

Makale Türü
Araştırma

Geliş Tarihi
07 Kasım 2023

Kabul Tarihi
01 Aralık 2023

Fırat Dikenli Yılan Balığı (*Mastacembelus mastacembelus* Banks & Solander, 1794) Böbreklerinin Histolojik Yapısı

Emrah SUIÇER¹
Sibel KÖPRÜCÜ²

Özet: Bu çalışmada; daha önce Fırat Üniversitesi Hayvan Denepleri Yerel Etik Kurulu Başkanlığından onaylanmış olan 2014/113 protokol no'lu projeye ait olan *Mastacembelus mastacembelus*'dan alınan böbrek dokularına ait parafin bloklar kullanıldı. Bu parafin bloklardan 5-6 mikron kalınlığında alınan kesitlere hematoxylin-eosin, Crosmann's Mallory's Triple ve periodic acid shiff (PAS) boyamaları uygulandı. Boyamaları yapılan preparatlar ışık mikroskopunda incelendikten sonra mikrofotografi ile görüntülenerek değerlendirilmeleri yapıldı. *Mastacembelus mastacembelus*'un böbreğinin, omurgaların altında, ince ve uzun iki lop şeklinde kırmızımsı kahverenginde ve ince bir zarla kaplı olduğu belirlendi. Böbreğin en küçük yapı birimi olan er nefronda glomerulus adı verilen kılcal damar kütesidir ve glomerulusun etrafında aynı zamanda böbrek ünitesinin başlangıcı olan Bowman kapsülü yer alır. Ayrıca boyun segmenti, ardından glomerulusun çıkışından gelen süzülümüş sıvının ilk geçtiği bölüm olan birinci ve ikinci proksimal tubüller sıralanmaktadır. Proksimal tubülleri takiben geri emilim ve idrarın konsantrale hale geldiği, distal tubüller ve distal tubüllerden gelen idrarın toplandığı toplayıcı toplayıcı tubüller gözlemlendi.

Anahtar kelimeler: *Mastacembelus mastacembelus*, böbrek, histoloji

Histological Structure of Euphrates Spiny Eel (*Mastacembelus mastacembelus* Banks & Solander, 1794) Kidneys

Absract: In this study, paraffin blocks containing kidney tissues from *Mastacembelus mastacembelus*, which were obtained as part of project with protocol number 2014/113 approved by the Local Ethics Committee for Animal Experiments at Fırat University, were used. Sections with a thickness of 5-6 microns were taken from these paraffin blocks and subjected to hematoxylin-eosin, Crosmann's Mallory's Triple, and periodic acid Schiff (PAS) staining. After staining, the prepared specimens were examined under a light microscope, and evaluations were conducted by capturing microphotographs. It was determined that the kidney of *Mastacembelus mastacembelus*, situated beneath the vertebrae, is characterized by thin and elongated lobes with a reddish-brown color, covered by a delicate membrane. The smallest structural unit of the kidney, the renal corpuscle, contains a capillary mass called the glomerulus, and surrounding the glomerulus is the Bowman's capsule, marking the initiation of the renal unit. Additionally, the neck segment is followed by the first and second proximal tubules, where the filtered fluid from the glomerulus exit initially passes. Following the proximal tubules, there is reabsorption, leading to the concentration of urine, and distal tubules are observed followed by collecting tubules where urine from the distal tubules is gathered.

Keywords: *Mastacembelus mastacembelus*, kidney, histology.

¹Viroloji, Elazığ/Türkiye, esuicer@hotmail.com,  0000-0001-9872-9972

²Corresponding author, Fırat Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, skoprucu@firat.edu.tr,  0000-0002-6565-3550

GİRİŞ

Böbrekler, trombosit ve granülositlerin meydana gelmesinde rolü olduğu gibi, kreatin, amonyak, üre, ürik asit gibi metabolizma atık maddeleri karbondioksit, pigment ve çeşitli organik tuzların vücuttan atılmasında da önemli görev bulunmaktadır. Balıkların azot kökenli atıklarının çoğu böbreklerden geçer ve su tuz dengesini bazı minerallerin atılması ya da alıkonması şeklinde yardımcı olur (Timur, 2008). Balıklarda böbrekler, karın boşluğunun yukarısında, omurgaların altında ve dorsal aortanın önünde yer alan yumuşak yapıda bir çift organdır ancak tür olarak çok sayıda olmaları nedeniyle yapılarında değişiklik göstermektedir (Mccampbell vd., 2015). Balıklarda anatomik olarak iki tip böbrek bulunmaktadır. Bunlar pronefrik ve mezonefrik (Genten vd., 2009; Mccampbell ve Wingert, 2014; Mccampbell vd., 2015; Bates vd., 2018). Tatlısu balıklarının böbreklerinden çok miktarda suyun geçmesi nedeniyle deniz balıklarına göre daha büyüktür (Timur, 2008; Mccampbell vd., 2014).

