının ve MS yoğunluğunun karşılaştırılmasını gösteren şema.	36
Şekil 4.4. Boyuna rekonstrüksiyon, İstavrit ve Mezgitte adductor mandibulae II MS dağılımını göstermektedir.....	37
Şekil 4.5. Boyuna rekonstrüksiyon, İstavrit levator operculi MS dağılımını göstermektedir.....	38
Şekil 4.6. Boyuna rekonstrüksiyon, İstavrit ve Mezgitte yüzeysel addüktörde MS dağılımını göstermektedir.....	38
Şekil 4.7. İstavrit ve Mezgitte levator operculi kasında adductor mandibulae II, levator opercula ve yüzeysel addüktör kasında kas içciklerinin dağılımını gösteren şema.....	39
Şekil 4.8. Ekstrafuzal kas fibrilleri arasında yer alan kas içciği görülen Mezgitin yüzeysel addüktör kasının 8 µm boyuna kesitinin fotomikrografisi (H-E boyası, x 400). OC = dış kapsül, IF = intrafuzal kas fibrili, EF=ekstrafuzal kas fibrili, EQR = ekvatorial bölge, PR = kutupsal bölge.	42
Şekil 4.9. Ekstrafuzal kas fibrilleri arasında yer alan kas içciği görülen Mezgitin yüzeysel addüktör kasının 8 µm boyuna kesitinin fotomikrografisi (H-E boyası, x 400). OC = dış kapsül, IF = intrafuzal kas fibrili, EF = ekstrafuzal kas fibrili, EQR = ekvatorial bölge, PR=kutupsal bölge, N=çekirdekler	43
Şekil 4.10. Çift kapsül tarafından çevrili ekstrafuzal kas fibrilleri arasında yer alan kas içciği görülen İstavritin levator operculi kasının 8 µm enine kesitinin fotomikrografisi (H-E boyası, x 400). OC = dış kapsül, IC=iç kapsül, IF= İntrafuzal kas fibrili, EF= ekstrafuzal kas fibrili, SI=duyusal innervasyon, TR= trabeküller	43
Şekil 4.11. Ekvatorial bölgede ekstrafuzal kas fibrilleri arasında yer alan kas içciği görülen İstavritin adductor mandibular II kasının 8 µm boyuna kesitinin fotomikrografisi (H-E boyası, x 400). OC = dış kapsül, IC= iç kapsül, IF= İntrafuzal kas fibrili, SA= duyusal akson, N= çekirdek.....	44

- Şekil 4.12. Kompleks çift kas iğciği görülen Mezgitin adductor mandibular II kasının 8 µm enine kesitinin fotomikrografisi (H-E boyası, x 400). OC=dış kapsül, IC= iç kapsül, IF= İntrafuzal kas fibrili, EF=ekstrafuzal kas fibrili, MS₁ ve MS₂= kompleks çift iğcik, TR=trabeküller, BV=kan damarı. 44
- Şekil 4.13. Ekvatorial bölgesinde MS görülen İstavritin adductor mandibulae II kasından ayrıştırılan bir kas iğciğinin fotomikrografisi ve duyusal innervasyonu (gümüş boyası, x400). OC= dış kapsül, IF= intrafuzal kas fibrili, SI= duyusal innervasyon, IC= iç kapsül, PR= polar bölge.... 46
- Şekil 4.14. İstavrit ve mezgitin ortalama intrafuzal kas fibrillerinin çapını gösteren şema..... 46
- Şekil 4.15. Juksta ekvatorial bölgesine kadar uzanan duyusal innervasyonu ile MS gösteren Mezgitin yüzeysel addüktör kasından ayrıştırılmış bir MS'nin fotomikrografisi (gümüş boyası, x 400). EF= ekstrafuzal kas fibrili, IF=intrafuzal kas fibrili, EQR= ekvatorial bölge, OC= dış kapsül, SI=duyusal innervasyon, JER= juksta ekvatorial bölge..... 48
- Şekil 4.16. Duyusal innervasyonu ile ekvatorial ve kutupsal bölgelerde MS gösteren Mezgitin adductor mandibulae II kasından ayrıştırılmış bir kas iğciğinin fotomikrografisi (gümüş boyası, x400). OC= dış kapsül, IF=intrafuzal kas fibrili, EF= ekstrafuzal kas fibrili, SI= duyusal innervasyon, EQR=ekvatorial bölge, PR= polar bölge. 48
- Şekil 4.17. İstavrit ve Mezgitin ortalama duyusal bölge ve MS uzunlukları 49
- Şekil 4.18. Motor beslemesini ekstrafuzal kas fibrili sinir dalından alan bir MS gösteren istavritin levator opercula kasından ayrıştırılmış bir MS fotomikrografisi. (Gümüş boyası, x200). EF= ekstrafuzal kas fibrili, MI=motor innervasyon, EQR= ekvatorial bölge, PR= kutupsal bölge. ... 49
- Şekil 4.19. Küçük, orta ve büyük boylarda kas fibrilleri gösteren istavritin adductor mandibulae II kasından ayrıştırılmış ekstrafuzal kas fibrillerinin fotomikrografisi (gümüş boyası, x 200)..... 50
- Şekil 4.20. Granül ekstrafuzal kas fibrilleri gösteren istavritin yüzeysel addüktör kasından ayrıştırılmış ekstrafuzal kas fibrillerinin fotomikrografisi (gümüş boyası, x 200). EF=ekstrafuzal kas fibrili, G=glikojen granülleri.50
- Şekil 4.21. Bir kas fibrili üzerinde katman uç şeklinde biten motor aksonu ve kas fibriline paralel uzanan bir kan damarı gösteren istavritin adductor mandibular II kasından ayrıştırılmış ekstrafuzal kas fibrillerinin fotomikrografisi (gümüş boyası, x 400). EF= ekstrafuzal kas fibrili, MI=motor innervasyonu, MEP= motor uç salkımı, BV=kan damarı. 51
- Şekil 4.22. Bir kas fibrili üzerinde katman uç şeklinde biten motor aksonu gösteren istavritin yüzeysel addüktör kasından ayrıştırılmış ekstrafuzal kas fibrillerinin fotomikrografisi (gümüş boyası, x 200). EF= ekstrafuzal kas fibrili, MI= motor innervasyon, MEP = motor uç katmanı. 51
- Şekil 4.23. Bir kas fibrili üzerinde katman uç şeklinde biten iki motor aksonu gösteren Mezgitin yüzeysel addüktör kasından ayrıştırılmış ekstrafuzal

- kas fibrillerinin fotomikrografisi (gümüş boyası, x 200).
EF=ekstrafuzal kas fibrili, MI₁, MI₂= motor innervasyonları, MEP₁,
MEP₂= motor uç katmanları. 52
- Şekil 4.24. Bir kas fibrili üzerinde salkım uç şeklinde biten motor aksonu gösteren istavritin yüzeysel addüktör kasından ayrıştırılmış ekstrafuzal kas fibrillerinin fotomikrografisi (gümüş boyası, x 200). EF= ekstrafuzal kas fibrili, MI= motor innervasyon, MEG= motor uç salkımı. 52
- Şekil 4.25. Bir kas fibrili üzerinde salkım uç şeklinde biten motor aksonu gösteren Mezgitin yüzeysel addüktör kasından ayrıştırılmış ekstrafuzal kas fibrillerinin fotomikrografisi (gümüş boyası, x 1000). EF =ekstrafuzal kas fibrili, MI= motor innervasyon, MEG= motor uç salkımı. 53
- Şekil 4.26. Bir kas fibrili üzerinde salkım uç şeklinde biten motor aksonu gösteren Mezgitin adductor mandibular II kasından ayrıştırılmış ekstrafuzal kas fibrillerinin fotomikrografisi (gümüş boyası, x 400). EF= ekstrafuzal kas fibrili, MI= motor innervasyon, MEG= motor uç salkımı. 53

TABLolar DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 3.1. Araştırma için seçilen kasların Kök, Bağlantı Yuvası ve İşlevleri	18
Tablo 4.1. İstavrit ve mezigitin adductor mandibulaya tutunan kaslarının karşılaştırılması (adductor mandibulae II)	33
Tablo 4.2. İstavrit ve mezigitin operkulum kaslarının karşılaştırılması (levator opercula).....	33
Tablo 4.3. İstavrit ve mezigitin pektoral kaslarının karşılaştırılması (superficial adductor).....	33
Tablo 4.4. İstavrit ve Mezigit balıklarında adductor mandibulaya tutunan kaslarda (adductor mandibulae II) MS dağılımının karşılaştırılması	39
Tablo 4.5. İstavrit ve Mezigit balıklarında operkulum kaslarda (levator opercula) MS dağılımının karşılaştırılması	39
Tablo 4.6. İstavrit ve Mezigit balıklarında pektoral kaslarda (superficial adductor) MS dağılımının karşılaştırılması	39
Tablo 4.7. İstavrit ve Mezigitin adductor mandibulae II kasında iç kapsül, dış kapsül ve intrafuzal kas fibrili çapları ve kas içiği uzunluklarının karşılaştırılması	40

FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

	Sayfa
Fotoğraf 3.1. Örneklenen balıkların ağırlığının tartılması	26
Fotoğraf 3.2. Örneklenen balıkların diseksiyonu	26
Fotoğraf 3.3. Örneklenen balıkların kas diseksiyonu.....	27
Fotoğraf 3.4. Örneklenen balıkların kas ağırlığı tartımı.....	27
Fotoğraf 3.5. Örneklenen balıkların kas uzunluklarının ölçümü	28
Fotoğraf 3.6. Kriyostat ile kas kesitlerinin alınması	28
Fotoğraf 3.7. Örneklenen kasların kesit boyanması.....	29
Fotoğraf 3.8. Mikrotom ile kas kesitlerinin alınması	29
Fotoğraf 3.9. Kas kesitin su banyosuna koyulması.....	30
Fotoğraf 3.10. Kesitlerin lamlara aktarılması	30
Fotoğraf 3.11. D.P.X ile kesitlerin lama alınması ve lamellerle kapatılması.....	31
Fotoğraf 3.12. Kasları 5 gün boyunca 37 °C'de %1.5 gümüş nitratta inkübe edilmesi	31
Fotoğraf 3.13. Kasları diseksiyon mikroskobu altında bir çift ince iğne ile ayrılması	32
Fotoğraf 3.14. Kesitlerin ve ayrılmış kas içciklerinin fotoğraflanması	32

1. GİRİŞ

Kas içcikleri, omurgalıların kas fibrilleri arasında yer alan periferik mekanoreseptörlerden biridir. İlk olarak 1861'de Weisman tarafından kurbağa kasında gözlenmiş ve tanımlanmıştır. Merkezi sinir sistemine mutlak kas uzunluğu ve kas uzunluğundaki değişiklikler hakkında bilgi ileterek iskelet kaslarının kas uzunluğundaki değişim hissinden sorumludur (Barker, 1974; Barker & Banks, 1994; Hunt, 1990; Proske, 2005; Macefiled & Knellwolf, 2018). Kas içcikleri diğer reseptörler gibi değildir. Yapıları, dağılımları, inervasyonları ve fonksiyonları konusunda birçok çalışmanın hedefi olmuştur (Jami vd., 1985; Greer & Stein, 1990; Lin, & Crago, 2002; Bewick & Banks, 2015 & Blum vd., 2017). Bunun nedeni ise belki de içciklerin daha karmaşık, daha bol ve daha kolay ulaşılabilir olmasıdır. Kas içcikleri memelilerde hareket ve duruş kontrolünün sağlanmasında önemli bir role sahiptir. Bu reseptörlere sahip olmayan fareler ise ağırlıklarını destekleyemezler ve anormal bir duruşa sahiptirler (Ernfors vd., 1994; Walro Kucera 1999 & Andrechek vd., 2002). Beş dönem oldukça yoğun bir histolojik aktivite olmuştur. İlki 1860'da içciğin ilk keşfedilmesiyle başlamıştır. İkincisi 1890'larda aferentin bir uç organ olduğu kanıtlandığında ve bunun içinde iki tip aferent uç farkedildiğinde olmuştur. Üçüncüsü 1920'lerin sonlarında dejenerasyon deneylerinin bir öncekine göre daha yeterli bir şekilde yapıldığında ve böylece motor destek sistemi varlığı belirlediğinde gerçekleşmiştir. Dördüncü dönem, 1956'da iki farklı intrafüzal kas fibrili türü olduğunun fark edilmesiyle başlamıştır. Son olarak beşinci ve en modern dönem olan 2000'lerde içciğin özellikle de insanlarda motor performansındaki rolü ve işlevi hakkında gerçekleşmiştir ve bu dönem daha yoğun bir şekilde ilerlemiştir.

Her bir kas içciği, üç ayrı bölgeden oluşmaktadır: ortada ekvatorial bölge (A bölgesi olarak adlandırılır), daha sonra ekvatorial bölgenin her iki tarafında da juksta-ekvatorial bölgeler (B bölgesi olarak adlandırılır) ve ucundaki kutupsal bölgeler (C bölgesi) olarak adlandırılır. (Barker & Banks, 1994). Uçları ise tendon, ektrafüzal endomisyum veya bağ dokusuna bağlanmaktadır.

Kas iciğinin temel özelliği, hem sinir hem de kas öğelerini içermesidir. Kas ğeleri, ortak (ekstrafuzal) kas fibrillerine paralel olarak demetler halinde uzanan küçük (intrafuzal) kas fibrilleridir, sinirsel öğeler ise bunları besleyen sinirlerdir. Hem duysal hem de motor iletimini algılamaktadır. Kas uzunluğundaki aktif ve pasif değişikliklere cevap veren duysal iletim, fusiform, sıvı dolu bir kapsül ile korunmakta ve intrafusal demetin ekvatorial bölgesini kaplamaktadır. Motor iletimi ise her bir tarafa uzanan kutup bölgelerine yapılan dağıtım olarak tanımlanmaktadır. Motor iletiminin aktivasyonu, kutupsal bölgelerde duysal deşarjı değiştiren kasılmalara neden olur.

Reseptörün ilk olarak dört ayaklılarda duruş ve hareket ile ilgili yerçekimi önleyici kaslarda ortaya çıktığı genel bir varsayımdır. Ancak Maeda vd (1983) daha erken bir oluşumun balığın çene kapanma kasında olduğunu öne sürerek somon balığında bu kasta monofibril iciklerin bulunduğunu tespit etmişlerdir. Bu arada, Fessard & Sand (1937), yaptıkları çalışmada aynalı vatoz balığı ve köpekbalığı türlerinin kaslarında bunun bulunmadığı göstermişlerdir. Bunun yanı sıra Saed (1990) alabalığın çene kapanma kasındaki reseptör üzerine kapsamlı bir araştırma gerçekleştirmiş, ancak bir bulguya ulaşmamıştır.

Bir kedinin arka bacak kasındaki tipik bir icik, 7-10 mm uzunluğunda, 6-9 kas fibrili demetinden oluşmuştur. Bu fibriller zengin vaskularizeye sahip, hafifçe kapsüllü (genellikle lnn ortasındaki) ve ekvatoryal bölgeye ulaşmak için daha yakın bir intramüsküler sinir gövdesi bırakan bir icik siniri tarafından sinir sistemine bağlanmaktadır. Uzunluk, ap ve ekvator ekirdeklenmesindeki farklılıklara bakılarak, en uzun ve en kalın olanlar, kısa uzunluğu ve ekvator bölgesindeki şişmesi nedeniyle nükleer kese fibrilleri olarak adlandırılır. Az miktarda miyofibril içerir ve yuvarlak kesecikli çekirdeklerle doludur, böylece Barker (1974)'in nükleer kese olarak tanımladığı şeyi doğrulamaktadır. En kısa ve en ince fibriller ekvatorial bölgede tek bir merkezi çekirdek sırası içerir ve nükleer zincir fibrilleri olarak adlandırılır (Barker & Banks, 1994).

Yılan, kertenkele, kaplumbağa ve timsah gibi sürüngen türlerinde kas icikleri ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Bunun sonucunda yılan ve kertenkele türlerinin

dikkate değer olduğu görülmüştür. Çünkü buldukları sürüngenlerde sadece bir kas fibrilinden, nadiren iki fibrilden oluşmuştur (Barker, 1974). Histologlar ekvatoryal bölgedeki farklarına göre ayırt ederek iki tipi kabul etmişlerdir. Birinci tipin kısa, geniş ve belirgin bir kapsülü vardır ve bu kapsül kısa bir uzunluk boyunca çapraz çizgisini yitiren, çapı artan ve bir çekirdek ve granüler sarkoplazma birikimi ile dolu bir kas fibrilini içermektedir. Diğer tip ise tamamı boyunca çapraz çizgili kalan bir kas fibrili içeren, uzun, ince ve belirgin olmayan bir kapsüle sahiptir. Ekvatorial çekirdeklenme bir zincir şeklindedir (Proske, 1969a, b; Proske, 1973; Pallot & Ridge, 1971).

Amfibilerde kurbağanın kas iğciği, birçok histolojik ve elektrofizyolojik çalışmanın konusu olmuştur. Işık mikroskobu ile kutupsal ve ekvatorial bölgeleri, ince kapsülü ve periaksiyal boşluğu kolayca ayırt edilebilmektedir. Aksiyal demet büyük ve küçük intrafuzal kas fibrillerinden oluşur, iki grup için 15 µm ve 7 µm çapa sahiptir ve keseler ve zincirlere ayırım yoktur (Barker, 1974; Brown, 1971).

Kuş iğcikleri iki veya üç tür intrafuzal fibril içermektedir. Memelilerinkinden farklı olarak kuşlardaki ekvatorial fibril yapısı, nükleer kese ve nükleer zincir tipleri olarak sınıflandırılmaya elverişli değildir. Kuş intrafuzal fibrilleri, miyozin ağır zincir bileşimindeki ve motor inervasyonundaki farklılıklara göre türlere ayrılabilirler, ancak bu fibril türlerinin tek tek iğciklere dağılımı kuşlarda memelilerden daha değişkendir (Maier, 1992).

Önceki kas iğciği çalışmalarının çoğu, yapı, yoğunluk, dağılım, dejenerasyon ve fonksiyon üzerine gerçekleşmiştir. Önce memeli iskelet kasları, sonra amfibiler, sonra kuşlar ve sürüngenler üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Balık elastikiyet reseptörleri ve özellikle balık kası iğciği hakkında oldukça az bilgi bulunmaktadır. Bu çalışmanın amacı istavrit (*Trachurus mediterraneus* ve mezigit (*Merlangius merlangus*) balıkları kas iğlerinin histolojik olarak incelenmesidir.

2. LİTERATÜR VE İNCELEME

2.1. İntrafuzal Kas Fibrilleri

İntrafuzal kas fibrili, kas iğciğinin temel bileşenlerinden biridir, kas iğciğide intrafuzal kas fibrilinin ayrılmaz bir parçasıdır.

Kas iğciğinin ikili şekli 1960 lı yıllarda yapılan çalışmalarda üç tip intrafuzal kas fibrilinin ayırt edilmesinden dolayı histokimyasal gözlemlerde detaylı bir şekilde açıklanamamıştır (Barker & Gidumal, 1961; Boyd, 1962; Eldred vd., 1962).

Histokimyasal kanıtlar, gümüş preparatları üzerine yapılan gözlemlerle ilişkilendirildiğinde, iki tür kese fibrili olduğu ortaya koyulmuştur. Bunlar Barker ve Stacey (1970) tarafından nükleer kese ve ara madde olarak, Ovalle ve Smith (1972) tarafından ise kese₁ ve kese₂ olarak kaydedilmiştir.

Bazı araştırmacılar tarafından bildirilen ve farklı iğciklerin ayrı hazırlıkları üzerine yapılan gözlemler sonucunda, histokimya ile elektron mikroskobu arasındaki bağlantı biraz varsayımsal olduğu için net olarak belirlenememiştir ve bir süre için kese fibril türlerinin nasıl sınıflandırılması gerektiği konusunda bir karışıklık yaşanmıştır. Bu sorun Banks vd. (1977) tarafından aynı iğciğin bitişik iki bölümünün, ultrastrüktürel veya histokimyasal çalışma için hazırlanmasına imkan veren bir teknik tasarlamasıyla çözülmüştür. Banks vd. (1977) nin iki tür kese fibrili tipinin ultrastrüktürel ve histokimyasal özelliklerine ilişkin açıklamaları neticesinde tanımlama için Ovalle ve Smith (1972)'in kese₁ ve kese₂ terimlerinin geçerli olduğu kabul edilmiştir.

Farklı histokimyalarına ve ultrastrüktürlerine ek olarak, iki tipin de ekstrakapsüler kutup bölgelerinde bunlarla bağlantılı olan elastik fibrillerin bolluğu (kese₂) veya eksikliği (kese₁) ile (Gladden, 1976) ve fibril kesesi'in sıklıkla ekvator bölgesi boyunca seyri sırasında kese₂ ve zincir fibrillerinden uzak durmasıyla (Barker vd., 1976) histolojik olarak ayırt edilebildiği ortaya çıkmıştır.

Her bir intrafuzal kas fibrili, yapılarında birbirinden ayrılan bir ekvatorial, iki dizi ekvatorial ve iki kutupsal bölgeye bölünmektedir. Yakın tarihli bir tanımlamaya göre, A bölgesi ekvatorial ve her iki dizi ekvatorial bölgeyi içeren duyusal bir bölgedir, B bölgesi intrakapsüler bir bölgedir, C bölgesi ise kutupsal bölgenin ekstrakapsüler kısmını oluşturmuştur (Boyad ve Gladden, 1985)

Bazı içciklerin, zincir fibrillerinden biri kapsülün arkasına doğru uzun bir mesafe boyunca uzanmıştır ve bu durum uzun zincir fibrili olarak adlandırılmıştır (Barker ve Banks, 1986).

Kucera (1980) iki kapsül alt türü daha belirlemiştir. Bunlardan ilki genellikle kapsülün iç tarafına tutunan tipik zincir ve ikincisi uzun zincirli fibriller kadar olmasa da aşırı büyüyen ara zincirlerdir. Bu alt tipler fonksiyonel öneme sahiptir, çünkü uzun ve ara zincirlerin, tipik zincirlerin statik γ aksonları yoluyla statik β aksonlar ile seçici iletimine dair kanıtlar oluşturmuştur.

Soukup ve Thornell (1999) tarafından yapılan birçok kas içiği araştırması olmasına rağmen tanımlanan intrafuzal fibril tiplerinden hiçbirisiyle eşleşen bir bulguya rastlanmamıştır.

Farklı kaslardaki içcikler, fibril tipi ve sayısındaki farklılıklar ile karakterize edilebilmektedir. Kedinin tenuissimus kasında, içiğin kese fibrillerinin sayısı nadiren 2'den fazladır ve uzun zincir fibrilleri azdır, oysa yüzeysel lumbrikal kaslarda 2'den fazla kese fibrili olan (genellikle 3, bazen 4 veya 5) içcikler yaygındır ve uzun zincirli fibrillerin görülme sıklığı yüksektir (Boyad, 1960). İnsan masseter kasında olağandışı sayıda intrafuzal fibril (yaklaşık 15'ten fazla fibril) bulunmaktadır (Eriksson ve Thornell, 1987). Ayrıca insan pazı kası, kese₁, kese₂ ve zincir fibrillerinin sayılarında da farklı bir dağılıma sahiptir (Liu vd., 2002). Yılanlar ve kertenkeleler özel intrafuzal kas fibrillerine sahiptir (Proske, 1969 a, b; Fukami ve Hunt, 1970; Pallot ve Ridge, 1972).

2.2. Uzunluk ve çap

Çoğu iğcikte kese fibrilleri en uzundur ve kese₂ genellikle kese₁'den daha uzun bir yapıya sahiptir (Kucera, 1980). Kedinin tenuissimus kası için donmuş kesitlerle, ortalama kutupsal uzunlukların kese₂ fibrilleri için 2947µm, kese₁ için 2760 µm ve tipik zincirler için 1231µm olduğu bildirilmiştir. 313 iğcik kutbunun %77'sinde kese₂, %14'ünde kese₁ en uzun fibrilti, %3'ünde kese fibriller eşit uzunlukta ve %6'sında en uzun fibril, uzun bir zincir olarak belirtilmiştir.

Uzun zincirli fibriller (kapsülün arkasında 1.0 mm veya daha uzanan) grup olarak sayıldığında, Kucera (1980)'nin çalışmasında ortalama 2990 µm kutupsal uzunlukları en uzun fibriller oldukları kanıtlanmıştır. Bu, ara zincir fibrillerinden birinin (kapsülün arkasında 1.0 mm'den daha az uzananlar) 1928µm'lik değeri ile benzerlik göstermiştir. Sıçan ve tavşanda, kese₁ ve kese₂ genellikle aynı uzunluktaadır (Banks ve James, 1975).

Şimdiye kadar, iki tür kese fibrili ve üç alt tip zincirin olduğu kanıtlandığından beri intrafuzal fibril çapının karşılaştırması veya sistematik bir çalışması yapılmamıştır. Birinciye bitişik ikincil bir ucun olması, kese fibrillerinin, ikincil terminalleri aldıkları bölgelerde çaplarında belirgin bir artışa neden olduğunu ortaya koymuştur (Barker, 1966).

Boyd (1962) tarafından kedinin tenuissimus kası için verilen kese ve zincir fibrilleri için ortalama juksta ekvatorial (i B bölge) apı, kese fibrilleri için $16.86 \pm 2.35\mu\text{m}$ ve zincir için $8.37 \pm 1.85\mu\text{m}$ olduğu belirtilmiştir.

Kedi kası iğciklerinin ekvatorunda, kese₂ fibrili 25 µm ile en büyük çapa ve yan yana 10'a kadar çıkan yuvarlakça çekirdek sayısı ile en büyük nükleer keseye sahiptir. Kese₁, yaklaşık 20 µm çapıyla ve enine bir kesitte sekiz adete kadar çekirdek içerebilen küçük bir kese ile daha ince yapıya sahiptir. Zincir fibrilleri genellikle 10 - 12 µm çapındadır, aksenal bölgede sınırlandırılmış ve periferik bir miyofibril halkası ile çevrelenmiş tek bir uzatılmış çekirdek sırası içermektedir. ekirdekli bölgeler yaklaşık 100 µm uzunluğunda ve kısıadırlar, mutlak bir sıra şekline sahip değildirler (Barker, 1974).

İnsan masseter kasında, intrafuzal kas fibrili çapı yaklaşık 10-20 µm arasındadır (Eriksson ve Thornell, 1990). İnsanda masseter ve pazı çapları sırasıyla 13.5 µm ve 10.0 µm arasındadır (Catharina vd., 2011)

Kuşlarda anterior latissimus dorsi (ALD) ve posterior latissimus dorsi (PLD) intrafuzal kas fibrillerinin çapları sırasıyla 5.0 - 16.0 µm ve 4.5 - 18.5 µm arasında değişmektedir ve evcil kümes tavuklarının ekvatorial bölgesinin yakınlarında 5 - 11 µm arasında değişmektedir (Willim vd., 1999).

Edman vd. (2002) tarafından yapılan araştırmaya göre amfibilerde içcikteki fibrillerin genel olarak, fiber çaplarının ayrıntılı ölçümlerinin yapıldığı 10 -30 dakikalık preparatlarda 4 - 25 µm arasında değişen çaplarda 4-6 adet olduğu bulunmuştur.

Balıklarda, Maeda vd. (1983) tarafından yapılan tek çalışmada, kutupsal bölgede intrafuzal fibrilin çapı 2.8 µm olarak belirtilmiştir.

2.3. Çekirdeklenme

Birçok çalışmada belirtildiği gibi (Banks & Barker, 2004.; Peter vd., 2007; Feher, 2012) çekirdeklerin sayısı ve düzeni ile intrafuzal kese fibrilleri ve intrafuzal zincir fibrillerini ayırt etmek mümkündür. Burada çekirdekler sayıca daha fazladır ve keseye şeklini vermektedir. Ayrıca zincirin şekline göre birikmemekte ve daha az sayıda bulunmaktadır.

Banks & Barker (2004) tarafından intrafuzal kas fibrili çekirdeklenmesi üzerine yapılan araştırmaya göre, intrafuzal kas fibrillerinin çekirdekleri, kutupsal bölgelerde olduğu gibi sarkolemanın tabanında (alt sarkolemma çekirdekleri) periferik olarak veya ekvatorial bölgede olduğu gibi miyofibriller (miyoçekirdekler) arasında iç bölgelerde bulunmaktadır.

Bazı durumlarda, histolojik preparatlarla, alt sarkolemma altındaki çekirdekler ile endomisyal fibrositlerin ve uydu hücrelerinin çekirdeği ayırt edilememektedir. Uydu hücreleri genellikle C bölgesindeki kese₂ fibrilleri ile ilişkilidir, bunlar kese₁ ile daha

az tekrarlarla bağıdırlar ve zincir fibrillerinde nadiren bulunurlar (Banks, 1981). Ekvatorial çekirdeklenme ile ilgili en ayrıntılı bilgi, Banks vd. (1982) tarafından, kedi arka bacaklarının dört tenuissimus iğciğinin yeniden yapılanmasından elde edilmiştir. Nükleer keselerde 52 - 106 miyoçekirdek bulunmuştur, kese₁ ve kese₂ fibrilleri ortalamaları sırasıyla 68 ve 80 arasındadır. Miyotüp bölgelerinde ortalama 9, 6 - 12 miyoçekirdek bulunmaktadır, nükleer zincirlerde bu sayı ortalama 24, 11 - 38 arasında değişmektedir. En uzun zincirli fibrillerin en yoğun çekirdekli olma eğilimi bulunmaktadır ve bunların miyoçekirdeklerinin minyatür nükleer keseler oluşturmak için ekvatorial olarak toplanma eğilimine sahiptir.

2.4. Ultrastrüktür

Mevcut fibril tipleri sınıflandırılmasından önce intrafuzal kas fibrillerinin ince yapıları üzerinde yapılan çalışmalar Barker (1974) tarafından incelenmiştir.

Fibrilin, kolaylaştırmak için M hattının organizasyonuna göre M veya dM olarak tanımlanan iki tür miyofibriler ultrastrüktürü bulunmaktadır (Adal, 1973; Banks vd., 1975; Barker vd., 1976). M durumunda, M çizgisi, her bir sarkomerin ortasını, beş paralel soluk çizgiden (yüksek güç) oluşan tek bir belirgin çizgi (düşük güç) olarak geçerken, dM durumunda, M çizgisi miyofibrillerin oryantasyonuna göre ya görülemez ya da iki paralel soluk çizgi olarak görünmektedir M durumunda, miyofibriller bol miktarda glikojene sahiptir ve I ve Z bantları düzeyinde iyi gelişmiş olarak görünen birçok kalın, uzun mitokondri ve membranöz sistemler (sarkoplazmik retikulum ve transvers tübüller) içeren sarkoplazmada ayrı birimler halinde toplanmıştır. Bu düzeydeki enine kesitlerde, miyofibriller neredeyse tamamen membranöz öğelerle çevrilmektedir. dM durumunun aksine, birkaç interfibriler sarkoplazma, az sayıda glikojen, iyi gelişmemiş membranöz sistemler yer almaktadır ve mitokondriler kısa, ince ve zayıf şekillidir. Kese fibrilleri, dikkat çekici bir şekilde hem M hem de dM'nin bir karışımıdır, oysa zincir fibrilleri, M tipi iyi yapıya sahiptir (Barker ve Stacey, 1970).

Birçok ribozom, küçük mitokondriler, Golgi kompleksleri ve zaman zaman lipit damlacıkları içeren sarkoplazmanın çoğu ekvatorial bölgenin Miyotüpler bölgeleri ve nükleer zincirleri arasındaki boşlukta tespit edildiler (Adal, 1986).

Corvaja vd. (1967) ekvatorial ve juksta ekvatorial bölgelerde iki veya üç zincirli fibrillerin aynı endomisyal kılıfa nasıl birleştiğini açıklamışlardır. Burada ortak bir bazal laminayla çevrelenmişlerdir ve yakın yüzeyleri arasında zonula adherens oluşmuştur. Edwards (1975) farelerin kas içiği üzerin yaptığı çalışmada her iki fibril türünde mitokondri boyutunda ve uzunluğunda fark oluştuğunu, ancak zincir fibrillerinde genellikle büyük olduklarını kaydetmiştir.

Cooper ve Gladden (1974) ile Gladden (1976) in tanımlamalarına göre, elastik fibriller kas fibrillerinin yanından veya eksensel kılıftaki hücreler arası boşluklardan veya kapsülün katmanları arasından geçmektedir ve kese₂ fibrillerinin etrafında en yoğun olarak bulunmakta ve her iki uçtaki içiği ektrafuzal kas fibrilleri arasındaki elastik fibril ağına bağlanmaktadır.

Banks (1983) kedi tenuissimus içciklerine ilişkin gözlemlerinde kese fibrillerinin, birincil bölgenin her iki tarafında yüzeylerinde paglike çıkıntılarının olduğunu belirtmiştir. Her çıkıntı ekvatora doğru eğilim göstererek, karşı kutuptan çıkan elastik bir fibril için bir bağlantı noktası görevi görmektedir. Bu bağlar, birincil bölgenin elastik özelliklerini büyük ölçüde arttırmaktadır.

2.5. Gelişim

İlk olarak iskelet kasları, primer miyotüpleri oluşturmak için çoğalan, farklılaşan ve kaynaşan miyoblastlardan gelişmişlerdir (Landon, 1982; Schmalbruch, 1985; Harris vd., 1989; Wang vd., 2012).

İskelet kası fibrilleri ilk olarak, iletim olmadan gelişim göstermektedirler. Miyoblastların miyotüplere kaynaşmasını, birincil miyotüplerin sırasıyla ektrafuzal kas fibrillerine, intrafuzal kas fibrillerine ve kas içciklerine farklılaşmasını tetikleyen nöromüsküler bağlantı noktalarının ve duyusal temasların oluşumu takip etmektedir (Zelená, 1976a; Landon, 1982; Rogers, 1982; Barker, 1992 & Hippenmeyer vd., 2002).

İçcik gelişiminin sıçan (Landon, 1972 & Kucera vd., 1989), fare (Kozeka & Ontell, 1981) ve kedilerde (Milburn, 1984) elektron mikroskobu incelemeleri, intrafuzal ve

ekstrafusal miyogenesis arasında yakın paralellikler ortaya çıkarmaktadır. Her ikisi de, miyoblastlar kas primordiyumunda birincil miyotüpler oluşturmak için kaynaşırken iletimden önceki aşamayı takiben miyotüplerin sıralı üretimini içermektedir.

Kas içiği gelişimi ve işlevi duysal ilettime bağlıdır (Rogers, 1982. Kucera vd., 1989. Wang vd., 2012; Oliveira & Tourtellotte, 2015), fakat motor iletimine bağlı değildir (Kucera vd., 1989).

Duysal aksonlar tarafından sinir sistemine bağlanan miyotüpler, kılıf hücrelerinden türetilen bir kapsül ile yavaş yavaş sarılarak ve duysal iletim onların farklılaşımını özel bir miyofibril fenotipine uyarmaktadır. Duysal iletim alan ve koruyan her birincil miyotüp bir İntrafuzal fibrile doğru farklılaşır, bu da muhtemelen kese₂ fibrilini oluşturmaktadır. İkincil miyotüpler iki farklı intrakapsüler miyoblast kökeninden sırayla toplanmaktadır. Duysal terminallerin etkisi altında bir kese₁'e ve bir veya daha fazla zincir fibrile dönüşmektedir.

Olgunlaşma sonrasında, kas içcikleri, fibril tipi içeriği veya görünümünde yaşa bağlı değişikliklere uğramamaktadır (Österlund vd., 2011).

Olgunlaşmış bir kas içiğinin çalışmasının etkinliğini etkileyen diyabet ve obezite gibi bazı faktörler vardır. Muller vd. (2008) Ia aksonlarının diyabete duyarlı olduğunu ve hasarlarının tedavi edilmemiş ve işlenmiş streptozotosin (STZ) enjekte edilen farelerde immünohistokimya ve konfokal mikroskopi kullanılarak içciklerin Ia akson inervasyonunun miktarını belirleyerek denge ve yürüme bozukluklarına sebep olabileceğini bulmuştur. Sonuçlarda Ia aksonunda anlamlı bir anormallik aralığı görülmüştür.

Elahi vd. (2018) 10 hafta boyunca yüksek yağlı bir diyet (kalorinin % 60'ı yağ) yiyen yetişkin erkek ve dişi fareler ile kontrol diyetiyle (kalorinin % 10'u yağ) beslenenlerin yanıtlarını karşılaştırmıştır. Sonuç olarak iki cinsiyetteki fareler de kas içciklerinde kas hareketine karşı tepki vermenin azaldığını göstermişlerdir.

2.6. Kapsül ve Vasküler Akım

Kapsül gelişimi, birincil miyotüplerin duyuşal uç ile temasından sonra kademeli olarak başlamaktadır (Kozeka & Ontell, 1981).

Kapsül, fusiform bir genişleme içindeki duyuşal inervasyonu saran ve her bir kutbun bir kısmını sarmak için her iki tarafta uzanan ince bir plaka yapısına sahiptir. Genişliği ekvator da 100-150µm, uzunluğu 2-4 mm arasında değişmektedir ve mevcut duyuşal uçların sayısına göre farklılık göstermektedir. Kapsül lamelleri, eş merkezli tübüler biçiminde sıralanmış, kollajen fibrillerle doldurulmuş tabakalarla değişen ince düz hücre tabakalarından oluşmaktadır (Barker & Milburn, 1984).

Her kapsüler tabaka hücresi bir bazal lamina ile çevrilidir ve bir hücre kalınlığında bir tabaka oluşturmak için sürekli komşusu ile kenetlenir. Hücreler arasındaki yakın temas bölgeleri zonula adherens olarak tanımlanmaktadır (Merrillees, 1960).

En dıştaki kapsül tabakası kalın kollajenöz fibrillerden ve yaygın fibrositlerden oluşmaktadır. En içteki katman, aksiyel kılıfı ve intrafuzal kas fibrillerinin endomisiyal muhafazalarını oluşturan diğer aynı tip hücrelere bağlanmak üzere bazıları periaksiyal alanı geçen bir fibrosit astarından oluşmaktadır. Kapsüler tabaka hücreleri, içcik sinir ucunun perineuriumunu oluşturan hücrelerle süreklilik göstermektedir İçcik sinirindeki endonöral bağ dokusu boşluğu, kapsül içindeki periaksiyal boşluk ile bağlantılıdır, bu boşluk da her bir kapsülün açık ucu vasıtasıyla içcik dışındaki bağ dokusu boşluğu ile süreklilik göstermektedir (Low, 1976).

Kapsüler tabaka hücreleri arasındaki sıkı bağlantılar, aynı perineuriumun periferik sinirlerde bir difüzyon engeli olması gibi, maddenin periaksiyal boşluğa difüzyonuna engel olma rolünü taşımaktadır (Kennedy, 1979; Ovalle & Dow, 1983).

2.7. Kas İçciği Birim Tipleri

İçcik birimleri, duyuşal aksonlar iki uzak bölgede aynı miyotüplerle bağlandıkları ayrı kas içi sinirler oluşturdıklarında ve iki ayrı bölgenin ve iki kapsülün

farklılaşmasını uyardıklarında gelişim göstermektedirler (Kozeka & Ontell, 1981; Milburn, 1984; Barker & Banks, 1986 & Kucera & Warlo, 1987 b).

Genelde içcikler tek tek meydana gelmektedir, ancak bazen bazı kaslarda gruplar halinde farklı biçimlerde birbirine veya tendon organları ile bağlanabilmektedirler (Cooper & Daniel, 1956).

İçcik birimleri, ardışık içcik olarak seri halde bağlanabilir (Cooper, 1953) veya intrafuzal demetlerin ayrı ayrı kapsüllenmesi veya ekvatorial olarak ortak bir kapsülü paylaşması şeklinde birleşebilirler (Ovalle vd., 1999). Richmond & Abrahams, 1975; Bakker & Richmond 1981 ve Bakker & Richmond, 1982 kedi boynu ve intervertebral kaslarda, birçok içcik biriminin, daha önce sadece kurbağanın ekstansörü digitorum longus IV kasında gözlemlenen bir tür organizasyon olan içcik kompleksleri oluşturmak için ardışık ve bileşik bir şekilde birbirine bağlandıklarını göstermişlerdir (Barker & Cope, 1962). Rowlerson vd. (1988) sıçan masseter kaslarında içcik birimlerinin sayısının 40'a kadar çıkabildiklerini (bunların birkaçı ortak bir kapsül içindedirler), kümeler halinde de görülebildiklerini bildirmişlerdir.

Standart içcik birimi (b_1b_2c birimi), bir $kese_1$ fibrili, bir $kese_2$ fibrili ve genellikle tek bir birincil duyuşal uç ve 1-6 ikincil uç tarafından beslenen yaklaşık altı tipik zincir fibrili ile görülmektedir (Richmond vd., 1986; Scott & Young, 1987). İntrafuzal bütün varyasyonları, kese fibrillerine ve zincir fibrillerinin alt tiplerine göre meydana gelmektedir. Bazı içcik birimlerinde üç, nadiren dört kese fibril şeklinde bulunmaktadır.

$Kese_1$ fibrilinin yokluğu bazı ardışık içcik birimlerinde görülmektedir. 1960'lı yılların başlarında (Barker & Ip, 1961; Price & Dutia, 1989; Banks vd., 2009) Barker & Ip, arka bacak kaslarında en sık rastlanan ardışık içciğin tek bir kese fibrili ile birbirine bağlanmış büyük ve küçük iki kapsülden oluştuğunu, küçük kapsülün belirgin şekilde düzensiz birincil bir uçla beslendiğini gözlemlenmiştir. Bu tek keselik içcikler (b_2c içcik birimleri) genellikle bir tendona bağlanmaktadır (Banks vd., 1982). Çeşitli kedi arka bacak kaslarındaki oranları: ekstansör digitorum longus'ta %23.8, peroneus brevis'te %23 ve geri kalanında %6 ila %11 şeklinde görülmektedir. Boyun kaslarında daha yüksek oranda içcik birimi oranı olan kaslar

bulunmaktadır: complexus ve biventral cervicis'te %45 ve splenyusda %33 (Bakker & Richmond, 1981). Ayrıca Liu vd. (2003) insan boynunun derin kaslarında kese₁ (b₂c içcik) veya kese₂ (b₁c içcik) fibrilleri bulundurmayan bir dizi içcik gözlemlemiştir.

2.8. Sayı ve Dağılım

Farklı türlerde benzer kaslardaki içcik içeriği bakımından birçok fark bulunmaktadır (Zelená, 1994). Sıçan soleus kası 20.7 ± 0.9 kas içciği içermektedir (Kucera vd., 1989) kedide 56 ± 7 (Chin vd., 1962) insanda ise 408 dir. Lumbrikal kaslar, küçük bir kas kütlesi içinde çok sayıda içcik içermektedirler ve quadriceps femorris, büyük bir kas kütlesi içinde çok sayıda içcik bulunmaktadır (Voss, 1971).

Paralel çalışan büyük ve küçük kaslar arasında veya yerçekimi önleyici ve yerçekimsiz kaslar arasında fark görülmemektedir (Banks, 2006).

Yetişkin kasının gramı başına düşen kapsül sayısı olan içcik yoğunluğu kullanılarak normal nicel karşılaştırmalar yapılmıştır (Cooper, 1960).

İçciklerin ve diğer kapsüllenmiş reseptörlerin çeşitli kaslarda dağılımını gösteren birkaç ayrıntılı harita mevcuttur. En iyilerinin bir kısmı, ek referanslarla birlikte, Van der wal (1988) tarafından verilmiştir.

Başlangıçta Yellin (1969) tarafından tanımlandığı gibi, haritalardan içcik dağılımının iki önemli özelliği ortaya çıkmaktadır:

i) İçcikler sinir giriş bölgesinde ve kas içi sinirlerin alt bölümlerinin çevresinde yoğunlaşmışlardır.

ii) Tercihen yüksek oksidatif oranı içeren ektrafuzal fibriller arasında oluşmaktadır.

2.9. İnnervasyon

Kas iğciği hem duyuşal hem de motor bileşenlerine sahiptir.

Memeli olmayan türlerde iğcikler bir duyuşal uç sağlarlar ve motor innervasyonlarını, ektrafuzal kas fibrilleri de sinir sistemine bağlayan akson dallarından almaktadırlar. Memeli iğcikleri, birincil bir duyuşal uçla beslenmekte (memelil olmayan türlerde iğciklerde duyuşal ucun homologu) ve bir veya daha fazla ikincil duyuşal uçla da beslenebilmektedirler (Barker & Banks, 1994).

Birincil Ia (büyük çaplı) ve ikincil II (küçük çaplı) duyuşal sinir fibrilleri, anülospiral biçimdeki intrafuzal kas fibrillerinin (EQR) merkezi kısımları etrafında dönerek burada sonlanırlar, aksonların gerilmeye duyarlı iyon kanalları vasıtasıyla yapının duyuşal bileşenini sağlarlar. Spiraller, zincir fibrillerinin etrafında kese fibrillerinden daha yaygın ve daha geniş şekilde görülmektedir (Boyd & Smith, 1984; Kucera vd., 1991; Forsgren vd., 1992).

İkincil uçlar, birincinin bir veya iki tarafında sonlanmakta ve çoğu ikincil birincilin yanında sonlanmaktadır. Zincir fibrillerine sağlanan ikincil terminaller, anülospiraldir, ancak birincil uçlarda zincir fibrillerine sağlananlara göre genellikle daha ince, daha dağınık ve düzensizdirler (Barker & Banks, 1986; Schröder vd., 1989).

Birincil uçlar onların hızlarına ve kas uzunluğundaki değişimin boyutuna tepki vermektedirler. En hızlı aksonlara sahiptirler çünkü miyelinlidirler. Hem harekete hem de vücut duruşuna katkıda bulunurlar. İkincil uçlar hıza değil, uzunluğa duyarlıdır ve bu nedenle sadece vücut duruşuna katkıda bulunurlar. Bu uçlar daha küçük aksonlara sahiptir ve bu nedenle iletim hızları daha düşüktür (Matthews, 1972; Proske, 2009).

Motor innervasyonunda iki tür motor ekseni bulunmaktadır: intrfuzal kas fibrillerini sinir sistemine bağlayan fusimotor γ aksonları ve memeli olmayan türlerin iğciklerde olduğu gibi, intrfuzal ve ektrafuzal kas fibrillerini sinir sistemine bağlayan skletofusimotor β aksonlarından oluşmaktadır. Kas iğciği, Ia ve II mekanik

reseptörlerinin kas uzunluğundaki değişim ve değişim hızına duyarlılığını ayarlayan statik ve dinamik intrafuzal motor birimlerinden oluşmaktadır (Matthews, 1962).

Kas içiği kendi motor beslemesine sahip olan tek duyu reseptörü olarak bilinmektedir. γ -motor nöronlar, kutupsal bölgelerdeki intrafuzal fibrillerin çizgili kısımlarını sinir sistemine bağlarlar. Bu nedenle fusimotor nöronlar olarak da adlandırılırlar (Adina vd., 2010).

Fusimotor nöronlar, sinir sistemine bağladıkları intrafuzal kas fibrillerinin tipine ve kas içiği merkezi, büzülmeyen kısmını sinir sistemine bağlayan Ia ve II duyusal nöronlarının tepkileri üzerindeki fizyolojik etkilerine göre statik veya dinamik olarak sınıflandırılırlar (Matthews, 1962, 1972).

Statik aksonlar, zincir veya kese₂ fibrillerini sinir sistemine bağlayarak belirli bir kas uzunluğunda Ia ve II afferentlerinin harekete geçme oranını arttırmaktadır. Dinamik aksonlar kese₁ intrafuzal kas fibrillerini sinir sistemine bağlayarak kese₁ intrafuzal fibrillerini sertleştirerek Ia afferentlerinin gerilme hassasiyetini arttırmaktadır (Bessou vd., 1965). Dinamik γ motor aksonlarının uyarılması birincil ucun dinamik hassasiyetini artırırken statik γ aksonların uyarılması onu azaltmakta, dinamik ve statik aksonlar arasında aynı işlevsel fark oluşturmaktadır. Statik yanıt, statik veya dinamik γ veya β aksonlarını uyararak arttırmaktadır (Granit, 1975).

Statik bileşen kas gerildiği sürece devam etmektedir. Dinamik bileşen, kas uzunluğundaki ilk ani artışa yanıt olarak sadece bir anlığına sürmektedir (Hospod vd. 2001).

2.10. Ektrafuzal Kas Fibrilleri

Balıklardaki çizgili kaslar, diğer omurgalılarıdaki birçok iskelet kasını andırmaktadır. Çizgili balık kası ile daha yüksek omurgalılarda bulunanlar arasındaki en dikkat çekici fark, balıkta fibril türlerinin bağımsız tabakalara ayrılmasıdır. Yüksek glikolitik ve anaerobik tip hızlı beyaz fibriller (anaerobik, glikolitik metabolizma), çoğu balık türündeki diğer kas fibrillerinden daha fazla frekansa (% 90-95) sahiptirler. Bu fibriller hem yüksek kısalma hızlarına hem de nispeten hızlı

aktivasyon ve gevşeme hızlarına ulaşabilmektedir (Curtin & Woledge, 1988). Kırmızı kas fibrilleri (aerobik) genellikle yanal çizgi boyunca dar bir bantla sınırlıdır. Miyotomal boyutun %10'undan azını oluştururken düşük aktivasyon, gevşeme ve kısalma hızlarına sahiptir. Orta veya pembe fibriller, isimleri gibi sadece kırmızı ve beyaz kas fibrillerin arasındaki pozisyonda değildir, Bu fibriller aynı zamanda metabolizma (Johnston vd., 1977) ve büzülme kinetiği gibi diğer birçok açıdan da ikisinin ortasındadır (Coughlin vd., 1996a). Alabalıkların pembe fibrilleri yok gibi görünmektedir (Martinez vd., 1991).

Beyaz kas veya hızlı kas, kırmızı kasta daha kalın fibrillere sahiptir ve çok daha az kılcal damara sahiptir. Bu yüzden çok daha az kan akışına ve dolayısıyla düşük oksijene sahiptir.

İşlevsel olarak kırmızı kas, en düşük sabit ve dalgalı yüzme hızına sahipken (Roma vd., 1984), pembe kas da orta seviyede yüzme hızına sahiptir (Johnston vd., 1977). Maksimum sabit yüzme hızında, hem kırmızı hem de pembe kaslar kullanılmaktadır (Coughlin vd., 1996a). Daha yüksek hızlarda, yüzme kararsız hale gelerek beyaz kas kullanılmaktadır (Roma vd., 1984; Jayne & Lauder, 1993).

Balık türlerinin çoğunda diğer yüksek omurgalıların aksine büyüme yaşam boyunca devam eder. Büyüme, daha fazla kas hücresi (fibril) oluşturmanın ve mevcut fibrillerin boyutunun artmasının ortak etkisidir (Kiessling vd., 2006). Balıklarda pektoral yüzgeçlerin iletim kalıpları bulunmaktadır. Balıklarda pektoral motor nöronları dört ayaklılarda olduğu gibi yalnız omurilikten ziyade hem arka beyin hem de omurilikten çıkmaktadır (Ma vd., 2010).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Çalışma Tasarımı

Bu çalışmada kas içcik morfolojisi, tipi, dağılımı ve inervasyonunu araştırmak için ortalama 51.38 ± 0.06 gr ağırlık ve 22.72 ± 0.06 cm total boya sahip 5 adet istavriti ile 44.82 ± 0.05 gr ağırlık ve 16.96 ± 0.05 cm total boya sahip 5 adet mezigit balığı kullanılmıştır.

Balıklar, Kastamonu il merkezinin 89 km (55 mil) kuzeyindeki İnebolu ilçesi limanı çevresindeki alandan yakalanarak dokularda postmortem değişikliklerden kaçınmak için buz tabakalarıyla kaplanmıştır.

Beşinci sinir tarafından sinir sistemine bağlanan mandibulaya tutunan kaslar (adductor mandibulae I, II ve III) (Diogo vd., 2008), 5'inci sinir tarafından sinir sistemine bağlanan operkulum kasları (adductor operculi ve levator operculi) (Wu & Shen, 2004) ve Göğüs kasları (Yüzeysel kas sistemi, yüzeysel yaklaşıtrıcı kas, medial yaklaşıtrıcı kas ve omurilikten inen hem duyu hem de motor sinirleri tarafından sinir sistemine bağlanan radyal yaklaşıtrıcı kastan oluşur) (Hernández vd., 2016; Simões vd., 2014) araştırmamızın konusu olmuştur. Araştırma için seçilen kasların kök bağlantı yuvası ve işlevleri Tablo 3.1 de görüldüğü gibidir.

Tablo 3.1 Araştırma için seçilen kasların Kök, Bağlantı Yuvası ve İşlevleri

Kas adı	Kök	Bağlantı Yuvası	İşlev
Adductor mandibulae I	Suspensorium kaynaklıdır.	Maksillaya girer.	Besleme sırasında maksillayı yerinde tutar ve çeneyi kapatır.
Adductor mandibulae II	Suspensorium kaynaklıdır.	Ligamentler ile post-dentary'ye girer.	Ağız kapatır ve suspensoriumun yaklaştırılmasına yardımcı olur.
aAdductor mandibulae III	Suspensorium kaynaklıdır.	Dentary ve maksillaya girer.	Ağız kapatır ve suspensoriumun yaklaştırılmasına yardımcı olur.
Adductor operculi	Kafatası kaynaklıdır.	Operkuluma girer.	Sol operkulum ve açık çene.
Levator operculi	Kafatası kaynaklıdır.	Operkuluma girer.	Operkulumu yaklaştırır.
Yüzeysel yaklaşırtıcı kas	Cleithrum ve skapula kaynaklıdır.	Tendonlarla yüzgeçlerin orta yüzeyine girer.	Yüzmek için aktif olarak kullanılır.
Medial yaklaşırtıcı kas	Cleithrum kaynaklıdır.	Tendonlarla yüzgecin orta kılçıklarına girer.	Yüzmek için aktif olarak kullanılır.
Radyal yaklaşırtıcı kas	Radyalleri ve korakoidleri yüzgecin karın kılçıkları ile birleştirir.	Yüzgecin karın kılçıklarına girer.	Yüzmek için aktif olarak kullanılır.

3.1.1. Deneysel Balıklar

3.1.1.1. İstavrit

İstavrit balığı (Trachurus mediterraneus).

Aktif olarak pelajik bölgede yaşayan, sürü oluşturan, mevsimsel olarak açık denize ile kıyıya bölgeleri arasında göç eden, geniş bir derinlik aralığında yayılış gösteren (500 m'ye kadar) balıklardır. Gençler zooplanktonları beslenirken, yetişkinler küçük balıklar, kabuklular ve kafadan bazaklılar ile beslenirler. Boyları 10-35 cm (maksimum 70cm) dir. Olgun bir dişi birey 5 mm uzunluğunda larvaların çıktığı 140.000 kadar yumurta bırakabilir (www.fishbase.se).

Belirgin özelliklerinin baştan kuyruk yüzgecine kadar tüm yanal çizgi hattında nispeten büyümüş 66-75 pulun bulunması ve ilk sırt yüzgecinin uzun olması olarak belirtilebilmektedir (Şekil 3.1.).

Karadeniz, Akdeniz ve Doğu Atlantik'te Norveç'ten Güney Afrika'ya geniş bir yayılım alanı bulunmaktadır. Türkiye denizlerinde *Trachurus* genusuna ait 3 tür vardır: İstavrit, *T. trachurus*, Akdeniz istavriti, *T. mediterraneus* ve mavi istavrit, *T. picturatus* (Bilecenoglu vd., 2002; Erdoğan vd., 2016). Türün sistematik konumu;

Alem (=Regnum): Animalia

Şube (=Phylum): Chordata

Sınıf (=Classis): Actinopterygii

Takım (=Ordo): Perciformes

Aile (=Familia): Carangidae

Cins (=Genus): *Trachurus*

Tür (=Species): *Trachurus mediterraneus* (Steindachner, 1868)



Şekil 3.1.1. İstavritin genel morfolojisi

3.1.1.2. Mezgit

Mezgit balığı (Merlangius merlangus).

Bentopelajik ağırlıklı olarak çamurlu veya taşlı taban yapısına sahip bölgelerde bulunurlar. Ayrıca 30-100 m derinlikte kaylıklarda ve kumlu dipte de görülebilirler. Ancak genellikle 85 m'den daha derinde yaşamazlar (Whitehead vd., 1986). Soğuk su türleri olarak bilinirler, çünkü yetişkinleri 5 ila 16°C arasında su sıcaklıklarını tercih ederler (Taylan vd., 2018).

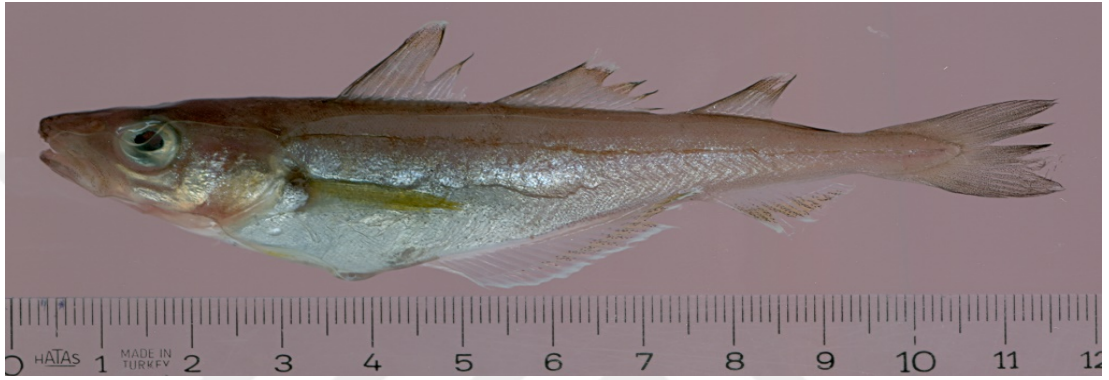
Karides, yengeç, yumuşakça ve balık yiyerek beslenirler. Boyları 15-40cm (maksimum uzunluk: 91.5cm) arasındadır. Bireysel yumurta verimleri küçük dişilerde 200 000, büyük fertlerde 1 milyondan fazla yumurtaya kadar değişmektedir.

Belirgin özellikler: üç sırt yüzgeci, iki anal yüzgeç ve kafada gözenekli yanıl çizgi kanalları olarak belirtilebilmektedir (www.fishbase.se) (Şekil 3.2). Kuzeydoğu Atlantik'te bulunurlar. Güneydoğu Barents Denizi ve İzlanda'dan Portekiz'e, ayrıca Karadeniz, Ege Denizi, Adriyatik Denizi ve bitişik bölgelerde, nadiren kuzey batı Akdeniz'de yayılış gösterirler (www.aquamaps.org).

Alem (=Regnum): Animalia

Şube (=Phylum): Chordata

Sınıf (=Classis): Actinopterygii
Takım (=Ordo): Gadiformes
Aile (=Familia): Gadidae
Cins (=Genus): Merlangius
Tür (=Species): *Merlangius merlangus* (Linnaeus, 1758)



Şekil 3.1.2. Mezgıt genel morfolojisi

Balıkların ölümünden hemen sonra, pektoral yüzgeç kasları, mandibulaya tutunan kaslar ile operkulum kasları makas ve bistüri yardımıyla üzerlerindeki deri kesilip çıkarıldı. Dikkatlice diseke edilmiştir. Kaslar köklerinden bağlantı yuvalarına kadar tüm yapısal bileşenleri ile birlikte alınmıştır

Kasların ağırlıkları 0.001 g hassasiyetteki elektronik terazi kullanılarak tartılmıştır. Disekte dilen kas yapılarının boyları 0.01 mm hassasiyetteki dijital kumpas ile ölçülmüştür. Daha sonra MS morfolojisi ve innervasyonu incelemek için seri histolojik parafin bölümleri, seri histolojik kriyostat bölümleri ve gümüş hazırlama tekniğini yapmak için üç gruba ayrıldı.

3.2. Yöntem

Diseksiyondan kesit boyama ve lam üzerine seri kesitlerin sabitlenmesine kadar olan aşamalar Kastamonu Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı'nda

yürütülmüştür. İnceleme ve fotoğraf aşamaları Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Yetiştiriciliği Sistematik Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

Örneklerin hazırlanması için üç teknik yöntem uygulanmıştır:

Kas iğciğinin yapısı, sayısı, dağılımı ve yoğunluğunu aşağıdaki yollarla incelemek için seri histolojik kesit tekniği

1- Parafin Kesitlerinin hazırlanması (Humason 1981).

2- Kriyostat kesitlerinin hazırlanması. (Rong Shi vd., 2008)

3-MS morfolojisi ve innervasyonunu incelemek için ayrıştırılmış gümüş hazırlama tekniği (Barker ve Ip 1963).

3.3. Histolojik İşlemler

Her iki balık türünde alınan kas yapıları diseksiyonun hemen ardından ağırlık ve uzunlukları ölçülmüş, etiketli kasetlere koyulmuş, balık türleri ve kas adları yazılı sembollerle tükenmez kalem ile kasetlerin üzerine yazılmış, daha sonra Bouin solüsyonu ile dolu olan kaba alınarak fikse edilmiştir. Kaslar, Humason (1981) tarafından belirtilen aşamalara uygun olarak hematoksilin–eozin boyalı histolojik kesitleri hazırlamak üzere gerekli işlemlere tabi tutulmuştur. Kas büyüklüğü çalışma üresince yeniden paraçalamaya ihtiyaç duyulmayacak kadar küçük ölçülerde tutulmuştur (0.1-0.3 gr) Fikse edilen örnekler daha sonra %70, %80, %90 ve %100 şeklinde yükselen etil alkol derecelerine aktarılarak kurutulmuştur. Bir konsantrasyondan diğerine her transfer bir saat olarak gerçekleşmiştir. İşlenen dokular her bir ksilende yarım saat olmak üzere üç transfer ile temizlenmiştir. Kurutmadan temizlemeye tüm önceki adımlar cam kap içerisinde, sonra dokular eriyik haldeki parafinde (56 °C) yarım saat olmak üzere üç defa daldırmaya tabi tutulmuştur Bir sonraki adımda, paslanmaz çelik taban kalıpları içerisinde erime sıcaklığında parafine yerleştirilmiştir. Bu işlemler sırasında, kasların kökleri ve bağlantı yuvaları, kas kesitleme işlemleri sırasında kökler başlangıç basamağı olacak

şekilde dikkate alınmıştır. Hazırlanan parafin blokları buzdolabında -4 °C'de saklanmıştır

Örnekleri 8 µm kalınlıklarda, kökten bağlantı yuvasına seri transfer kesitleri şeklinde ve bazılarını kasların karın yüzeyinden sırt yüzeyine uzunlamasına kesitlerde kesmek için FINESSE 325 manuel döner mikrotom kullanılmıştır Daha sonra, üç kesitli şeritler 45 °C'de doku flotasyonu su banyosu ile düzleştirilmiştir

Üç kesitli şeritler lamalar üzerine yerleştirilmiştir. Lamlar kas içciklerinin dağılımını ve morfolojisini takip etmek için seri halinde numaralandırılmıştır. Lamlar kesitlerin daha iyi yapışmasını sağlamak için 24 saat boyunca EN 400 etüv (37 °C) aktarılmıştır. Kesitlerin parafinden arındırılması, boyama rafına yüklenip ksilen ile dolu boyama kabına her biri beş dakika olmak üzere ikişer kez batırılarak yapılmıştır. Aşağıdaki hidrasyon aşamaları transfer ile gerçekleştirilmiştir. Her biri iki dakika boyunca, azalan etanol konsantrasyonu ile: %100, %90, %80, %70 ve %50 yapılmıştır. Harris Hematoksilin ile boyama bir sonraki aşama şeklindedir, burada hidratlanan kesitler dört dakika boyunca hematoksilin boyası ile doldurulmuş kapaklı boyama kabında üç dakika tutulmuştur. Daha sonra lamalar bir dakika boyunca damıtılmış su dH₂O içinde tutulmuş, sonra üç dakika boyunca eozin boyası ile doldurulmuş kapaklı boyama kabına aktarılmıştır. Sonra fazla boya kaybolana kadar dH₂O içine daldırılmış, daha sonra lamalar, her biri iki dakika boyunca %50, %70, %80, %90 ve iki kez %100 etil alkol konsantrasyonu içine yerleştirilmiştir. Daha sonra kurutulan kesitler, her biri iki dakikalığına ksilen içerisine transfer edilerek temizlenmiştir Son olarak, lamalar D.P.X'e monte edilmiş ve küçük kare cam lamelleri ile kaplanmıştır

Kas fibrili ve kas fibrili çaplarının tahmini görüntü analiz yazılımı Digitizer programı, sürüm 5.3.4 ile elde edilmiştir. Boyanan kesitler, MShot kamera ile donatılmış SOIF ışık mikroskobu altında mikroskobik olarak incelenmiştir.

Her iki türdeki ikinci grup histolojik preparasyon için kullanılmıştır, burada diseksiyondan hemen sonra ağırlık ve uzunlukları ölçülüp Fosfat tampon çözeltisi (PBS) içinde 30 dakika katılaştırılmıştır ve sıvı azotla soğutulmuş izopentan içinde dondurulmuş ve -80°C'de saklanmıştır. Daha sonra LEICA CM 1860 UV kriyostat

ile 8 µm kalınlığında kesilmiştir ve numaralandırılmış lam üzerine alınmıştır (Rong Shi vd., 2008)

Kaslar, (Peters, 2010) tarafından belirtilen adımlara göre hematoksilin-eozin boyalı kesitler aşağıdaki gibi işlenmiştir

Dondurulmuş Doku Kesitleri için H&E (Hematoksilin ve Eozin) Boyama:

1. Nemi çıkarmak için kesitler birkaç dakika kurutma işlemi yapılmıştır.
2. Süzölmüş %0.1 Mayers Hematoksilin (Sigma; MHS-16) ile 10 dakika boyunca boyanarak, ardından 5 dakika boyunca soğuk akan dH₂O içinde durulanmıştır.
3. %0.5 Eozin (300 ml'lik %95 etil alkol içinde çözülmüş 1.5 g) içine 12 kez batırılarak, daha sonra eozin çizgilenmesi duruncaya kadar damıtılmış suya batırılmıştır.
4. Her biri 10 kez olmak üzere %50, %70, %80, %90 ve iki kez %100 EtOH konsantrasyonuna daldırılmıştır.
5. Birkaç kez Ksilen içine daldırılmış ve ardından bir kimwipe ile lam temizlenerek, D.P.X ile üzeri lamel ile kapatılmıştır.

Her iki balık türünde üçüncü kas grubu, kas içiği iletimi ve miktarını ölçmek için kullanılmıştır. Bu yöntem balık kaslarına bu çalışma ile ilk kez uygulanmaktadır.

Kaslar, Ringer solüsyonu içinde yıkanmış ve preparasyon için Barker ve Ip (1963) tarafından verilen deCastro tekniğinin modifikasyonu uygulanmıştır:

Kaslar, aşağıdakilerle taze hazırlanmış bir karışım içinde 4-6 gün boyunca fikse edilmiştir:

A- 1.0 gm kloral hidrat

B- 45 ml %95 alkol.

C- 50 ml damıtılmış su.

D- 2 ml %70 konsantre nitrik asit.

2- Akan musluk suyunda 24 saat yıkanmıştır.

3- 24-48 saat boyunca 25 ml %95 alkol ve bir damla amonyak içerisine konmuştur

4- Fazla sıvılar şişelenerek 5 gün boyunca 37 °C'de %1.5 gümüş nitratta inkübe edilmiştir.

5- Taze hazırlanmış 2 gm hidrokinon ve 100 ml %25 formik asit içinde 2 gün boyunca azaltılmıştır.

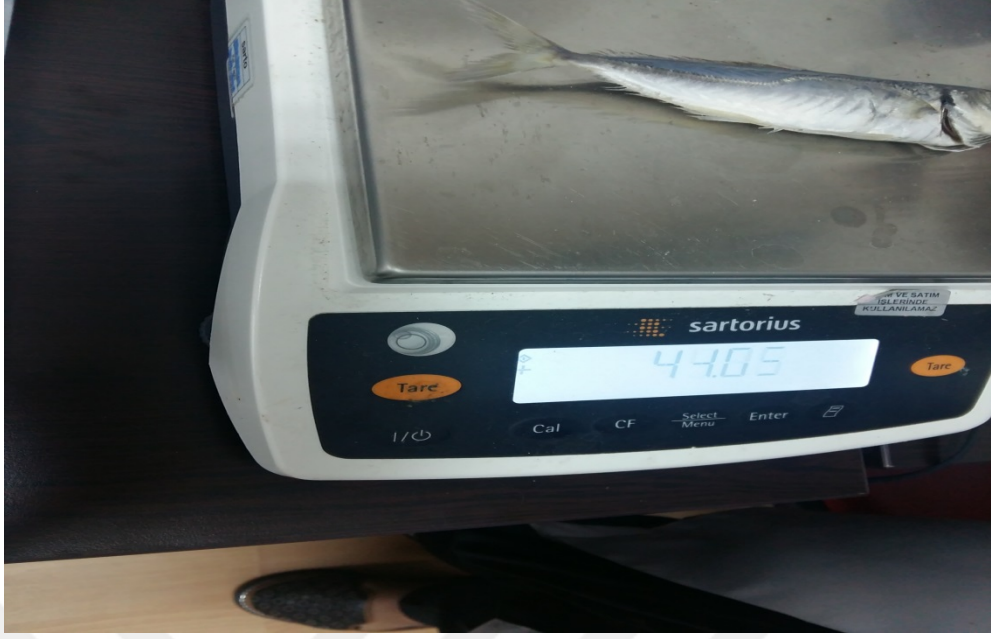
6- Damıtılmış suda durularak, gliserin içinde temizlenmiş ve saklanmıştır.

Kaslar incelemeden en az 4-6 hafta önce dokuların yumuşaması için gliserinde bekletilmifitir.

Altı hafta sonra kas şeritleri, stemi 508 diseksiyon mikroskobu altında düşük büyütmede bir çift ince iğne ile uzunlukları boyunca diseke edilmiştir. İğciklerin sabitleme preparatları gliserole gömülmüş ve iğcik dağılımını görmek için lamel ile kaplanmış ve iğcik miktarını ve sinir fibrili çaplarını belirlemek için analiz yazılımı Digimizer programı ile llmştr (Digimizer Version 5.3.4).

3.4. Fotoğraflama

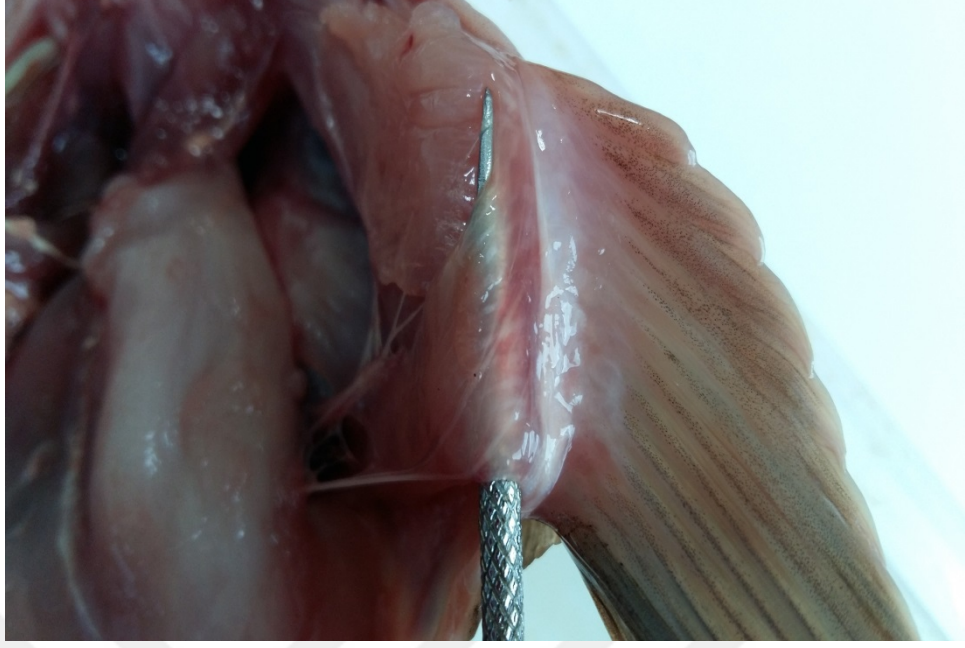
Tüm kesitler ve ayrıştırılan iğcikler Fotoğraf 3.1, Fotoğraf 3.2., Fotoğraf 3.3., Fotoğraf 3.4., Fotoğraf 3.5., Fotoğraf 3.6., Fotoğraf 3.7., Fotoğraf 3.8., Fotoğraf 3.9., Fotoğraf 3.10., Fotoğraf 3.11., Fotoğraf 3.12., Fotoğraf 3.13., Fotoğraf 3.14., Image Analsis.exe programı kullanılarak kurulan MShot dijital kamera ile SOIF ışık mikroskobu ile incelenmiştir. Daha sonra fotoğraflar Adobe Photoshop yazılımı (Photo Filter 7) ve paint programları kullanılarak işlenmiştir (Photo Filter 7 Version 7.2.1).



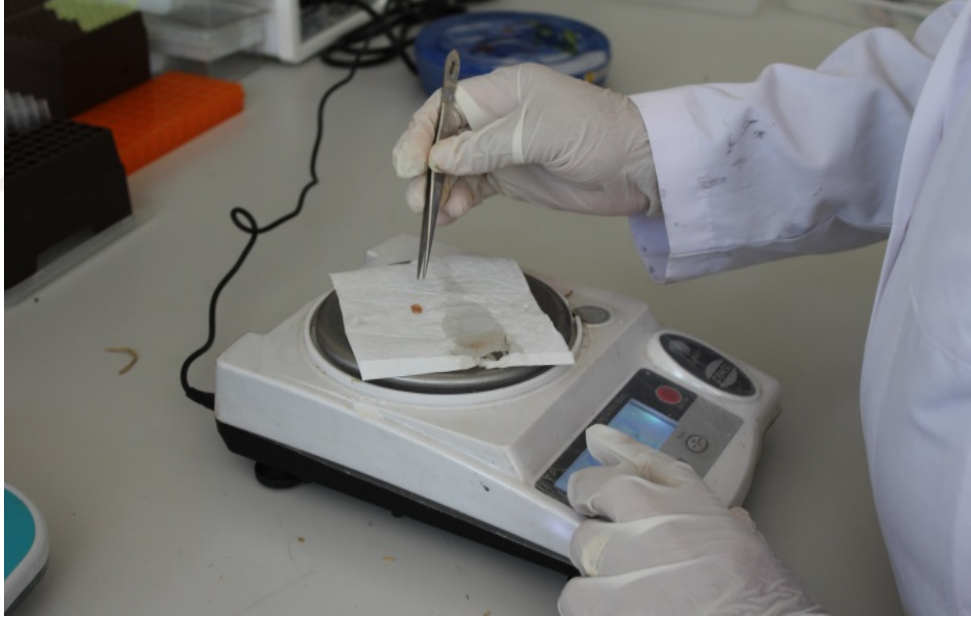
Fotoğraf 3.1. Örneklenen balıkların ağırlığının tartılması



Fotoğraf 3.2. Örneklenen balıkların diseksiyonu



Fotoğraf 3.3. Örneklenen balıkların kas diseksiyonu



Fotoğraf 3.4. Örneklenen balıkların kas ağırlığı tartımı



Fotoğraf 3.5. Örneklenen balıkların kas uzunluklarının ölçümü

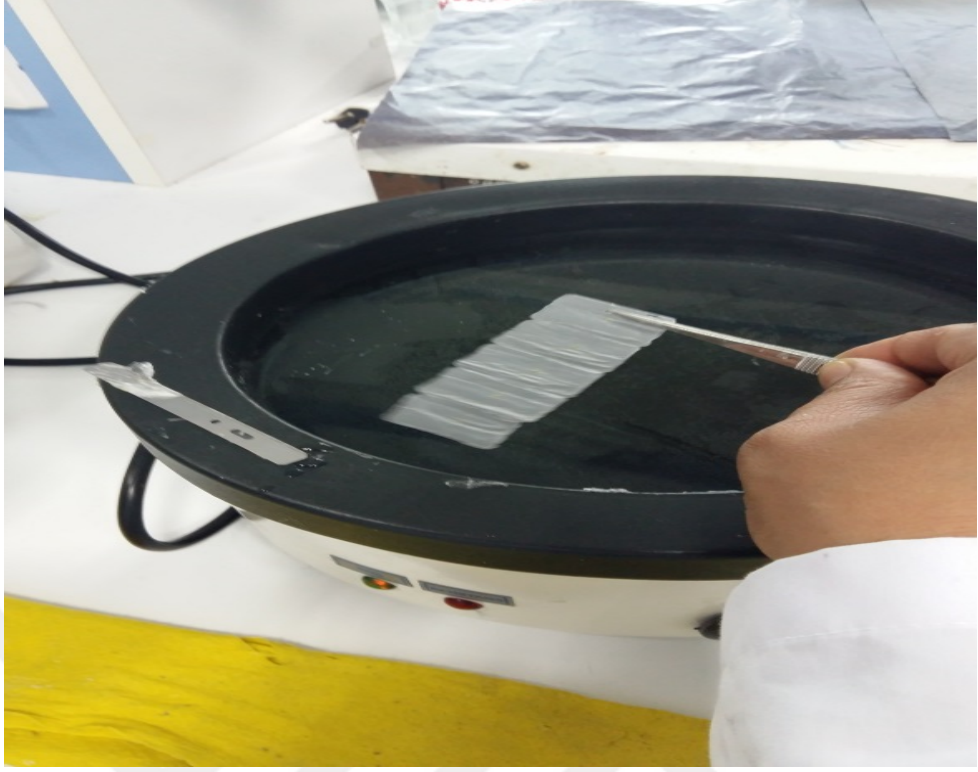
Fotoğraf 3.6. Kriyostat ile kas kesitlerinin alınması



Fotoğraf 3.7. Örneklenen kasların kesit boyanması



Fotoğraf 3.8. Mikrotom ile kas kesitlerinin alınması



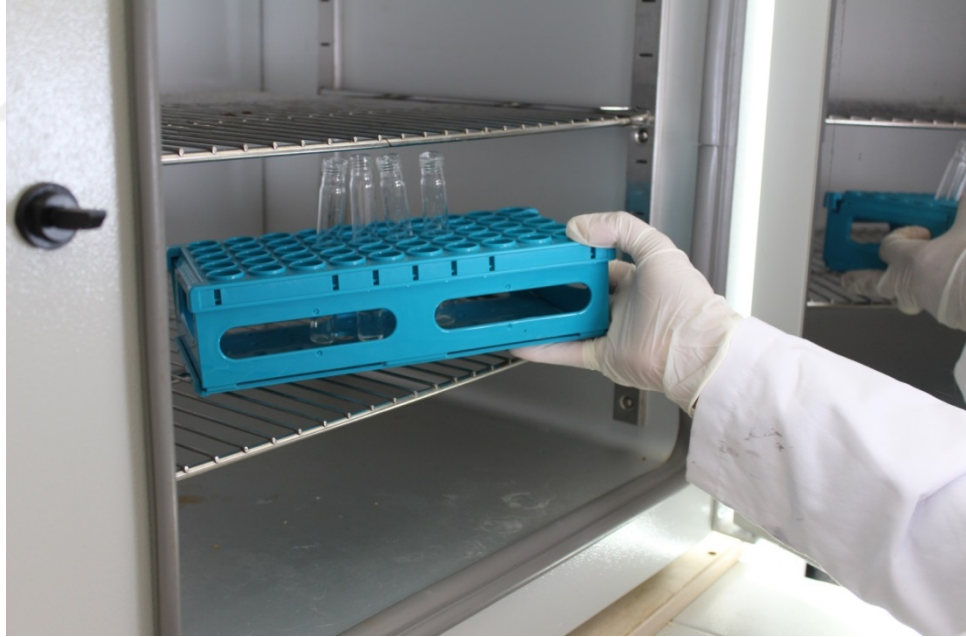
Fotoğraf 3.9. Kas kesitin su banyosuna koyulması



Fotoğraf 3.10. Kesitlerin lamlara aktarılması



Fotoğraf 3.11. D.P.X ile kesitlerin lama alınması ve lamellerle kapatılması



Fotoğraf 3.12. Kasları 5 gün boyunca 37 °C'de %1.5 gümüş nitratta inkübe edilmesi



Fotoğraf 3.13. Kasları diseksiyon mikroskobu altında bir çift ince iğne ile ayrılması



Fotoğraf 3.14. Kesitlerin ve ayrılmış kas iğciklerinin fotoğraflanması

4. BULGULAR

4.1. Enine ve Boyuna Kesitlere Göre Gözlemler

4.1.1. Kas içiğinin Sayısı ve Yoğunluğu

İstavritin ve mezgitin mandibulaya bağlanan kasları, operkulum kasları ve pektoral kasları sırasıyla tam seri kesitlerde incelenmiş ve tüm uzunluğu boyunca kutuptan kutuba x400 büyütmede MS'i izlenmiştir. Mezgitin mandibulaya tutunan kasları, İstavritten daha fazla sayıya ve daha fazla yoğunluğa sahip olduğu görülmüştür. İstavrit operkulum kasları mezgitten daha fazla sayıya ve daha fazla yoğunluğa sahip olduğu belirlenmiştir. Mezgiti pektoral kasları istavritten daha fazla sayıdaydı ve daha fazla yoğunluğa sahip olduğu tespit edilmiştir. Tablo 4.1., Tablo 4.2., Tablo 4.3. ve Şekil 4.1., Şekil 4.2., Şekil 4.3.'de iki balığın MS sayısının ve kas ağırlığının karşılaştırılması verilmiştir.

Tablo 4.1. *İstavrit ve mezgitin adductor mandibulaya tutunan kaslarının karşılaştırılması (adductor mandibulae II)*

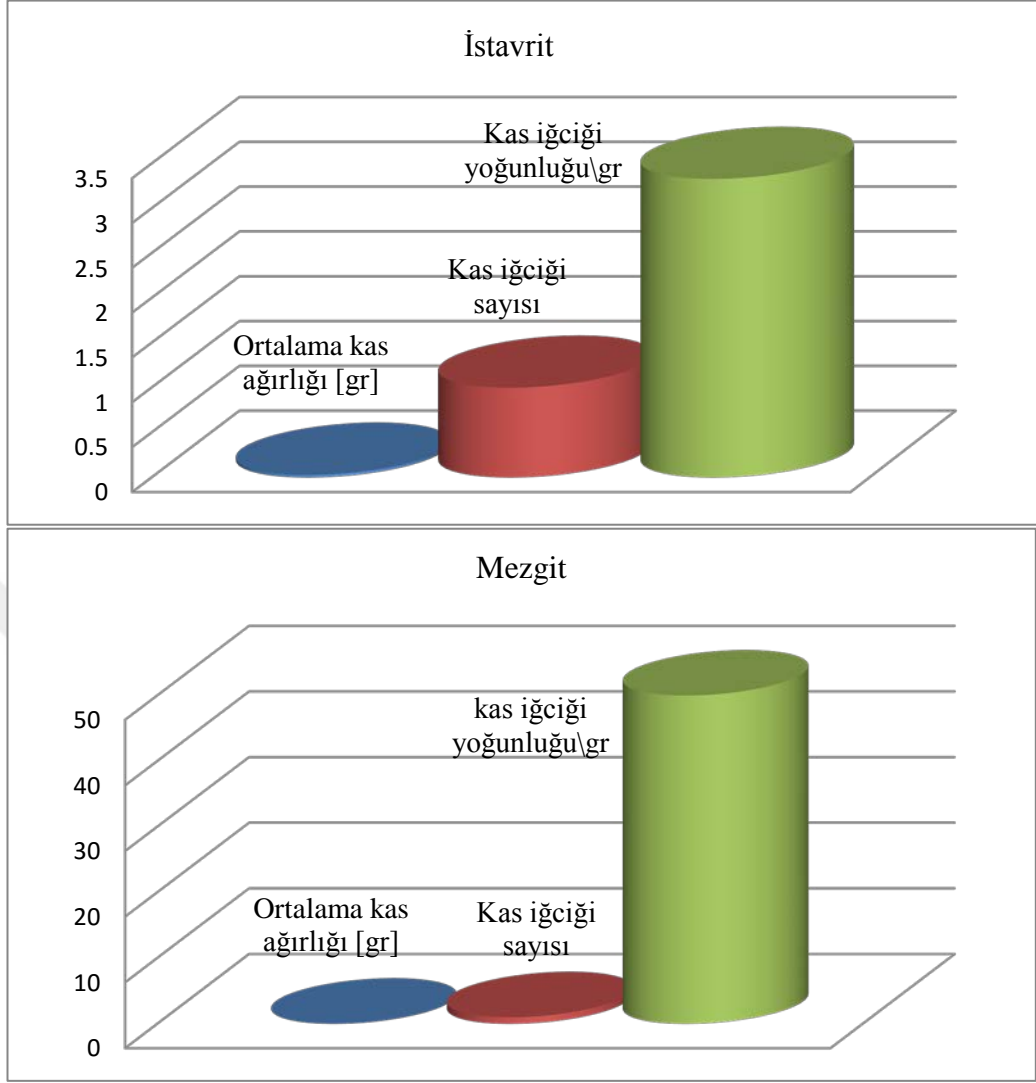
Balık türleri	İncelenen kas sayısı	Ortalama kas ağırlığı (g)	Kas içiği sayısı	Kas İçiği yoğunluğu/g
İstavrit	3	0.03	1	33.3
Mezgit	3	0.02	2	100

Tablo 4.2. *İstavrit ve mezgitin operkulum kaslarının karşılaştırılması (levator opercula)*

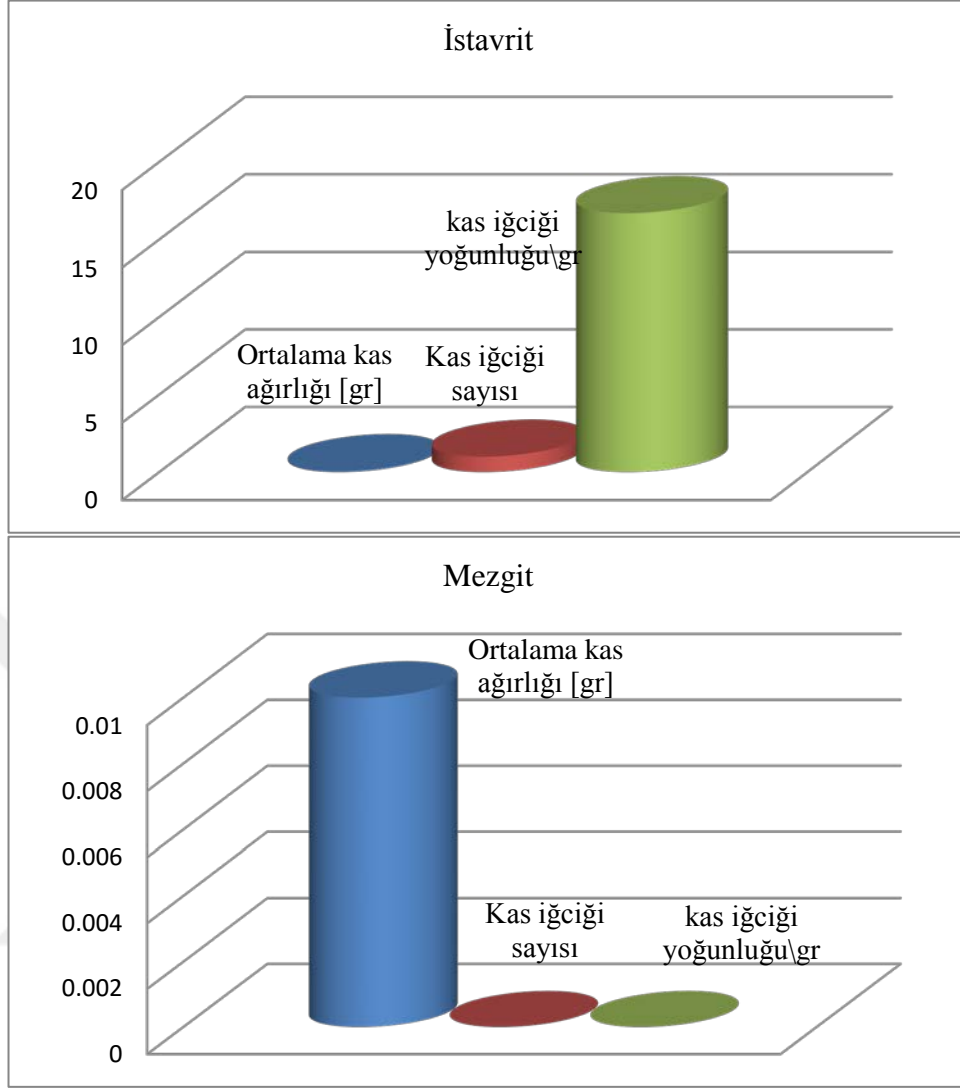
Balık türleri	İncelenen kas sayısı	Ortalama kas ağırlığı (g)	Kas içiği sayısı	Kas İçiği yoğunluğu/g
İstavrit	2	0.02	1	50.0
Mezgit	2	0.01	0	0

Tablo 4.3. *İstavrit ve mezgitin pektoral kaslarının karşılaştırılması (superficial adductor)*

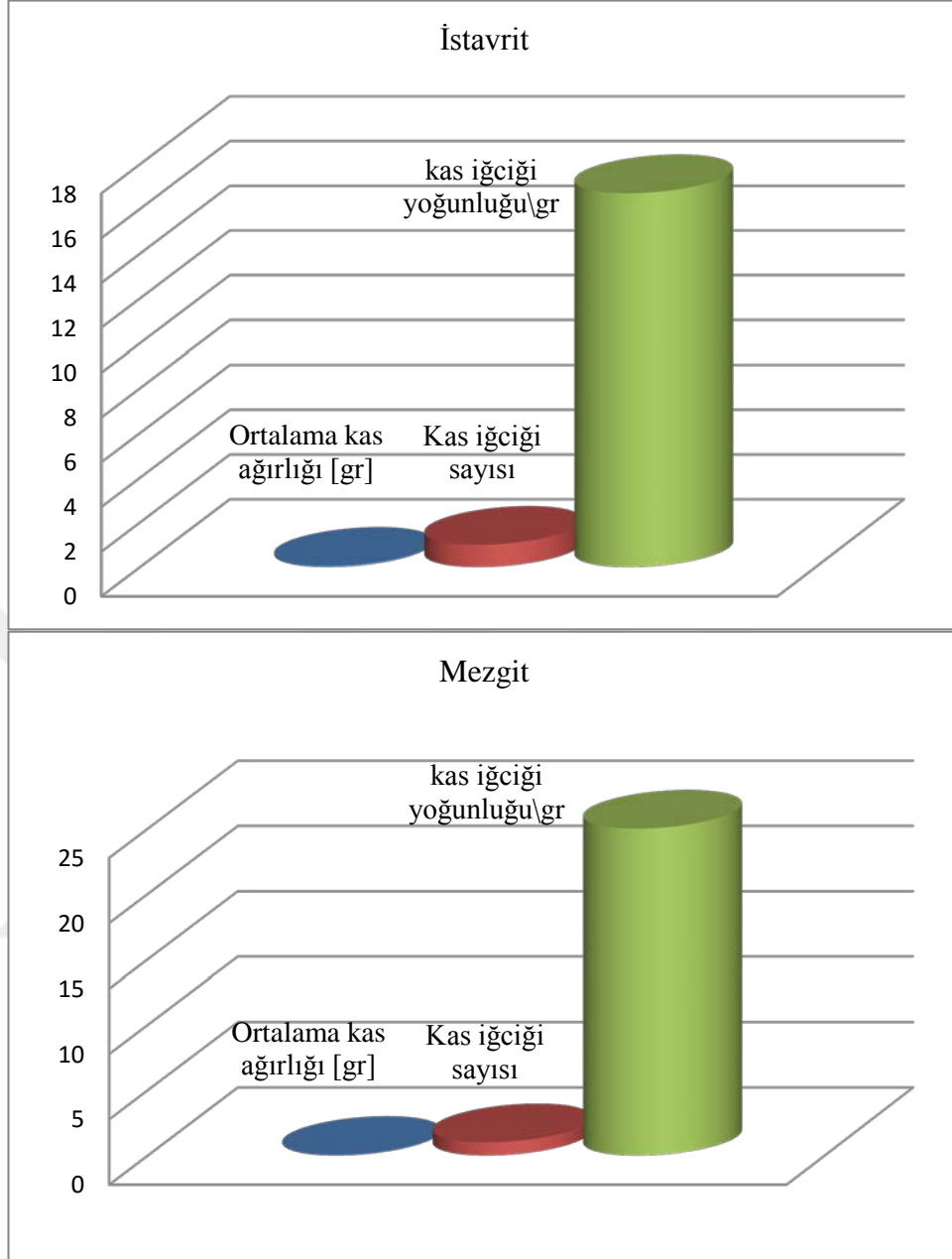
Balık türleri	İncelenen kas sayısı	Ortalama kas ağırlığı (g)	Kas içiği sayısı	Kas İçiği yoğunluğu/g
İstavrit	3	0.06	1	16.7
Mezgit	3	0.04	1	25



Şekil 4.1. İstavrit ve mezgıtın addüktör mandibula II'de incelenen kas sayısının, ortalama kas ağırlığının, MS sayısının ve MS yoğunluğunun karşılaştırılmasını gösteren şema



Şekil 4.2. İstavrit ve mezgitin levator operculi kasında incelenen kas sayısının, ortalama kas ağırlığının, MS sayısının ve MS yoğunluğunun karşılaştırılmasını gösteren şema



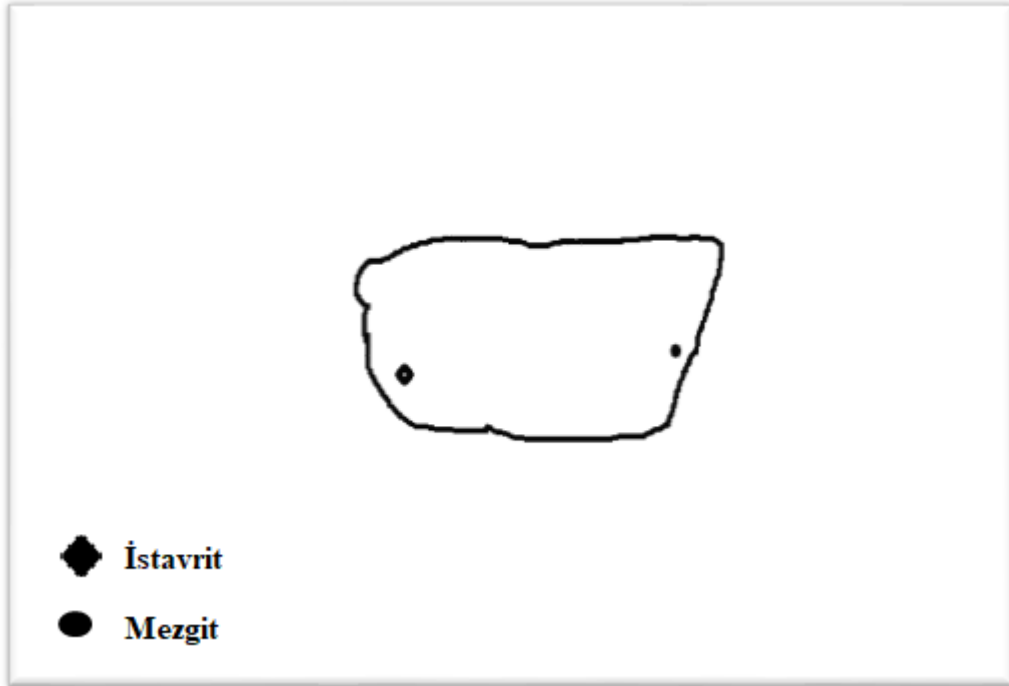
Şekil 4.3. İstavrit ve mezgitin yüzeysel addüktör kasında incelenen kas sayısının, ortalama kas ağırlığının, MS sayısının ve MS yoğunluğunun karşılaştırılmasını gösteren şema

4.1.2. Kas iğciğinin konumu

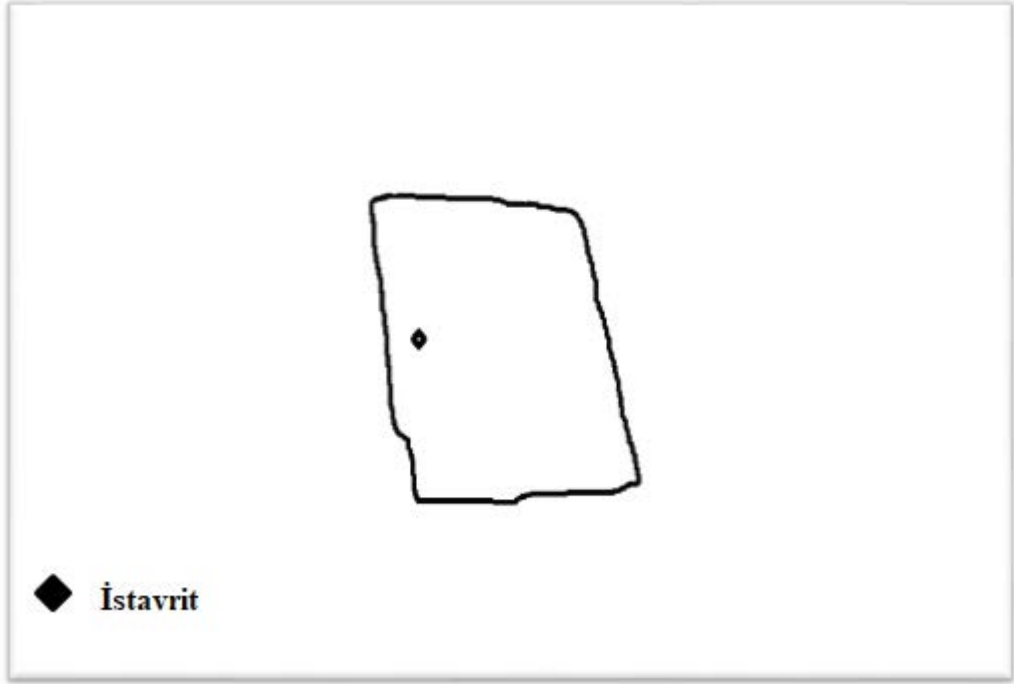
İstavrit ve Mezgitin mandibulaya tutunan kasları, operkulum kasları ve pektoral kaslarında MS'in pozisyonları diyagram şeklinde gösterilmiştir (Şekil 4.4., Şekil 4.5., ve Şekil 4.6.) ve tüm kasın her kesiti izlenerek grafiklenmiştir. Daha sonra her bir MS'nin yeri 20x büyütmede kamera kullanılarak işaretlenmiştir. Kaynaşmış MS'ler

tek bir birim olarak sayılmış ve boyuna rekonstrüksiyonlarda çizilmiştir (Şekil 4.4., Şekil 4.5., ve Şekil 4.6.).

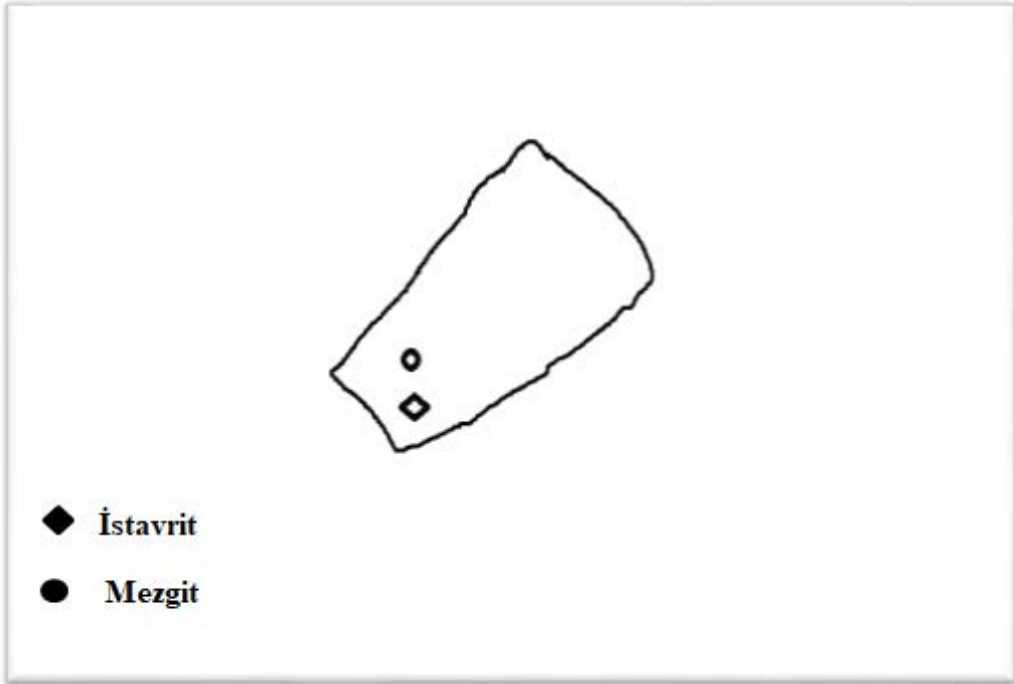
MS'in dağılımı kasın tüm uzunluğu üç bölgeye bölünerek hesaplanmıştır: sol yanal bölge, orta ve sağ yanal bölge. Her bölgede MS sayısı yüzdesi hesaplanmıştır (Şekil 4.7). Mezgitin adductor mandibulae II kasları hariç her iki türde de tüm içcikler sol yanal bölgede dağılış gösterir. Ancak sadece mezgitin adductor mandibulae II kaslarında sağ yanal bölgede dağılmıştır. Orta bölgede hiçbir içcik görülmemiştir (Tablo 4.4, Tablo 4.5 ve Tablo 4.6).



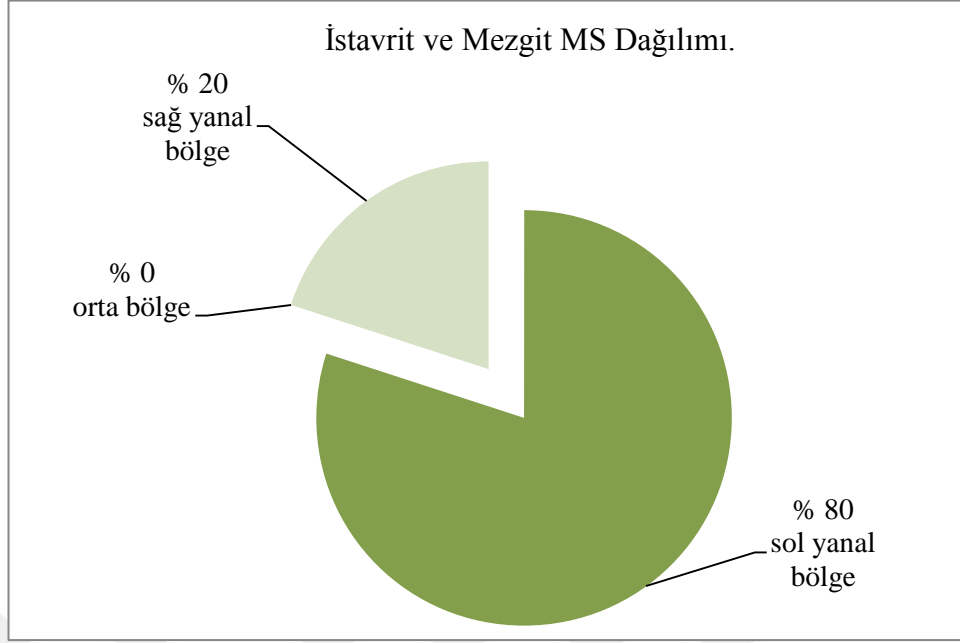
Şekil 4.4. Boyuna rekonstrüksiyon, İstavrit ve mezgitte adductor mandibulae II MS dağılımını göstermektedir



Şekil 4.5. Boyuna rekonstrüksiyon, İstavrit levator operculi MS dağılımını göstermektedir



Şekil 4.6. Boyuna rekonstrüksiyon, İstavrit ve mezgitte yüzeysel addüktörde MS dağılımını göstermektedir



Şekil 4.7. İstavrit ve mezgitte levator operculi kasında adductor mandibulae II, levator opercula ve yüzeysel addüktör kasında kas iğciklerinin dağılımını gösteren şema

Tablo 4.4. İstavrit ve mezgıt balıklarında adductor mandibulaya tutunan kaslarda (adductor mandibulae II) MS dağılımının karşılaştırılması

Balık türleri	İncelenen kas sayısı	Sol yanal bölge	Orta bölge	Sağ yanal bölge
İstavrit	3	1	0	0
Mezgıt	3	0	0	1

Tablo 4.5. İstavrit ve mezgıt balıklarında operkulum kaslarda (levator opercula) MS dağılımının karşılaştırılması

Balık türleri	İncelenen kas sayısı	Sol yanal bölge	Orta bölge	Sağ yanal bölge
İstavrit	2	1	0	0
Mezgıt	2	0	0	0

Tablo 4.6. *İstavrit ve mezigit balıklarında pektoral kaslarda (superficial adductor) MS dağılımının karşılaştırılması*

Balık türleri	İncelenen kas sayısı	Sol yanal bölge	Orta bölge	Sağ yanal bölge
İstavrit	3	1	0	0
Mezigit	3	1	0	0

4.1.3. Kas içiğinin morfolojisi:

İstavritin ve Mezigitin mandibulaya tutunan kasları (adductor mandibulae II), operkulum kas (levator opercula) ve pektoral kaslarının (yüzeyel addüktör) seri çapraz ve boyuna kesitlerinin incelenmesiyle içcikler gözlenmiş ve kapsülleri, intrafuzal kas fibrilleri ve duysal innervasyonu ile ayırt edilen ektrafuzal kas fibrilleri arasında bulunan kapsüllenmiş yapılar olarak belirlenmişlerdir (Şekil 4.8).

4.1.3.1. Kas içiğinin kapsülü

İncelenen tüm enine kesitlerde, bir dış kapsül ve bir iç kapsülden oluşan bir çift kapsül gözlenmiştir. Dış kapsül bağ dokusu katmanlarından ve iç kapsül periaksiyal boşluğu oluşturan dokulara benzer yapılardan oluşmaktadır. Trabeculaenin periaksiyal boşluğu bölmelere ayıran iç kapsülden çıktığı görülmüştür (Şekil 4.10.). Dış kapsülün ortalama çapı ve kas içciklerinin iç kapsülleri Tablo 4.7 de görüldüğü gibi gözlenmiştir.

Tablo 4.7. *İstavrit ve mezigitin adductor mandibulae II kasında iç kapsül, dış kapsül ve intrafuzal kas fibrili çapları ve kas içiği uzunluklarının karşılaştırılması*

Balık türleri	İncelenen kas sayısı	Kas içiği sayısı	İç kapsülün ortalama çapı (µm)	Dış kapsülün ortalama çapı (µm)	İtrafuzal kas fibrili ortalama çapı (µm)	Kas içiğinin ortalama uzunluğu (µm)
İstavrit	3	1	2,673	2.964	2.528	1814.34
Mezigit	3	2	2.587	2.801	2.412	1808.56

Tablo 4.8. *İstavrit ve mezgitin levator opercula kasında iç kapsül ve dış kapsül çaplarının karşılaştırılması.*

Balık türleri	İncelenen kas sayısı	Kas iğciği sayısı	İç kapsülün ortalama çapı (µm)	Dış kapsülün ortalama çapı (µm)	İntrafuzal kas fibrili ortalama çapı (µm)	Kas iğciğinin ortalama uzunluğu (µm)
İstavrit	2	1	2.589	2.811	2.498	1791.34
Mezgit	2	0	0	0	0	0

Tablo 4.9. *İstavrit ve mezgitin pektoral kasında iç kapsül ve dış kapsül çaplarının karşılaştırılması (superficial adductor)*

Balık türleri	İncelenen kas sayısı	Kas iğciği sayısı	İç kapsülün ortalama çapı (µm)	Dış kapsülün ortalama çapı (µm)	İntrafuzal kas fibrili ortalama çapı (µm)	Kas iğciğinin ortalama uzunluğu (µm)
İstavrit	3	1	2.694	3.112	2.598	1816.49
Mezgit	3	1	2.578	2.998	2.543	1814.11

4.1.3.2. İntrafuzal kas fibrili yapısı

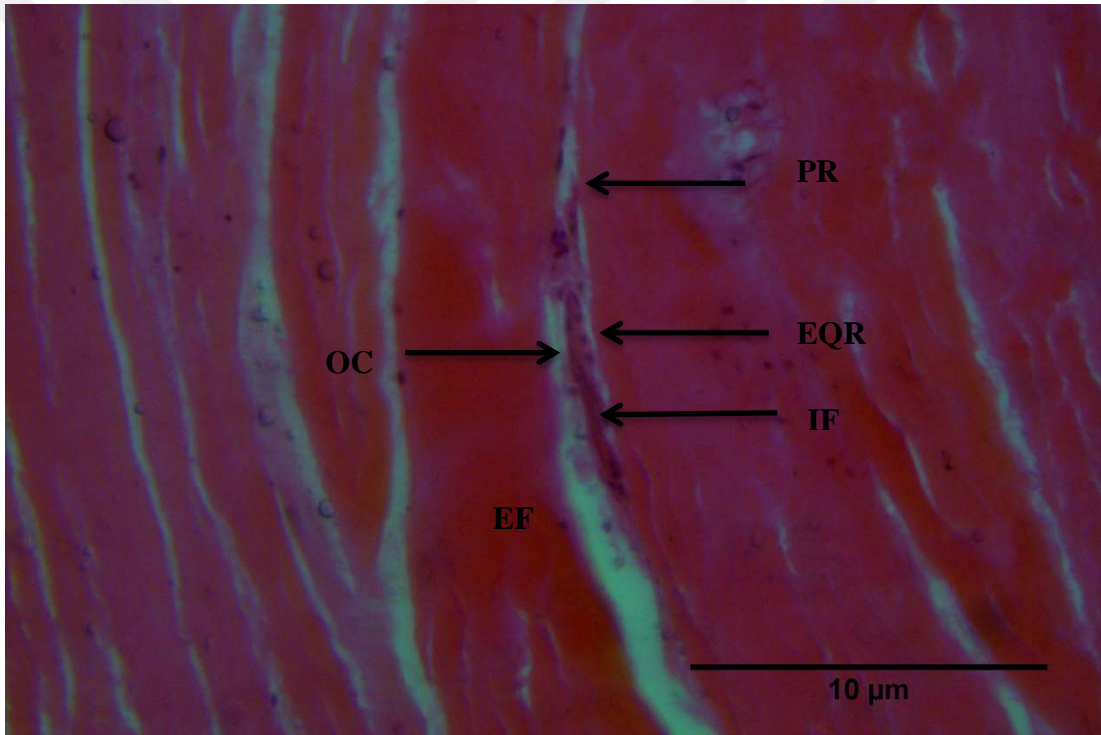
Bulunan kas iğcikleri bir duyuşal iletim ile iğcük başına bir İntrafuzal kas fibriline sahiptir. Sadece Mezgitin adductor mandibular II kasında iki İntrafuzal kas fibrili ve iki duyuşal iletime sahip bir kas iğciği bulunmuştur. İki türün de adductor mandibulae II, levator opercula ve yüzeyel addüktör kaslarının intrafuzal kas fibrilleri uzunluklarına eşit çapta olmadığı görülmüştür. Ekvatorial bölgelerde kutupsal bölgelere göre biraz daha büyük olduğu gözlemlenmiştir. Genel olarak, her iki türde de çalışılmış olan tüm kaslarda, ortalama kas içi kas fibrili çapı, ekvatorial bölgede 3.076 µm, polar bölgede 2.976 µm olarak tespit edilmiştir.

4.1.4. Kas iğciğinin Kan Akımı

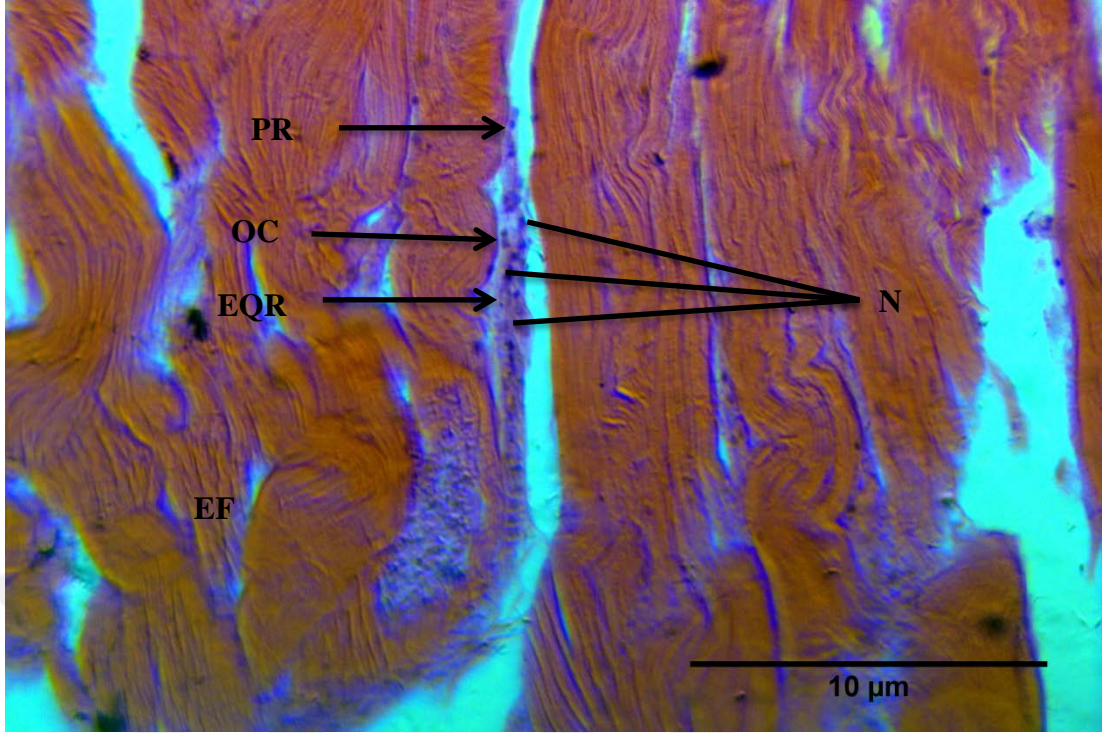
Mezgitin mandibulaya tutunan kaslarının seri enine kesitlerinin incelenmesiyle, adductor mandibular II'de kompleks çift içcikleri oluşturan içciklerden birinin dış kapsülüne bağlı bir kan damarı gözlenmiştir (Şekil 4.12).

4.1.5. Kompleks Kas içcikleri

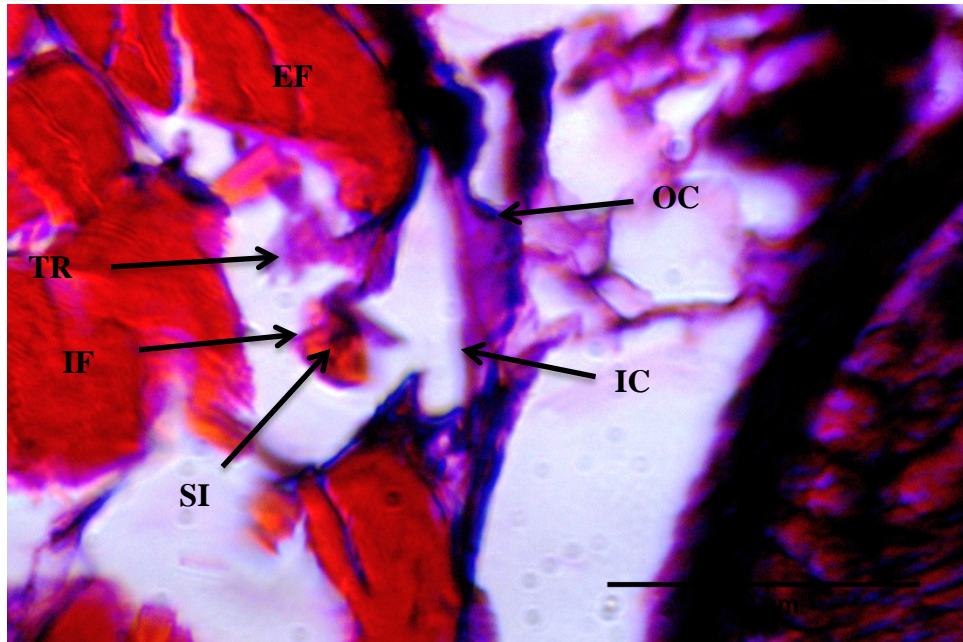
Mezgitin adductor mandibular II incelemesinde, iki içciğin bir araya geldiği ve intrafuzal kas fibrillerinin ayrı kapsüllü kaldığı kompleks bir çift içcik gözlenmiştir (Şekil 4.12). Hem mezgitin adductor mandibular II kası hem de diğer kaslarda başka hiçbir kompleks kas içciği türü gözlemlenmemiştir.



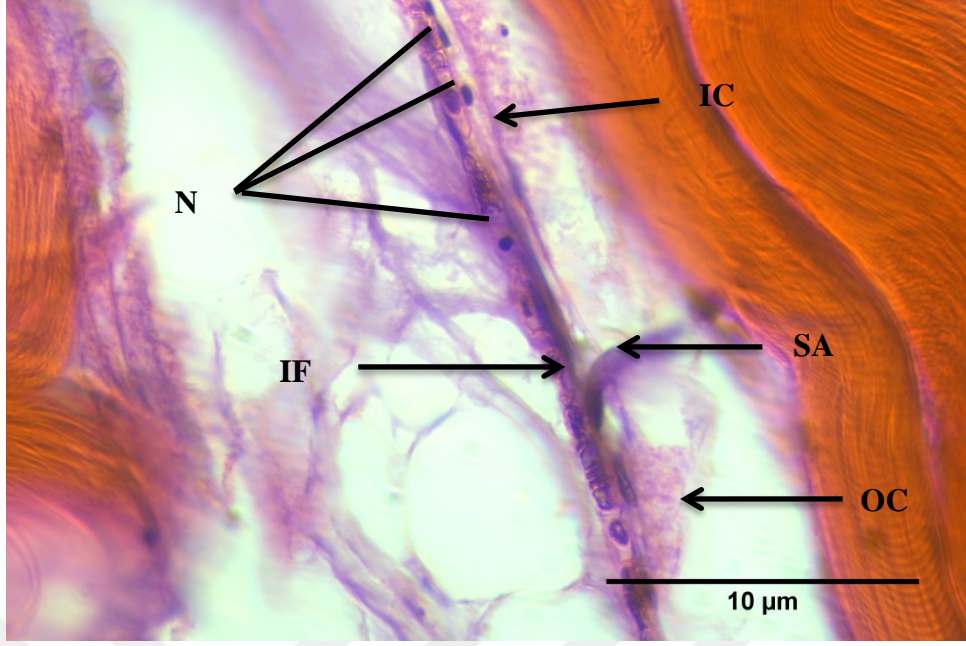
Şekil 4.8. Ektrafuzal kas fibrilleri arasında yer alan kas içciği görülen mezgitin yüzeysel addüktör kasının 8 μm boyuna kesitinin fotomikrografisi (H-E boyası, x 400). OC = dış kapsül, IF = intrafuzal kas fibrili, EF = ektrafuzal kas fibrili, EQR = ekvatorial bölge, PR = kutupsal bölge



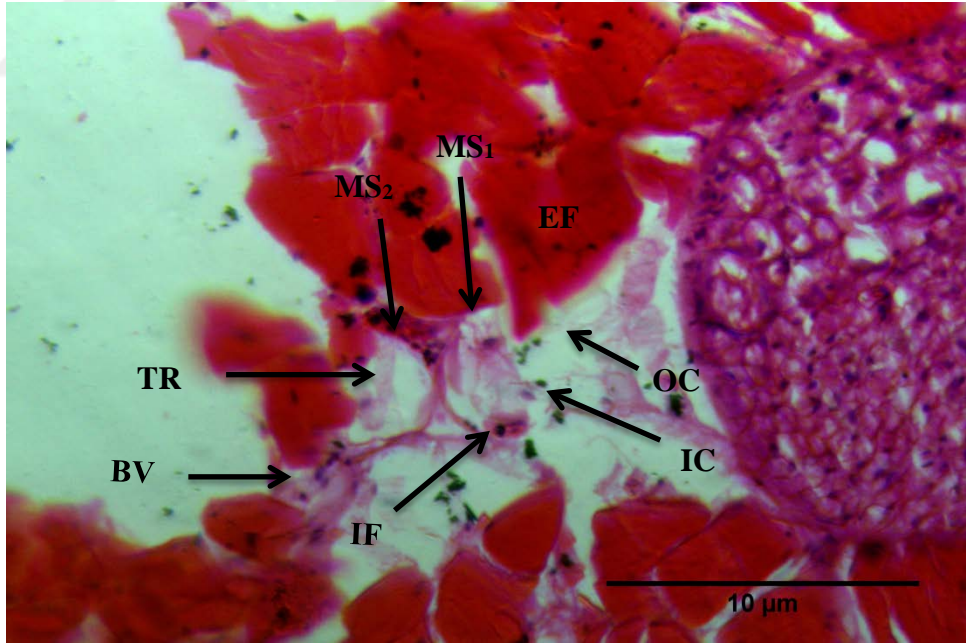
Şekil 4.9. Ektrafuzal kas fibrilleri arasında yer alan kas içiği görülen mezgitin yüzeysel addüktör kasının 8 μm boyuna kesitinin fotomikrografisi (H-E boyası, x 400). OC = dış kapsül, IF = intrafuzal kas fibrili, EF = ektrafuzal kas fibrili, EQR = ekvatorial bölge, PR = kutupsal bölge, N= çekirdekler



Şekil 4.10. Çift kapsül tarafından çevrili ektrafuzal kas fibrilleri arasında yer alan kas içiği görülen İstavritin levator operculi kasının 8 μm enine kesitinin fotomikrografisi (H-E boyası, x 1000). OC = dış kapsül, IC= iç kapsül



Şekil 4.11. Ekvatorial bölgede ektrafuzal kas fibrilleri arasında yer alan kas içiği görülen İstavritin adductor mandibular II kasının 8 μm boyuna kesitinin fotomikrografisi (H-E boyası, x 1000). OC = dış kapsül, IC= iç kapsül, IF= İntrafuzal kas fibrili, SA= duyusal akson, N= çekirdek



Şekil 4.12. Kompleks çift kas içiği görülen Mezgitin adductor mandibular II kasının 8 μm enine kesitinin fotomikrografisi (H-E boyası, x 400). OC = dış kapsül, IC= iç kapsül, MS₁ ve MS₂= kompleks çift içik, TR= trabeküller, BV= kan damarı

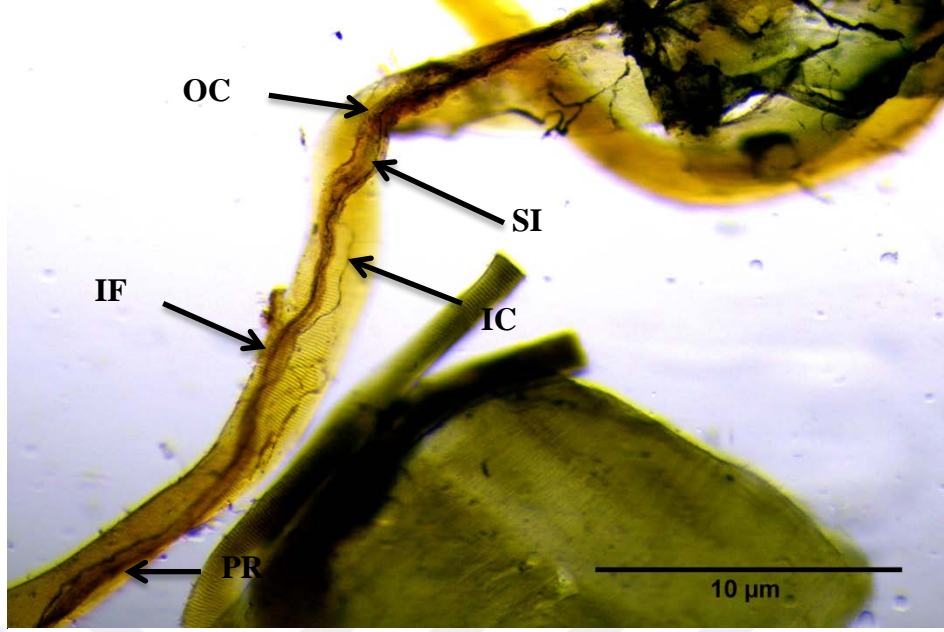
4.2. Gümüş İmpregnasyon Yöntemine Göre Gözlemler

4.2.1. Kas iğciklerinin morfolojisi

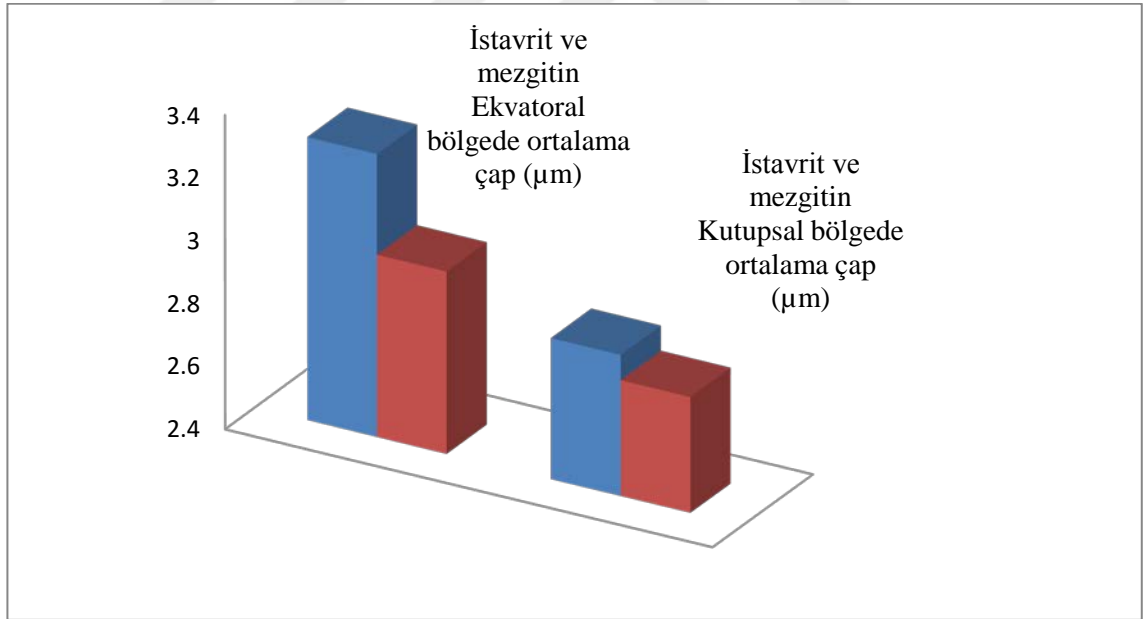
İstavrit ve Mezgitin gümüş tekniğiyle boyanmış preparatlarında, kas iğciklerinin, sıradan kaslara (ekstrafuzal kas fibrilleri) paralel yerleşimli iğcik şeklinde ve bir çift kapsülle ayrılmış yapılar olarak görülmüştür (Şekil 4.13.). Kas iğciklerinin ekvatorial bölgede çap olarak hafifçe artan tek bir intrafuzal kas fibriline sahip olduğu görülmüştür. Ekstrafuzal kas fibrillerinin ve intrafuzal kas fibrillerinin ortalama çapları Şekil 4.14. de gösterilmiştir.

Tablo 4.10. İstavrit ve mezgitin kaslarında gözlenen kas iğciklerinin bazı ölçüm özellikleri

Balık türleri	Ekvatorial bölgede ortalama çap (µm)	Kutupsal bölgede ortalama çap (µm)	Duyusal bölgenin ortalama uzunluğu (µm)	Kas iğciğinin ortalama uzunluğu (µm)
İstavrit	3.30	2.85	976.27	1969.37
Mezgit	2.98	2.77	889.78	1887.56



Şekil 4.13. Ekvatorial bölgesinde MS görülen istavritin adductor mandibulae II kasından ayrıştırılan bir kas iğciğinin fotomikrografisi ve duysal innervasyonu (gümüş boyası, x400). OC= dış kapsül, IF= intrafuzal kas fibrili, SI= duysal innervasyon, IC= iç kapsül, PR= polar bölge



Şekil 4.14. İstavrit ve mezgitin ortalama intrafuzal kas fibrillerinin çapını gösteren şema

4.2.2. Kas iğciğinin innervasyonu

4.2.2.1. Duyusal innervasyon

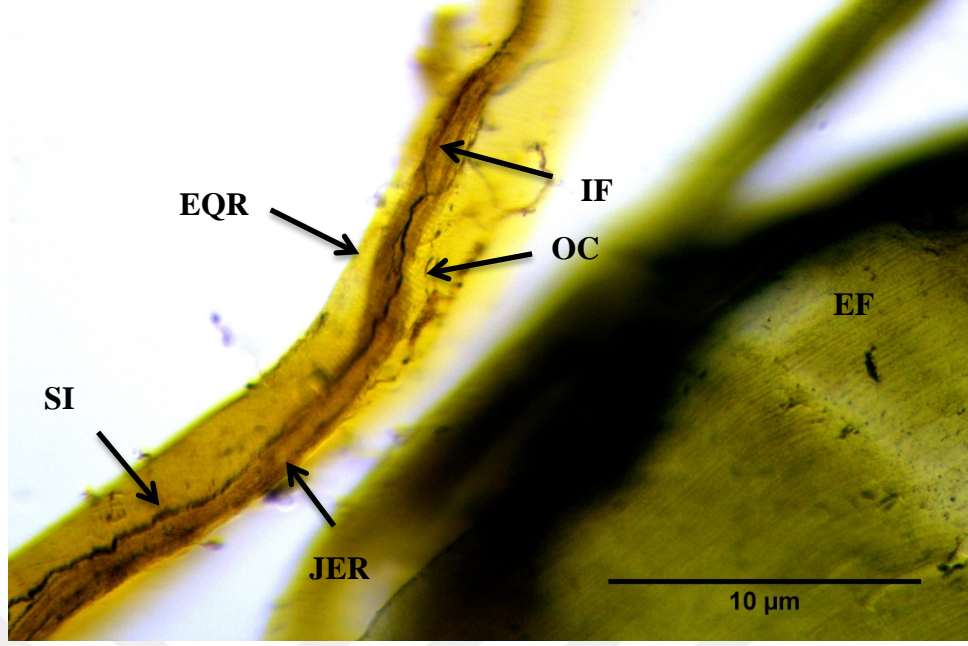
Gümüş boyalı iğciklerin incelemesinde iki duyusal innervasyon şekli ortaya çıkmıştır. İlk tipte sinir dalı ekvatorial bölgeye girerek, sağa ve sola uzun mesafeler boyunca uzanmış ve küçük filament dalları vermektedir (Şekil 4.15). İkinci tipte sinir dalı ekvatorial bölgeye girmekte ve sağa ve sola belli bir mesafeye kadar ağ şeklinde uzanmaktadır (Şekil 4.16). Tablo 4.10 ve Şekil 4.15. her iki türdeki duyusal bölgenin ortalama uzunluğunu göstermektedir.

4.2.2.2. Motor İletimi

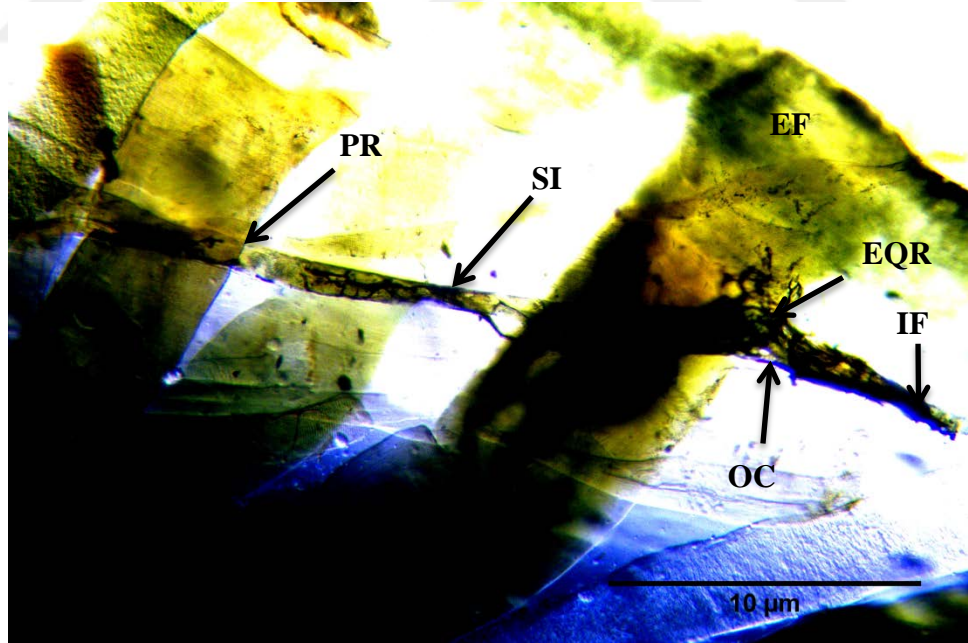
Ayrıştırma işlemi sırasında motor dallarının iğciklerden ayrılmasının bir sonucu olarak kas iğciklerinin açık bir motor innervasyonunu bulmak kolay olmamıştır. En belirgin iğciğin, motor beslemesini ektrafuzal kas fibrillerini besleyen aksondan kutupsal bölgeye uzanan iğcik olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.18.).

4.2.3. Ektrafuzal Kas Fibrillerinin yapısı:

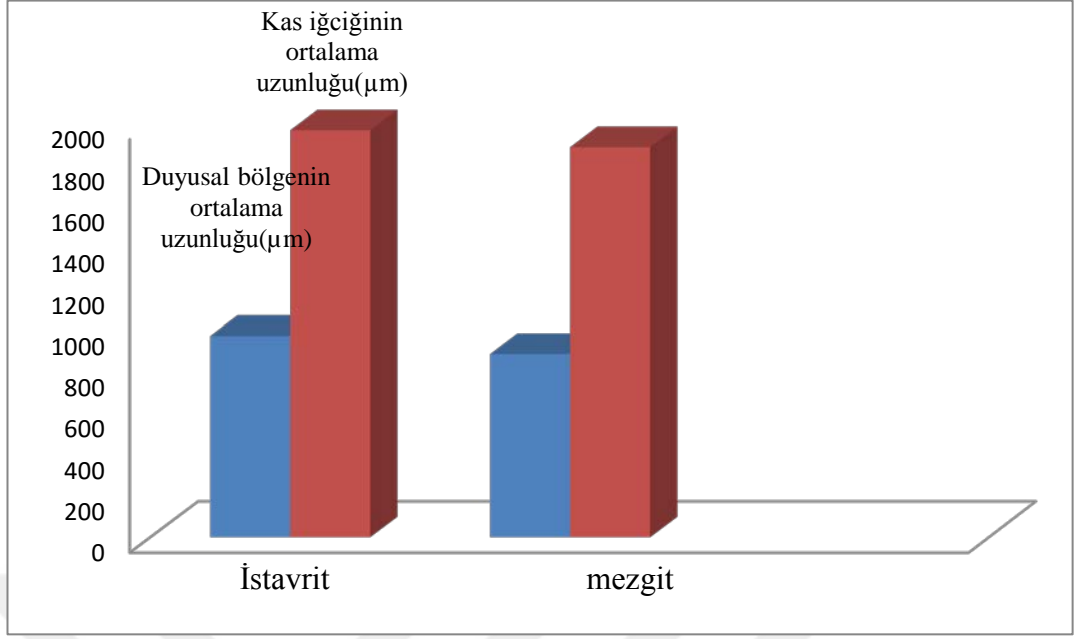
Her iki türdeki ektrafuzal kas fibrili çapları incelendiğinde, üç boyut gözlenmiş, küçük, orta ve büyük çapları sırasıyla 3, 11 ve 45 µm arasında değişmiştir (Şekil 4.19). Gikojen granül içeren ektrafuzal kas fibrilleri istavritin pektoral kasında (superficial addüktör) görülmüştür (Şekil 4.20). Her iki türdeki ektrafuzal kas fibrilleri üzerindeki sinir uçları katman uçlu (Şekil 4.21., Şekil 4.22., Şekil 4.23.) ve salkım uçlu (Şekil 4.24, Şekil 4.25., Şekil 4.26.) şeklindedir. Katman uça motor terminalleri, kas fibrili yüzeyi boyunca zıt yönlerde kas fibrili üzerinde sona ermiştir, salkım uça motor terminalleri, birkaç yöne doğru küçük veziküller ile biten kas fibrilleri üzerinde sona ermiştir. Kan akımı, açıkça ektrafuzal kas fibrillerine paralel olarak görülmüştür (Şekil 4.22.).



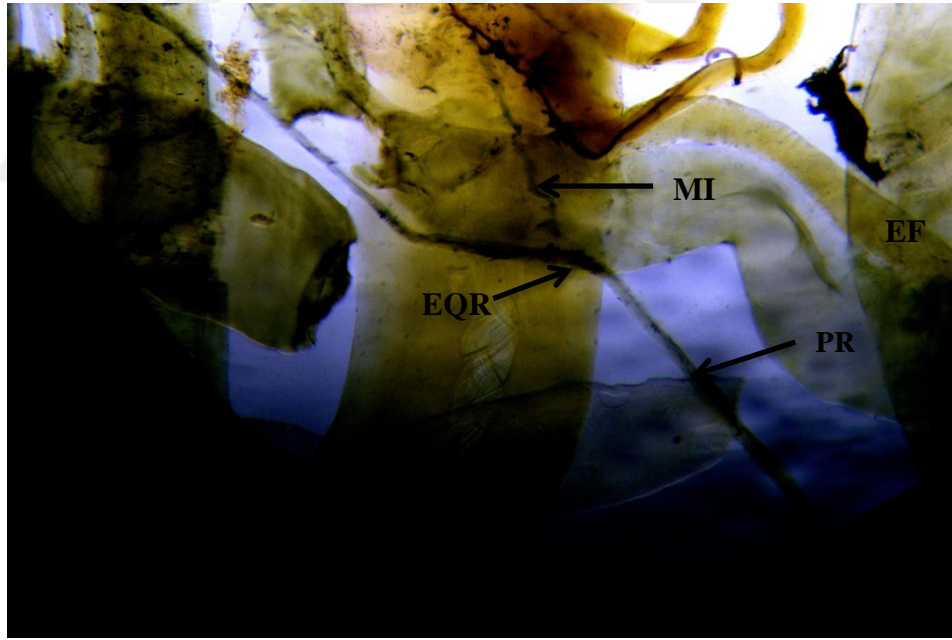
Şekil 4.15. Juksta ekvatorial bölgesine kadar uzanan duysal innervasyonu ile MS gösteren Mezgitin yüzeysel addüktör kasından ayrıştırılmış bir MS'nin fotomikrografisi (gümüş boyası, x 400). EF= ektrafuzal kas fibrili, IF= intrafuzal kas fibrili, EQR= ekvatorial bölge, OC= dış kapsül, SI= duysal innervasyon, JER= juksta ekvatorial bölge



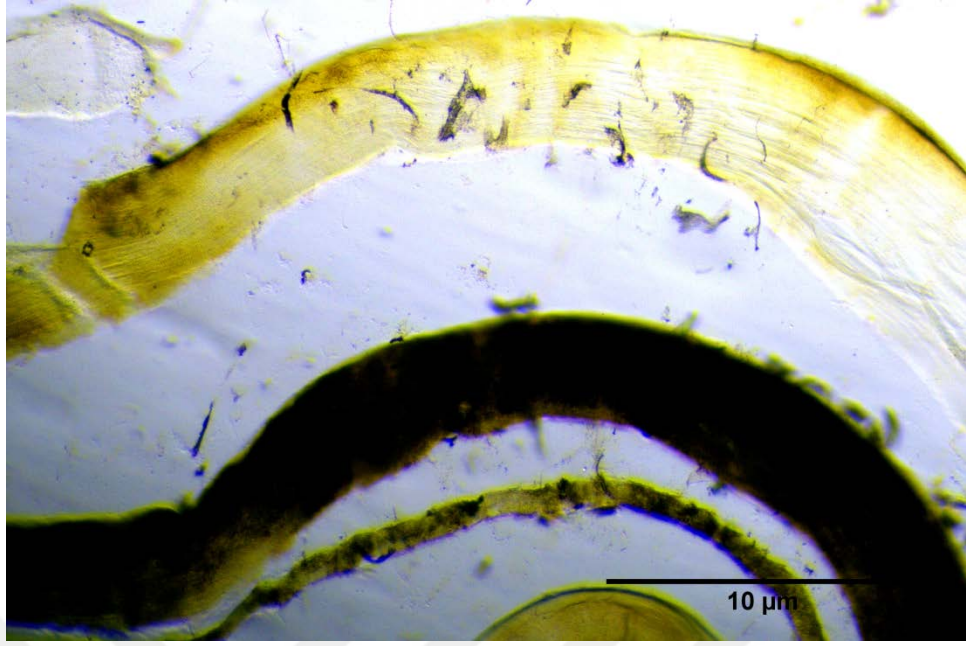
Şekil 4.16. Duysal innervasyonu ile ekvatorial ve kutupsal bölgelerde MS gösteren Mezgitin adductor mandibulae II kasından ayrıştırılmış bir kas iğciğinin fotomikrografisi (gümüş boyası, x400). OC= dış kapsül, IF= intrafuzal kas fibrili, EF= ektrafuzal kas fibrili, SI= duysal innervasyon, EQR= ekvatorial bölge, PR= polar bölge



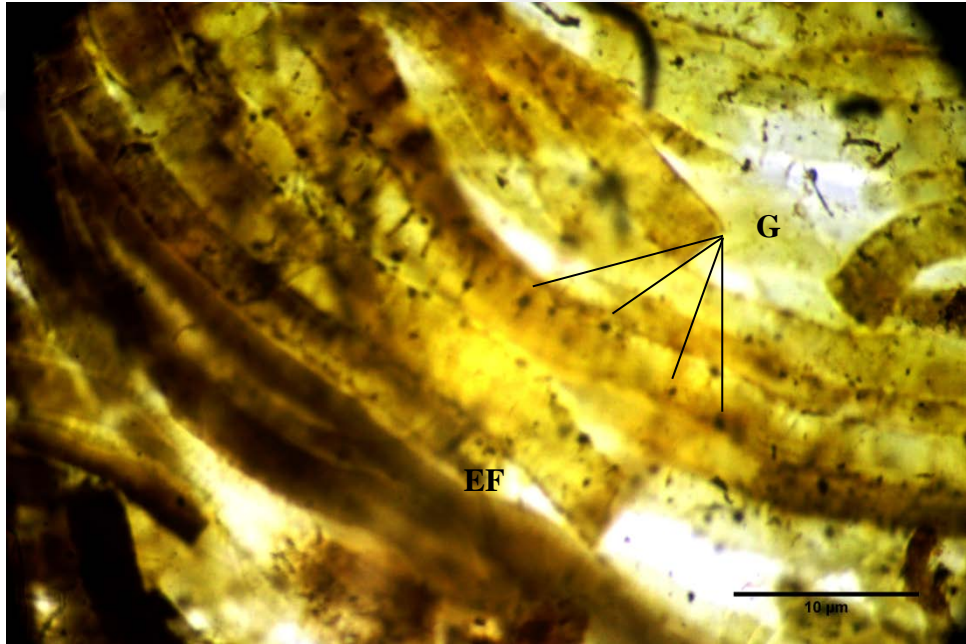
Şekil 4.17. İstavrit ve Mezgitin ortalama duyuşal bölge ve MS uzunlukları



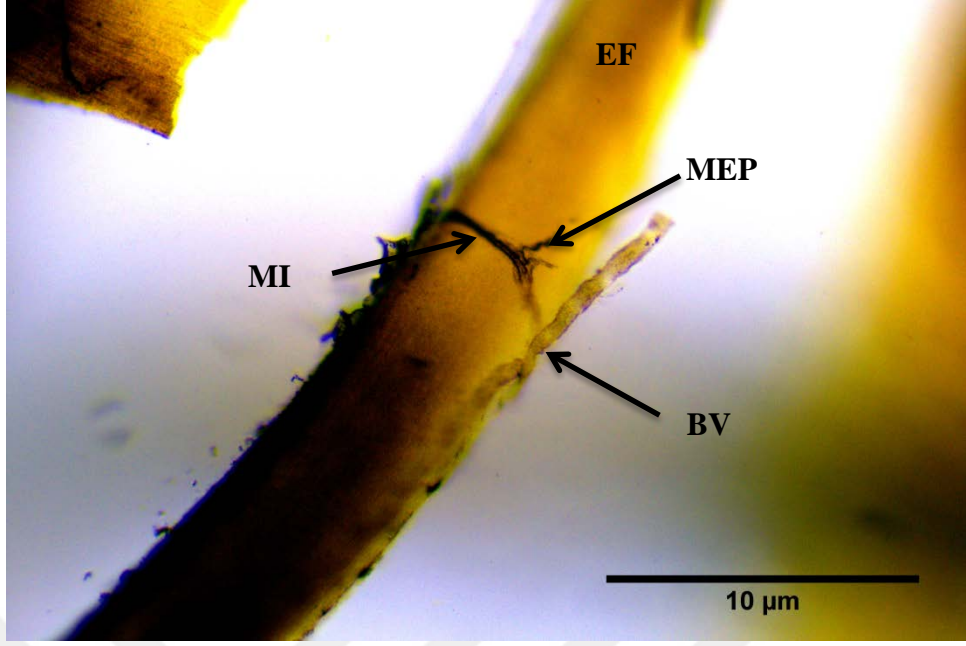
Şekil 4.18. Motor beslemesini ektrafuzal kas fibrili sinir dalından alan bir MS gösteren istavritin levator opercula kasından ayrıştırılmış bir MS fotomikrografisi. (Gümüş boyası, x 200). EF= ektrafuzal kas fibrili, MI= motor innervasyon, EQR= ekvatorial bölge, PR= kutupsal bölge



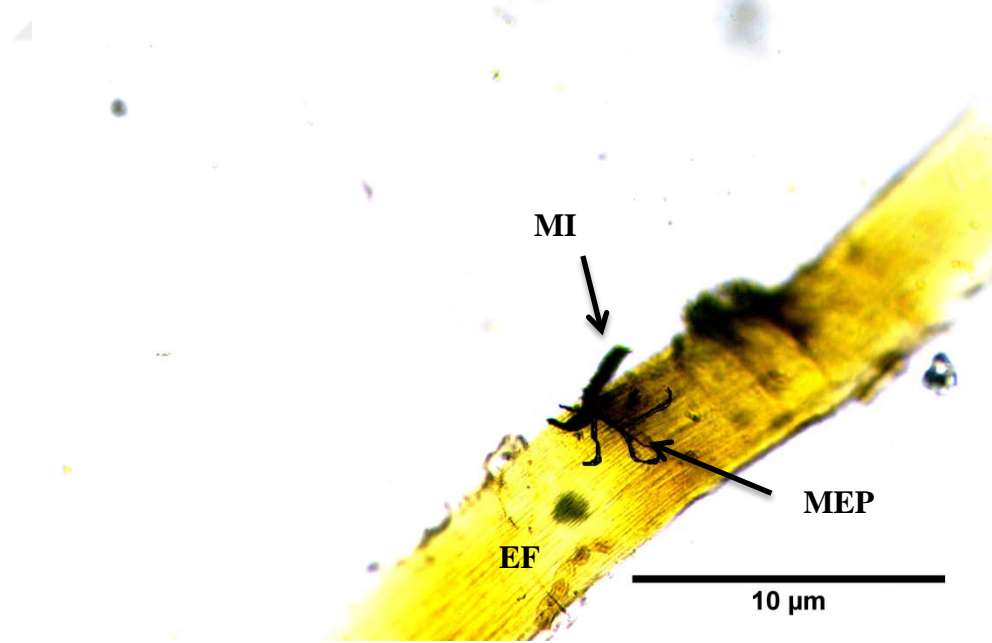
Şekil 4.19. Küçük, orta ve büyük boylarda kas fibrilleri gösteren istavritin adductor mandibulae II kasından ayrıştırılmış ekstrasfuzal kas fibrillerinin fotomikrografisi (gümüş boyası, x 200)



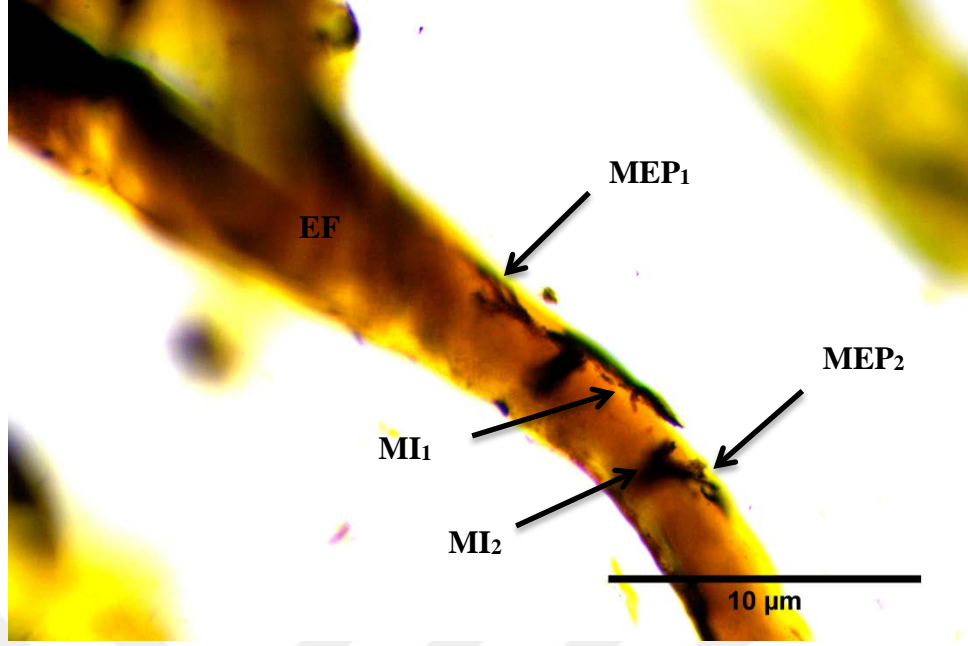
Şekil 4.20. Granül ekstrasfuzal kas fibrilleri gösteren istavritin yüzeysel addüktör kasından ayrıştırılmış ekstrasfuzal kas fibrillerinin fotomikrografisi (gümüş boyası, x 200). EF=ekstrasfuzal kas fibrili, G= glikojen granülleri



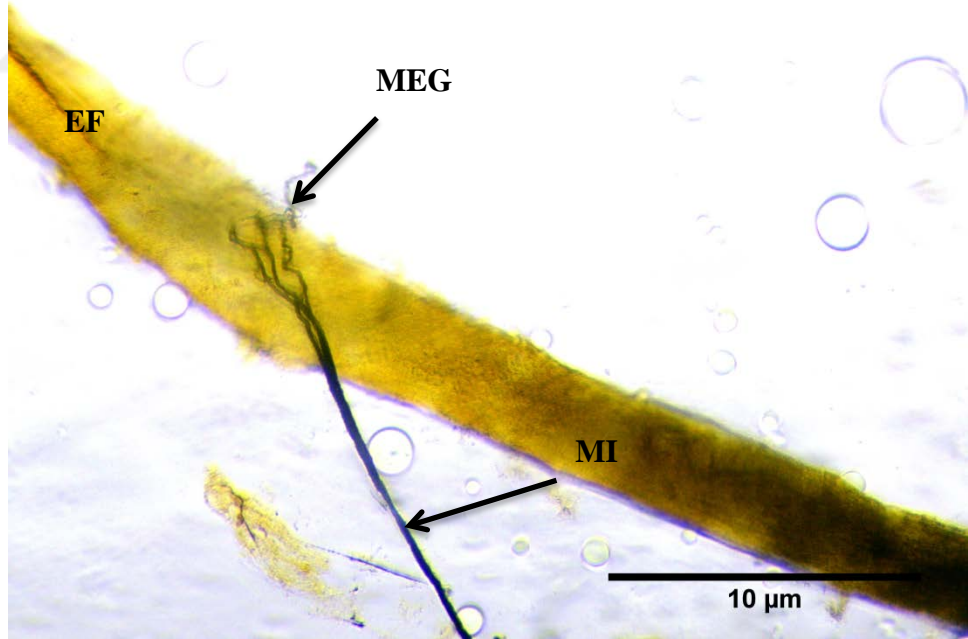
Şekil 4.21. Bir kas fibrili üzerinde katman uç şeklinde biten motor aksonu ve kas fibriline paralel uzanan bir kan damarı gösteren istavritin adductor mandibular II kasından ayrıştırılmış ektrafuzal kas fibrillerinin fotomikrografisi (gümüş boyası, x 400). EF= ektrafuzal kas fibrili, MI= motor innervasyonu, MEP= motor uç salkımı, BV=kan damarı



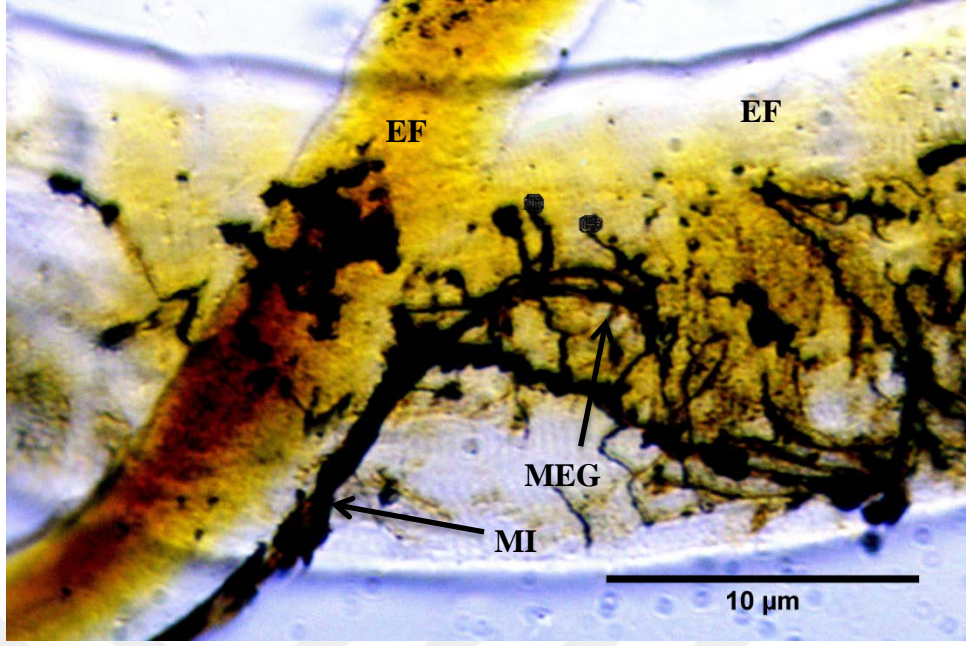
Şekil 4.22. Bir kas fibrili üzerinde katman uç şeklinde biten motor aksonu gösteren istavritin yüzeysel addüktör kasından ayrıştırılmış ektrafuzal kas fibrillerinin fotomikrografisi (gümüş boyası, x 200). EF= ektrafuzal kas fibrili, MI= motor innervasyon, MEP= motor uç katmanı



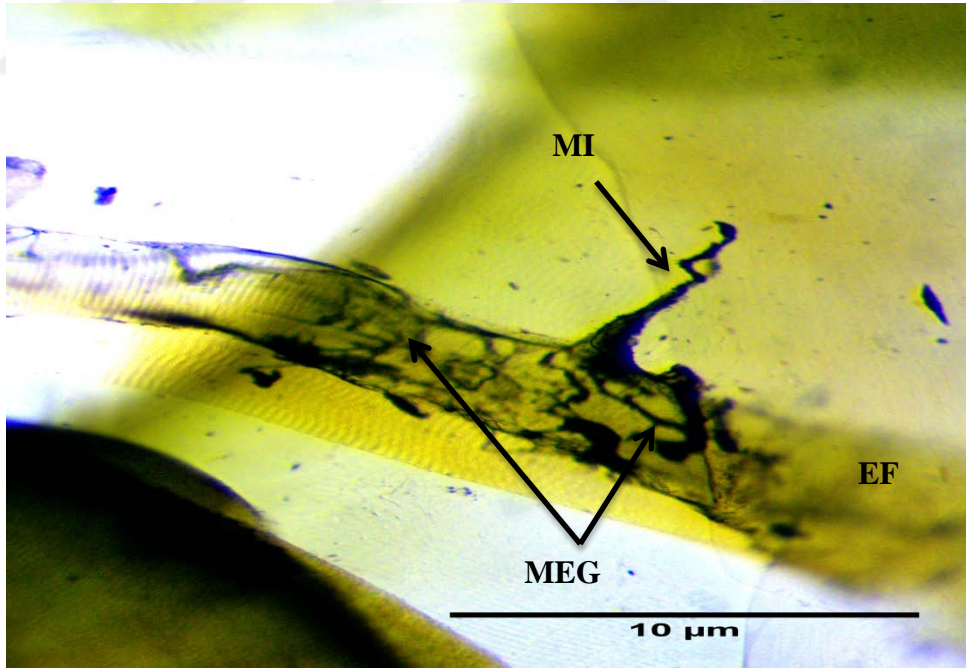
Şekil 4.23. Bir kas fibrili üzerinde katman uç şeklinde biten iki motor aksonu gösteren Mezgitin yüzeysel addüktör kasından ayrıştırılmış ektrafuzal kas fibrillerinin fotomikrografisi (gümüş boyası, x 200). EF= ektrafuzal kas fibrili, MI₁, MI₂= motor innervasyonları, MEP₁, MEP₂= motor uç katmanları



Şekil 4.24. Bir kas fibrili üzerinde salkım uç şeklinde biten motor aksonu gösteren istavritin yüzeysel addüktör kasından ayrıştırılmış ektrafuzal kas fibrillerinin fotomikrografisi (gümüş boyası, x 200). EF= ektrafuzal kas fibrili, MI= motor innervasyon, MEG= motor uç salkımı



Şekil 4.25. Bir kas fibrili üzerinde salkım uç şeklinde biten motor aksonu gösteren Mezgitin yüzeysel addüktör kasından ayrıştırılmış ektrafuzal kas fibrillerinin fotomikrografisi (gümüş boyası, x 1000). EF= ektrafuzal kas fibrili, MI= motor innervasyon, MEG= motor uç salkımı



Şekil 4.26. Bir kas fibrili üzerinde salkım uç şeklinde biten motor aksonu gösteren Mezgitin adductor mandibular II kasından ayrıştırılmış ektrafuzal kas fibrillerinin fotomikrografisi (gümüş boyası, x 400). EF= ektrafuzal kas fibrili, MI= motor innervasyon, MEG= motor uç salkımı

5. TARTIŞMA

Yapılan literatür incelemesi sonucunda bu araştırma istavrit ve mezigit türlerinde kas içiğinin sayısı, yoğunluğu, dağılımı ve innervasyonunun kapsamlı ortaya koyan ilk çalışma olarak değerlendirilmektedir. Adductor mandibula II, levator opercula ve yüzeysel addüktör kaslarındaki kas içcik sayısı ve yoğunluğu, iki türde nicel farklar olduğunu ancak morfolojik farklar olmadığını göstermiştir. Farklı kaslar arasında içcik yoğunluğundaki bu farklılıkların bildirilen tüm hayvanlar için ortak olduğu belirlenmiştir (Barker & Banks, 1994).

Yapılan bu çalışmada kas içiğinin mandibulaya tutunan kaslarda bulunduğunu tespit edilmiştir. Elde edilen bu bulgu Maeda vd. (1983) tarafından verilen bilgiler ile örtüşmektedir. Maeda vd. (1983) dışında diğer araştırmacılar yaptıkları çalışmalarda bu bulguyu elde edememişlerdir (Fessard & Sand, 1937; Saed, 1990). Araştırmacıların kas içiğinin mandibulaya tutunan kaslarda bulunduğunu tespit edememelerinin sebebi çalışılan türlerin farklılığından veya çalışma tekniğinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Farklı kaslar karakteristik içciklere sahiptir, bu farklılıklar türe özgüdür ve görünüşe göre genetik olarak kodlanmıştır (Zelená , 1994). Vos (1971) yumurtalık kaslarının ve milohiyoid kaslarının kas içiğine sahip olmadığını belirtmiştir. Ancak son zamanlarda Saverino vd. (2014) bu kaslarda kas içiği bulmuşlardır. Gözlemsel çalışmalar küçük olabilmekte ve bazı örneklerde doku kesitlerine dayanmaktadırlar.

Kas içiği yoğunluğu, kasın çalışma doğası gibi çeşitli faktörlerle ilişkilidir (Cooper, 1960, 1966; Voss, 1963; Goldfinger & Fukami, 1980; Amonoo-kufi, 1982; Scott & Young, 1987; Proske, 2007; Peikert & May, 2014). Duruşun sağlanmasında rol oynayan kaslar, örneğin soleus kası veya ince hareketlerde yer alan kaslar, örn. lumbrikal ve ekstraoküler kaslar, sadece hareket gerçekleştirenlerden daha yüksek içcik yoğunluğu (örn. gastroknemius kası) içermektedir. Bu nedenle, dokuz kedi arka bacak kasından alınan içcik yoğunluğu gram kas başına 5-45 adetken, sadece

pençelerin interosseous kaslarında 80-119 adet gibi çok yüksek bir aralık görünmektedir. Bu değerlerin belirlenmiş olmasına karşın, kaslardaki kas iğciği birimlerinin yoğunluğundaki büyük değişkenlik çeşitli işlevlerini yansıtır olabilmektedir (Chin vd., 1962).

İskelet kaslarındaki kas iğlerinin konumu ve dağılımı, birçok araştırmada çok sayıda kasta incelenmiştir (Rowlerson ve ark. 1988; Kokkorogiannis, 2004). Kas iğcinin konumu, kas içi sinir dallarının yeri (Barker & Chain, 1960), ektrafuzal kas fibrillerinin histolojik profili (Yellin, 1969; Jami vd., 1979) ve kas bölgeleri ile ilişkilendirilmiştir (Swett ve Elderd, 1960). Bu çalışmada, iğcinin ana sinir gövdesi dallarının bölgelerinde dağıldığı ve bu bulgunun önceki çalışmalarla uyumlu olduğu gözlenmiştir (Barker & Ip, 1961; Amonoo-kuofi, 1982)

Maeda vd. (1983) tarafından yürütülen kas iğciği üzerine yapılan tek çalışmasıyla bu çalışmayı karşılaştırırken istavritin ve mezgitin kas iğciklerinin benzer bir yapı gösterdiği tespit edilmiştir. Bu durum balık kas iğcinin mono intrafuzal kas fibriline sahip olduğunu gösteren önceki bulgu ile örtüşmektedir. Monofibril kas iğciği kuşun ALD kasında da bulunmuştur ve kas iğciği toplamının %12.7'sine (William vd., 1999) eşittir. Aynı durum kertenkele (Szepsenwol, 1960; Proske, 1969a, b; Proske, 1973) ve yılan (Fukami & Hunt, 1970; Pallot & Ridge, 1971; Cliff & Ridge, 1973) kasları için de geçerlidir.

Diğer omurgalılarda olduğu gibi, balığın kas iğciği bir dış kapsül ve bir iç kapsülden oluşan bir çift kapsülden oluşur. Dış kapsül eş merkezli bağ doku katmanlarından oluşur ve iç kapsül daha ince görünümlüdür. Çapraz ve boyuna kesitlerden İstavrit ve mezgit balıklarının iç ve dış kapsüllerinin ortalama çapları sırasıyla 2.67, 2.58µm and 2.96, 2. olarak belirlenmiştir. Bu durum, memeli kas iğciklerine (Barker, 1974; Ovalle ve Dow, 1983), kuş kas iğciklerine (Ovalle, 1976; Adal, 1980), amfibi kas iğciklerine (Karlsson vd., 1966) ve sürüngen kas iğciklerine (Proske, 1969a, b; Fukami ve Hunt, 1970) benzerlik göstermektedir.

Her iki türde de ekvatorial ve polar bölgelerde intrafuzal kas fibrili için gümüş boyalı iğciklerde yapılan ölçümler sırasıyla 3.30, 2.98 µm ve 2.8, 2.77 µm olmuştur. Bu

değerler Maeda vd. (1983) tarafından somon balığının intrafuzal kas fibrillerinin polar bölgesi üzerinde yapılan 2.8 µm lik çap ölçümleri ile benzerlik göstermektedir.

Her iki türün adductor mandibulae II, levator opercula ve intrafuzal addüktör kaslarındaki kas içcikleri incelendiğinde, mezgitin adductor mandibular II kası haricinde vaskülarize olmadıkları bulunmuştur. Mezgitin adductor mandibular II kası kompleks çift içcik ve kan akımı göstermektedir. Çok sayıda intrafuzal kas fibriline sahip olan büyük hayvanların kas içcikleri intrafuzal kılcal damarlar içerirken, az intrafuzal kas fibrili içeren küçük hayvanların içcikleri insan kas içcikleri haricinde intrafuzal kılcal damarlara sahip değildirler (Cooper, 1960).

Mezgitin adductor mandibular II kasında kompleks içcik gözlenmiş ve iki kas içciğinin yan yana bulunduğu çiftli birleşme biçiminde tespit edilmiştir. Bu, Richmond ve Abrahams (1975) ile Bakker ve Richmond (1981 ve 1982)'in kedilerde intervertebral kaslar üzerine yaptıkları gözlemler ve Liu vd. (2003)'in insan boynunda yaptıkları gözlemlerle benzer bir durumdur.

Kas içciklerinin duyusal innervasyonu bu çalışmadaki istavrit ve mezgıt balıkları arasında hiçbir kasta farklılık göstermemiştir. Kertenkele (Proske, 1973) ve yılanlar (Pallot ve Ridge, 1971) ile ilgili diğer çalışmalarda bildirilenlere benzer morfoloji göstermektedir. Bu çalışma kapsamında gümüş boyalı kas içciklerinin sinir dalının ekvatorial bölgeye girdiği, sağa ve sola uzun bir mesafe boyunca uzandığı, küçük filament dalları verdiği, sinir dalının ekvatorial bölgeye girdiğini ve bir ağ şeklinde sağa ve sola belirli bir mesafeye kadar uzandığı görülmüştür.

Motor sinir terminalleri gümüş boyama yöntemiyle ortaya çıkarılmış ve intrafuzal kas fibrilinin polar bölgesinde mevcut olduğu görülmüştür. Motor dallarının ayrıştırma işlemi sırasında içciklerden ayrılmasının bir sonucu olarak motor sonlarının tip uçları belirlenememiştir. En belirgin içcik, motor beslemesini ektrafuzal kası besleyen aksondan kutupsal bölgeye alan içcik olmuştur . Bu Bessou vd. (1965)'nin kedi kas içciği üzerine yaptıkları çalışma ile aynı sonucu göstermiş ve bu sinir terminalinin β fusimotor akson olduğu görülmüştür.

6. SONUÇ

Araştırmada istavrit ve mezigit balıklarının mandibulaya tutunan kasları (adductor mandibulae II), operkulum kasları (levator opercula) ve pektoral kaslarındaki (superficial addüktör) kas iğcikleri gözlenmiştir. Kas iğciğinin yapısı, sayısı, dağılımı ve yoğunluğu görmek için genel histolojik teknikler (Hematoksilen ve Eozin ile parafin ve kriyostat seri kesitleri) uygulanmış ve kas iğcik morfolojisi ve innervasyonunu görmek için gümüş impregnasyon tekniği kullanılmıştır. Bu, pektoral ve operkulum kaslarında varlığının ilk kez gösterimi olmuştur. Ayrıca daha önce Maeda vd. (1983) tarafından bildirilen mandibulaya tutunan kaslardaki varlığının da ilk gösterimi olmuştur.

Mezigit mandibulaya tutunan kasları, istavritten daha fazla sayıda ve daha fazla yoğunluğa sahiptir. Buna karşın istavrit operkulum kasları, mezigitten daha fazla sayıda ve daha fazla yoğunluktadır. Mezigit pektoral kasları ise istavritten daha fazla sayıda ve daha fazla yoğunluğa sahiptir.

Her iki türde kas iğciklerinin konumu ve dağılımı incelenmiş ve iğciklerin büyük çoğunluğu kasların sol yanal kısmında görülmüştür. Sadece biri (mezigit mandibulaya tutunan kasları) sağ yanal kısımda yoğunlaşmış ve orta bölgelerde kas iğcikleri görülmemiştir.

Tüm kas iğciklerinde olduğu gibi, her iki türdeki kas iğcikleri bir dış kapsül ve bir iç kapsülden oluşan bir çift kapsülden oluşmuştur.

Gözlenen kas iğcikleri iğcik başına bir intrafuzal kas fibriline sahiptir. Yalnızca Mezigitin adductor mandibular II kasında iki intrafuzal kas fibrilli bir kas iğciği bulunmuştur. Her iki türün adductor mandibulae II, levator opercula ve superficial addüktör kaslarının intrafuzal kas fibrilleri, uzunlukları boyunca eşit çapa sahip olmadıkları ve ekvatorial bölgelerde kutup bölgelerine göre biraz daha büyük oldukları tespit edilmiştir.

Her iki türdeki kas iğciklerinin duysal ve motor innervasyonları, boyanmış ve ayrıştırılmış preparatlarla incelenmiştir. Çoğu kas iğciği bir duysal innervasyona sahiptir ve iki duysal innervasyonu olan sadece bir kas iğciği gözlemlenmiştir. Bu iğcik de ektrafuzal kas fibrillerini besleyen aksondan kutup bölgesine ulaşan motor desteğe ulaşır.

Mezgitin adductor mandibular II kasında, iki iğciğin bir araya geldiği ve intrafuzal kas fibrillerinin ayrı kapsüllerde kaldığı karmaşık bir çift iğcik gözlenmiş ve kompleks çift iğcikleri oluşturan iğciklerden birinin dış kapsülüne bağlı bir kan damarı gözlenmiştir.



KAYNAKLAR

- Adal, M. N. (1973). The fine structure of the intrafusal muscle fibres of muscle spindles in the domestic fowl. *J. Anat*, 115(3), 497-413.
- Adal, M. N. (1986). The transverse tubular system of cat intrafusal muscle fibres. *Cell Tissue Res*, 244: 197.
- Adal, M.N & Chew Cheng, S.B. (1980). Capsules of duck muscle spindles. *Cell and Tissue Research*, 211 (3), 465–474.
- Adina, M. T; Patricia, R & Peter, S. (2010). Motor System I: Descending Pathways and Cerebellum: In *The Nervous System*. 2nd ed. Amsterdam Netherlands. Churchill Livingstone: 159-180.
- Amonoo-kuofi, H. S. (1982). The number and distribution of muscle spindles in human intrinsic postvertebral muscles. *J. Anat*, 135(3), 585-599.
- Andrechek, E. R; Hardy, W. R; Girgis-Gabardo, A. A; Perry, R. L; Butler, R; Graham, F. L; Kahn, R. C; Rudnicki, M. A & Muller, W. J. (2002). ErbB2 is required for muscle spindle and myoblast cell survival. *Mol Cell Biol*, 22,: 4714–4722.
- Anderson, P .S. L. (2008). Cranial muscle homology across modern gnathostomes. *Biological Journal of the Linnean Society*, 94 (1), 195–216.
- Bakker, G. J & Richmond, F.J. R. (1981). Two types of muscle spindles in cat neck muscles: a histochemical study of intrafusal fiber composition. *J Neurophysiol*, 45:973–986.
- Bakker, G. J & Richmond, F.J. R. (1982). Muscle spindle complexes in muscles around upper cervical vertebrae in the cat. *J Neurophysiol*, 48:62-74.
- Banks R.W. & Barker, D (2004). The muscle spindle. In *Myology*. An Engel & C ranzini Armstrong New York: McGraw-Hill. 3rd. ed: 489-509.
- Banks, R. W & James, N. T. (1975). Rabbit Intrafusal muscle fibre. *J. Anat Lond*, 119:193.
- Banks, R. W. (1981). The number and distribution of satellite cells of Intrafusal muscle fibers in a muscle spindle of the cat. *J. Anat*, 133: 694.
- Banks, R. W. (1983). On the attachment of elastic fibres in cat tenuissimus spindles. *J Physiol*, 348:16.

- Banks, R. W. (2006). An allometric analysis of the number of muscle spindles in mammalian skeletal muscles. *J Anat*, 208 (6): 753–768.
- Banks, R. W., Barker, D., Harker, D. W & Stacey, M. J. (1975). Correlation between ultrastructure and histochemistry of mammalian Intrafusul muscle fibres. *J. Physiol*, 252:16.
- Banks, R. W; Harker, D. W; Stacey, M. J. (1977). A study of mammalian intrafusul muscle fibres using a combined histochemical and ultrastructural technique. *J Anat*, 123(3): 783-796.
- Banks, R. W; Hulliger, M. H. Saed, H. H & Stacey, M. J. (2009). A comparative analysis of the encapsulated end of their sensory nerve endings. *J Anat*, 214(6), 859-887. -organs of ma
- Banks, R, Barker, D & Stacey, M. J. (1982). Form and distribution of sensory terminals in cat hind limb muscle spindles. *Philos Trans R Soc Lond (Biol)*, 299, 329-364.
- Barker, D & Banks, R.W. (1986). The muscle spindle. In: *Myology* , (eds A. G. Engel and B. Q. Barker), New York: McGraw -Hill, pp 309
- Barker, D & Banks, R.W. (1994). The muscle spindle. In: Engel AG, Franzini -Armstrong C, editors. *Myology*, vol 1, 2nd ed. New York: McGraw -Hill Books. p 333–360.
- Barker, D & Gidumal, J. L. (1961). The morphology of intrafusul muscle fibres in the cat. *J. Physiol*, 157: 513-528.
- Barker, D & Milburn, A. (1984). Development and regeneration of mammalian muscle spindles. *Science Progress*, 69,273, 45-64.
- Barker, D & Stacey, M. J. (1970). Rabbit intrafusul muscle fibers. *J. Physiol*, 210: 70-72.
- Barker, D & Cope, M. (1962). Tandem muscle-spindles in the frog. *J. Anat*, 96 (1), 49-57.
- Barker, D. (1966). Three types of motor endin in cat spindles. *J. Physiol*, 186:27.
- Barker, D. (1974). The morphology of muscle receptors. In *Muscle Receptors. Handbook of sensory physiology* (ed.C. C. Hunt), Springer Verlag, Berlin, 1(2):1-190.
- Barker, D. (1992). Recent work on the development and reinnervation of muscle spndle. In: *Muscle efferents and spinal control of movements*, (eds L. Jami, E. Pierrot- Deseilligny and D. Zythicki), Pergamon Press, New York, pp. 1-10.
- Barker, D., Banks, R. W., Harker, D. W., Milburn, A & Stacey, M. J. (1976). Studies of the histochemistry, ultrastructure, motor innervation and regeneration of

mammalian Intrafusal muscle fibers. In: understanding the stretch reflex, Homma S (ed), Prog Brain Res, vol 44, Amsterdam, Excerpta Medica, pp. 67-88.

- Barker, D & Chin, N. K. (1960). The number and distribution of muscle spindles in certain muscles of the cat. *J. Anat*, 94, 473-486.
- Barker, D & Ip, M. C. (1961). A study of single and tandem types of muscle spindle in the cat. *Prog R Soc Lond (Biol)*, 154: 377.
- Barker, D & Ip, M. C. (1963). A silver method for demonstrating the innervation of mammalian muscle in teased preparation. *J. Physiol*, 169: 73-74.
- Bessou, P., Emonet-Denand, F. & Laporte, Y. (1965). Motor fibres innervating extrafusal and intrafusal muscle fibres in the cat. *J. Physiol*, 180:649-672.
- Bewick, G. S & Banks, R. W. (2015). Mechanotransduction in the muscle spindle. *Pflugers Arch*, 467(1),175-190.
- Blum, K. P; Lamotte D'Incamps, B; Zytnicki, D & Ting, L. H. (2017). Force encoding in muscle spindles during stretch of passive muscle. *PLoS Comput Biol*, 13(9),1-24.
- Boyd, I. A & Gladden, M. H. (1985). The muscle spindle. (eds). Palgrave Macmillan. UK.
- Boyd, I. A. (1960). The diameter and distribution of the nuclear bag and nuclear chain muscle fibres in the muscle spindles of the cat. *J. Physiol*, 153 (3) : 23-24.
- Boyd, I. A. & Smith, R. S. (1984). The muscle spindle. In: Peripheral Neuropathy (eds P. J. Dyck, P. K. Thomas, E. H. Lambert et al), pp. 171-202.
- Boyd, I. A. (1962). The structure and innervation of the nuclear bag muscle fibre system and the nuclear chain muscle fibre system in mammalian muscle spindles. *Philos Trans R Soc Lond Biol*, 245: 81-136.
- Brown, M. C. (1971). The Responses of Frog Muscle Spindles and Fast and Slow Muscle Fibre to a Variety of Mechanical Inputs.
- Catharina, Ö., Jing, X. L., Lars, E. T & Per, O. E. (2011). Muscle Spindle Composition and Distribution in Human Young Masseter and Biceps Brachii Muscles Reveal Early Growth and Maturation. *Anat Rec*, 294 (4), 683-693.
- Chin, N. K., Cope, M & Pang, M. (1962). Number and distribution of spindle capsule in seven hind limb muscles of the cat, In Muscle Receptors. (ed. D. Barker), Hong Kong University Press, pp. 241-249.

- Cliff, G. S. & Ridge, R. M. A. P. (1973). Innervation of extrafusal and intrafusal fibres in snake muscle. *J. Physiol*, 233, 1-18.
- Cooper, S & Daniel, P. M. (1956). Human muscle spindle. *J. Physiol*, 133:1.
- Cooper, S & Gladden, M. H. (1974). Elastic fibers and reticulum of mammalian muscle spindles and their functional significance. *Q J Exp Physiol*, 59: 367.
- Cooper, S. (1953). Muscle spindle in the intrinsic muscles of the human tongue. *J. Physiol*, 122, 193-202.
- Cooper, S. (1960). Muscle spindle and other muscle receptors. In: *The Structure and Function of Muscle*. (ed. G.H. Bourne), academic press, New York, pp 381-420.
- Cooper, S. (1966). Muscle spindle and motor units. In *Symposium on control and innervation of skeletal muscle*. (ed B. L. Andrew), Dundee Thompson, Edinburgh, Livingstone, pp,9-17.
- Corvaja, N., Marinozzi, V & Pompeiano, O. (1967). Close opposition and junction of plasma membrane of Intrafusal muscle fibers in mammalian muscle spindles. *Pflugers Arch*, 296:337.
- Coughlin, D. J., Valdes, L. & Rome, L. C. (1996a). Contraction dynamics and power production of pink muscle of scup (*Stenotomus chrysops*). *J. Exp. Biol*, 199:459-463.
- Curtin, N. A. & Woledge, R. C. (1988). Power output and force-velocity relationship of live fibres from white myotomal muscle of the dogfish, *Scyliorhinus canicula*. *J. Exp. Biol*. 140:187-197.
- Dimitriou M, Edin, B. B. (2010). Human muscle spindles act as forward sensory models. *Curr Biol*, 20:1763-1767.
- Diogo, R., Hinitz, Y & Hughes, S. M. (2008). Development of mandibular, hyoid and hypobranchial muscles in the zebrafish: homologies and evolution of these muscles within bony fishes and tetrapods. *BMC Developmental Biology*.
- Edman, K. A. P., Radzyukevich, T & Kronborg, B. (2002). Contractile properties of isolated muscle spindles of the frog. *J. Physiol*, 541(3), 905-916.
- Edwards, R. P. (1975). An ultrastructural study of neuromuscular spindles in normal mice: with reference to mice and man infected with *Mycobacterium leprae*. *J. Anat*, 120:149-168.
- Elahi, L. S; Shamai, K. N; Abtahie, A. M; Cai, A. M; Padmanabhan, S; Bremer, M & Wilkinson, K. A. (2018). Diet induced obesity alters muscle spindle afferent function in adult mice. *PLOS ONE*, 13(5), 1-15.

- Eldred, E., Bridgman, C. F., Swett, J. E. & Eldred, B. (1962). Quantitative comparisons of muscle receptors of the cat's medial gastrocnemius, soleus, and extensor digitorum brevis muscles. In: Symposium on Muscle Receptors, D. Barker (Ed), Hong Kong: University Press, pp. 207- 213.
- Erdoğan, Z., Torcu koç, H., Ulunehir, G & Joksimović, A. (2016). Some biological properties of different populations of the Atlantic horse mackerel *Trachurus trachurus* (L.) in Turkish Seas. *ACTA ADRIAT.*, 57(1): 51 – 62.
- Eriksson, P. O & Thornell L. E. (1990). Variation in histochemical enzyme profile and diameter along human masseter intrafusal muscle fibers. *Anat Rec*, 226:168- 176.
- Eriksson, P. O & Thornell, L. E. (1987). Relation to extrafusal fibre-type composition in muscle-spindle structure and location in the human masseter muscle. *Arch Oral Biol*, 32(7), 483-91.
- Ernfors, P., Lee. K. F., Kucera, J., Jaenisch, R. (1994) Lack of neurotrophin-3 leads to deficiencies in the peripheral nervous system and loss of limb proprioceptive afferents. *Cell* 77:503–512.
- Feher, J. (2012). Spinal reflex. In Joseph Feher. (2nd ed). Quantitative Human Physiology. Elsevier. London wall. United kingdom.
- Fessard, A & Sand, A. (1937). Stretch receptors in the muscles of fishes. Laboratory of the Marine Biological Association, *Plymouth*, 14(4), 1-22.
- Forsgren, S., Bergh, A., Carlsson, E & Thornell, L. E. (1992). Studies on the distribution of calcitonin gene- related peptide- like and substance p- like immunoreactivities in rat hind limbs muscles. *Histochem. J*, 24, 345-353.
- Fukami, Y. & Hunt, C. C. (1970). Structure of snake muscle spindles. *J. Neurophysiology*, 33(1), 9-27.
- Gladden, M. H. (1976). Structural features relative to the function of Intrafusal muscle fibres in the cat. In: Understanding the stretch reflex, Homma S (ed), Prog Brain Res, vol 44, Amsterdam, Excerpta Medica, pp. 51-59.
- Goldfinger, M. D. & Fukami, Y. (1980). Distribution, density and size of muscle receptors in cat tail dorsolateral muscles. *Journal of Anatomy* 135, 371-384.
- Gordon, R. A Bibliography for the fish chapter of the Earthlife Web, <https://www.earthlife.net/disclaimer.htm>.
- Granit, R. (1975). The functional role of the muscle spindles, facts and hypotheses. *Brain*, 98(4),531-535.
- Greer, J. J & Stein, R. B. (1990). Fusimotor control of muscle spindle sensitivity during respiration in the cat. *J.Physiology*, 422:245-64.

- Harris, A. J., Fitzsimmons, R. B. & McEwan, J.C. (1989). Neural control of the sequence of expression of myosin heavy chain isoforms in fetal mammalian muscle. *Development*, 107:751-769.
- Hernández, M. S., Longo, M. V., Devinenti, C. V & Díaz, A. O. (2016). The adductor pectoral fin muscle of *Micropogonias furnieri* (Perciformes: Sciaenidae): a morphological and histochemical study. *Zoologia (Curitiba)*, 33 (6), 1-10.
- Hippenmeyer, S., Shneider, N. A., Birchmeier, C., Burden, S. J., Jessell, T. M & Arber, S. (2002). A Role for Neuregulin1 Signaling in Muscle Spindle Differentiation. *Neuron*, 36: 1035–1049.
- Hospod V., Aimo., netti J. M., Roll J. P., Ribot, C. E. (2001). Changes in human muscle spindle sensitivity during proprioceptive attention task. *The Journal of Neuroscience*, 27(19):5172-5178.
- Humason, G. (1981). Animal tissue technique. (ed. W.H. Freeman), Sanfrancisco, pp,661.
- Hunt, C. C. (1990). The mammalian muscle spindle: peripreral mechanism. *Physiol Rev*, 70(3):643-63.
- Jami, L., Lan- Couton, D., Malmgren, K & Petit, J. (1979). Histological observation on fast skletofusimotor axons. *Brain Research*, 164, 53-59.
- Jami, L., Petit, J. & Scott, J. J. A. (1985). Activation of cat muscle spindles by static skletofusimotor axons. *J.Physiology*, 369: 323-335.
- Jayne, B. C. & Lauder, G. V. (1993). Red and white muscle activity and kinematics of the escape response of the bluegill sunfish during swimming. *J. Comp. Physiol. A* 173, 495-508.
- Johnston, I. A., Davison, & Goldspink, G. (1977). Energy metabolism of carp swimming muscles. *J. Comp. Physiol.* 114:203-216.
- Karlsson, U., Andersson-Cedergren, E & Ottoson, D. (1966). Cellular organization of the frog muscle spindle as revealed by serial sections for electron microscopy. *Journal of Ultrastructure Research*, 14(1), 1-35.
- Kennedy, W. R & Yoon, K. S. (1979). Permeability of msclc spindle capillaries and capsule. *Muscle Nerve*, 2: 101-106.
- Kiessling, A., Ruohonen, K ., Bjørnevik, M. (2006): Muscle fibre growth and quality in fish. *Arch. Tierz., Dummerstorf* 49, 137-146.

- Kokkorogiannis, T. (2004). Somatic and intramuscular distribution of muscle spindles and their relation to muscular angiotypes. *J Theor Biol* , 229(2):263-280.
- Kozeka, K. & Ontell, M. (1981). The three –dimensional cytoarchitecture of developing murine muscle spindles. *Devi Biol.* 87, 133-147.
- Kucera, J & Warlo, J. M. (1987,b). Heterogenesity of spindle units in the cat tenuissimus muscle. *Am. J. Anat*, 178, 269-278.
- Kucera, J. (1980). Histochemical study of long nuclear chain fibers in the cat muscle spindle. *The Anatomical Record*, 198(4), 567-580.
- Kucera, J., Warlo, J. M & Reichler, J. (1989). Role of nerve and muscle factors in the development of rat muscle spindles. *Am. J. Anat*, 186: 144-160.
- Kucera, J., Warlo, J. M & Reichler, J. (1991). Neural organization of spindles in three hind limbs muscles of the rat. *Am. J. Anat*, 190 (1), 74-88.
- Landon, D. N. (1972). The fine structure of the equatorial region of developing muscle spindles in the rat. *J. Neurocytol*, 1: 189.
- Landon, D. N. (1982). Skletal muscle- normal morohology, development and innervation, in skletal muscle pathology, (eds F. L. Mastaglia and J. Walton), Churchill Livingstone, Edinburgh, pp. 1-87.
- Lin, C. C & Crago, P. E.(2002). Structural model of the muscle spindle. *Ann Biomed Eng*, 30(1),68-76.
- Liu, J. X, Eriksson, P. O, Thornell, L. E & Domellöf, F.P. (2002). Myosin Heavy Chain Composition of Muscle Spindles in Human Biceps Brachii. *J Histochem Cytochem* 50(2):171–183.
- Liu, J. X, Thornell, L. E & Domellöf, F. P. (2003). Muscle Spindles in the Deep Muscles of the Human Neck: A Morphological and Immunocytochemical Study. *J Histochem Cytochem*, 51(2): 175–186.
- Low, F. N. (1976). The perineurium and connective tissue of peripheral nerve. In Landon D. N (ed): *The Peripheral Neve*. London, Chapman & Hall, pp, 159-187.
- Ma, L., Gilland, E., Bass, A. H & Baker, R. (2010).Ancestry of motor innervation to pectoral fin and forelimb. *NATURE COMMUNICATIONS*, 49(1), 1-8.
- Macefield, V. G & Knellwolf, T. P. (2018). Functional properties of human muscle spindles. *J. Neurophysiology*, 120 (2), 452-467.

- Maeda N; Myoshi S; & Toh H.(1983). First observation of a muscle spindle in fish. *Nature (Lond,)* 302: 61-62.
- Maier, A. (1992). The avian muscle spindle. *Anatomy and Embryology*, 186(1), 1-25.
- Martinez, I.; Christiansen, J.S.; Oftad, R. & Olsen, R.(1991). Comparison of myosin isoenzymes present in skeletal and cardiac muscle of the Arctic charr, *Salvelinus alpinus*, (L.). Sequential expression of different myosin heavy chains during development of fast white skeletal muscles. *Eur. J. Biochem.* 195 (1991), 743-753
- Matthews, P. B. C. (1972). *Mammalian Muscle Receptors and Their Central Action*. London, UK: Edward Arnold.
- Matthews, P.B. C. (1962). The differentiation of two types of fusimotor fiber by their effects on the dynamic response of muscle spindle primary endings. *Q J EXP physiol*, 47: 324-333.
- Merrillees, N. C. R. (1960). The fine structure of muscle spindls in the lumbrical muscles of the rat. *J. Biophys Biochem Cytol*, 7: 725-740.
- Milburn, A. (1984). Stages in the development of the cat muscle spindles. *J. Embryol Exp Morphol*, 82: 177-216.
- Muller, K. A; Ryals, J. M.; Feldman, E. L & Wright, D. E. (2008). Abnormal Muscle Spindle Innervation and Large-Fiber Neuropathy in Diabetic Mice. *Diabetes*, 57(6): 1693-1701.
- Oliveira, F. M. & Tourtellotte, W.G. (2015). Egr3-dependent muscle spindle stretch receptor intrafusal muscle fibre differentiation and fusimotor innervation homeostasis. *J. Neurosci*, 35(14):5566-78.
- Österlund, C., Liu, J. X., Thornell, L. E & Eriksson, P. O. (2011). Muscle spindle composition and distribution in human young masseter and biceps brachii muscles reveal early growth and maturation. *Anat Rec (Hoboken)*, 294(4), 683-693.
- Ovalle, W. K & Dow, P. R. (1983). Comparative ultrastructure of the inner capsule of the muscle spindle and the tendon organ. *Am. J. Anat*, 166, 343-357.
- Ovalle, W. K & Smith, R. S. (1972). Histochemical identification of three types of intrafusal muscle fibers in the cat and monkey based on the myosin ATPase reaction. *Can J Physiol Pharmacol*, 50: 195-202.

- Ovalle, W. K. (1976). Fine structure of the avian muscle spindle capsule. *Cell and Tissue Research*, 166, (3), 285–298.
- Ovalle, W. K., Dow, P. R & Nahirney, P. C. (1999). Structure, distribution and innervation of muscle spindles in avian fast and slow skeletal muscle. *J. Anat*, 194, 381–394.
- Pallot, D. J. & Ridge, R. M.. (1971) Ultrastructure of snake muscle spindles. *J Physiol*, 218, 17–18.
- Pallot, D. J. & Ridge, R. M.. (1972). The fine structure of the long-capsule muscle spindles in the snake *Natrix* sp. *J. Anat*, 113(1), 61-74.
- Parvizi, J. (2010). Nerve endings. In Javad Parvizi, MD (1st ed). High Yield Orthopaedics. Elseiver. Saunders.
- Peikert, K & May, C. A. (2014). Muscle spindles in the human bulbospongiosus and ischiocavernosus muscles. *MUSCLE & NERVE*, 52 (1), 55-62.
- Peter, A. L., James, Y. G., Mark, A. F. & William, K. (2007). Body fluid and tissue analysis. In Christopher G. Goetz. (3rd ed). Textbook of Clinical Neurology. Elseiver. Saunders.
- Peters, S.R. (2010) Practical Guide to Frozen Section Technique, Springer Science Business Media, New York.
- Price, R. F& Dutia, M. B. (1989). Physiological properties of tandem muscle spindles in neck and hind-limb muscles. *Prog Brain Res*, 80:47-56.
- Proske, U. (1969a). An electrophysiological analysis of responses from lizard muscle spindles. *J. Physiol*. 205, 289-304.
- Proske, U. (1969b). The innervation of muscle spindles in the lizard *Tiliqua nigrolutea*. *J. Anat*, 105 (2), 217-230.
- Proske, U. (1973) The muscle spindles in slow and twitch skeletal muscle of the lizard. *Journal of Physiology* 230 429–448.
- Proske, U. (2005). What is the role of muscle receptors in proprioception? *Muscle Nerve*, 31(6):780-787.
- Proske, U. (2007). The distribution and abundance of muscle spindles. *Brain Research Bulletin*, 75(5):502-503.
- Proske, U., Candevia S.C. (2009). The kineasthetic senses. *J. Physiol*, 587(17),4139-4146.
- Richmond, F. J. R & Abrahams V. C. (1975) Morphology and distribution of muscle spindles in dorsal muscles of the cat neck. *J Neurophysiol*, 38:1322–1339.

- Richmond, F. J. R; Bakker, G. J; Bakker, D. A & Stacey, M. J. (1986). The innervation of tandem muscle spindles in the cat neck.
- Rogers, S. L. (1982). Muscle spindle formation and differentiation in regenerating rat muscle grafts. *94 (2), 265-283.*
- Rome, L. C, Loughna, P. T. & Goldspink, G. (1984). Muscle fiber recruitment as a function of swim speed and muscle temperature in carp. *Am. J. Physiol. 247:R272-R270.*
- Rong Shi., Liu, C., Pootrakul, L ., Tang, L., Young, A ., Chen, R ., Richard J., & Taylor, C.R. (2008). Basic Tissue Freezing Methods. *Am J Clin Pathol;129:358.*
- Rosa, P. E. (1975). An ultrastructural study of neuromuscular spindles in normal mice: with reference to mice and man infected with *Mycobacterium leprae*. *J. Anat, 120(1), 149-168.*
- Rowlerson, A., Mascarello, F., Barker, D & Saed, H. (1988). Muscle spindle distribution in relation to thr fiber type composition of masseter in mammals. *J. Anat, 161, 37-60.*
- Saed, H. H. (1990). A study of receptors in jaw muscles of the rat and other vertebrates. Ph.D. thesis, university of Durham, U.K.
- Saverino, D; De Santanna, A; Simone, R; Cervioni, S; Cattrysse, E & Testa, M. (2014). Observational study on the occurrence of muscle spindles in human digastric and mylohyoideus muscles. *Biomed Res Int, 2014: 1-6.*
- Schmalbruch, H. (1985). Skeletal muscle, in Handbook of Microscopic Anatomy, (eds A. Oksche and L. Vollrath), vol. 11/6, Springer Verlag, Berlin.
- Schroder, J.M., Bodden, H., Hamacher, A., Verres, C., (1989.) Scanning electron microscopy of teased intrafusal muscle fibers from rat muscle spindles. *Muscle Nerve 12, 221-232.*
- Scott, J. J. A & Young, H. (1987). The number and distribution of muscle spindles and tendon organs in the peroneal muscles of the cat. *J. Anat, 151: 143-155.*
- Simões, M. G., Brito, A. B., Fonseca, M., Farinho, A., Valério, F., Sousa, S., Afonso, N., Kumar, A & Jacinto A. (2014). Denervation impairs regeneration of amputated zebrafish fins. *BMC Dev Biol, 31:14:49.*
- Szepsenwol, J., 1960, The neuromuscular spindle in the lizard, *Anolis cristatellus*, *Cellule 61:21.*
- Soukup, T & Thornell, LE. (1999). Unusual intrafusal fibres in human muscle spindles. *Physiol Res, 48(6), 519-23.*

- Stephen R. Peters, S.R. (2010). A Practical Guide to Frozen Section Technique. Springer, New York Dordrecht Heidelberg, London, pp, 194.
- Swett, J. E & Elderd, E. (1960). Distribution and number of stretch receptors in medial gastrocnemius and soleus muscles of the cat. *Anat Rec*, 137, 453-460.
- Taylan, B., Gurkan, S., Taskavak, E & Uncumusaoglu, A. A. (2018). A preliminary study of fecundity of whiting, *Merlangius merlangus euxinus* (Linnaeus, 1758) in coast of Tirebolu (Eastern Black Sea). *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 6(3): 322-325.
- URL 1, www.aquamaps.org. 15/12/2018
- URL 2, www.fishbase.se. 15/12/2018
- Van der wal, J.C. (1988). The organization of the substrate of proprioception in the elbow region of the rat. Thesis, Rijkuniversiteit limburg, Maastricht.
- Voss, H. (1963). Untersuchungen über die absolute und relative Zahl der Muskelspindeln in weiteren Muskelgruppen. *Anat Anz*, 112: 276-279.
- Voss, H. (1971). Tabelle der absoluten und relativen Muskelspindelzahlen der menschlichen Skelettmuskulatur. *Anat. Anz*, 129: 562-572.
- Walro, J. M., Kucera, J. (1999) why adult mammalian intrafusal and extrafusal fibres contain different myosin heavy-chain isoforms. *Trends Neurosci* 22:180–184.
- Wang, Z., Li, L. & Frank, E. (2012). The role of muscle spindles in the development of the monosynaptic stretch reflex. *J. Neurophysiol*, 108 (1), 83-90.
- Webb, W & Adler, R.K. (2017). Neuromotor control of speech. In: Neurology for the speech- language pathologist, Wanda G. Webb (6th ed). Elsevier. Riverport Lane. Missouri. USA.
- Weisman, A. (1861). Über das wachen der quergestreiften Muskeln nach Beobachtungen am Frosch. *Z. Rat Med*, 10:263-284.
- Whitehead P.J. P; Bauchot, M. L; Hureau, J. C; Nielsen, J & Tortonese, E. (1986). Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean. Paris: UNESCO.
- Willim, K. O., Pierre, R. D & Patrick, C. N. (1999). Structure, distribution and innervation of muscle spindles in avian fast and slow skeletal muscle. *J. Anat*, 194(3), 381–394.

- Wu, K & Shen, S. (2004). Review of the Teleostean Adductor Mandibulae and Its Significance to the Systematic Positions of the Polymixiiformes, Lampridiformes, and Triacanthoidei. *Zool Stud*,43(4): 712–736.
- Yellin, H. (1969). A histological study of muscle spindle and their relationship to extrafusal fiber types in the rat. *Am J Anat*, 125(1):31–45.
- Zelená, J. (1994). Muscle spindles. In: Zelená J, editor. Nerves and mechanoreceptors. The role of innervation in the development and maintenance of mammalian mechanoreceptors. Cambridge: Chapman & Hall. p 38–106.
- Zelená, J.(1986,a). The role of sensory innervatin in the development of mechanoreceptors. *Prog. Brain Res*, 43: 59-64.



EKLER

- EK 1** **Bouin solüsyonu**
EK 2 **Fosfat tampon çözeltisi (PBS)**
EK 3 **Sabitleştirici gümüş nitrat çözeltisi**



EK 1 Bouin solüsyonu

Doymuş sulu pikrik asit çözeltisi. (2.1%)	750 ml
40% formaldehit	250 ml
Buzlu asetik asit	50 ml



EK 2 Fosfat tampon çözeltisi (PBS)

NaCl	8g (0.137M)
KCl	200mg (0.0027M)
Na ₂ HPO ₄	1.44g (0.01M)
KH ₂ PO ₄	240mg (0.0018M)

Uygun bir kapta 800 mL damıtılmış su hazırlayın.

Solüsyona 8 g NaCl ekleyin.

Solüsyona 200 mg KCl ekleyin.

Solüsyona 1.44 g Na₂HPO₄ ekleyin.

Solüsyona 240 mg KH₂PO₄ ekleyin.

Solüsyonu istenen pH değerine ayarlayın (tipik olarak pH ≈ 7.4).

Hacim 1 L'ye ulaşana kadar damıtılmış su ekleyin.

EK 3 Sabitleştirici gümüş nitrat çözeltisi

Kloral hidratlar	1g.
%95 Etil alkol	45ml
%70 Nitrik asit	2ml
Damıtılmış su	50ml



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı :Souad A SALEH ADEM
Doğum Yeri ve Yılı :Benghazi Libya /1973
Medeni Hali :Evlü
Yabancı Dili :English
E-posta :sosoabdo47@gmail.com



Eğitim Durumu

Lise :Lise Arap Kız
Lisans :Zooloji Bölümü, Bingazi Üniversitesi-LIBYA
Yüksek lisans :Histoloji, Zooloji bölümü Bingazi Üniversitesi

Mesleki Deneyim

İş Yeri:

Tokara Bilim Üniversitesi Zooloji Bölümü, Bingazi
Üniversitesi Öğretim görevlisi
Temel Histoloji. Zooloji I ve Zooloji II.

Yayımları

- El-Tarhonui & S. Saleh. (2010). General Structure and Innervation of Spindle Muscle of The Dabb Lizard, *Uromastix acanthinura*. J. Proudect & Dev, 15(1): 27-36.
- Adem, S. S & Elp, M. (2017). Muscle Spindle and Comparison of Fish Muscle Spindle with Other Vertebrates. *Alinteri Journal of Agricultural Sciences*, 32(2): 113-117 *Alinteri Zirai Bilimler Dergisi*.