Tatlısu balıklarının idrarı azotlu bileşikler, aminoasitler, üre ve amonyak içermektedir. Toplam azotun %25 kadarı böbrekler tarafından, geriye kalanın büyük bir kısmı ise amonyak şeklinde solungaçlardan atılmaktadır. Klorid gibi bazı tuzlar idrar ve mukus yoluyla dışarı atılmaktadır (Tam vd., 2003; Drummond ve Davidson, 2010).

Tatlısu, tuzlu su ve acı su gibi farklı ortamlarda yaşayan balıkların böbrekleri değişik fonksiyonları görmek için değişikliğe uğramışlardır. Bazı balıklarda böbreklerle genital sistemin yakın ilgisi bulunurken, birçok kemikli balıkta ayrı olmaktadır. Anterior kısmın hematopoietik alan olarak görev alması gruplara göre değişiklik göstermekle birlikte (Kurtović vd., 2008; Timur, 2008; Hassan vd., 2012) eritrosit, lenfosit ve myeloid serilerine ait hücrelerin üretilmesinde, antijenlerin tutulmasında ve antikor üretiminde rol oynarlar (Wolke, 1992; Meseguer vd., 1995; Press ve Evensen, 1999).

Kök hücre teknolojisinde balıkların bazı hücrelerini (böbrek, karaciğer, beyin, kalp, yüzgeç, omurilik, retina) rejenerasyon ile yenileyebilmelerinden dolayı farelere göre üstün bir özelliğe sahiptir (Diep vd., 2011; Mccampbell ve Wingert, 2014; Wan vd., 2016; Bates vd., 2018). Yapılan çalışmalarda (De Jong vd., 2011) kan kök hücrelerinin Zebra balıkları böbreklerinde depolandıkları rapor edilmiştir.

Geniş bir coğrafik alana yayılım gösteren Mastacembelidae familyasına ait ballık türlerinden sadece *Mastacembelus mastacembelus* türü ülkemizde bulunmaktadır. Bol bitkili kayalık akarsu ve durgun sularda yaşayan (Coad ve Keivany, 2002; Jalali vd., 2008) bu türün ince uzun bir vücut yapısı ve sırt kısmında dikenleri bulunmaktadır (Vreven, 2004).

Mastacembelus mastacembelus türüyle ilgili büyüme, üreme, morfolojik özellikleri (Vreven, 2004; Pazira, 2005; Vreven, 2005; Vreven ve Teugels, 2005; Şahinöz vd., 2006a; Şahinöz vd., 2006b; Eroğlu ve Şen, 2007; Eroğlu ve Şen, 2009; Oymak vd. 2009; Çakmak ve Alp, 2010; Gümüş vd.2010; Eroğlu ve Şen, 2012; Kara vd., 2014; Çoban vd., 2021) ağır metal birikimi (Eroğlu vd., 2017a, b), paraziter (Jalali vd., 2008; Bashe ve Abdullah, 2010), sindirim sistemi içeriği (Pala vd., 2010), insan sağlığı ve beslenmesi yönünde (Olgunoğlu, 2011a; Olgunoğlu, 2011b) çeşitli çalışmalar mevcut olup, histolojik olarak bu türün derisi (Dauod vd., 2011), solungaçları (Dabak ve Köprücü, 2015), mide ve bağırsaklar (Karataş ve Köprücü, 2016) çalışılmıştır. Ancak böbreklerinin histolojik yapısıyla ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Böbrek, vücudun savunma mekanizması, boşaltım sistemi ve osmoregulasyon gibi birçok önemli fonksiyonunda büyük rolü bulunan bir organdır. Bu çalışmada gerek avcılık gerek akvaryum balıkçılığındaki önemi gerekse de esansiyel aminoasitler yönünden zengin ve organoleptik kalitelerinin iyi olması sebebiyle ekonomik öneme sahip olan *Mastacembelus mastacembelus* (Banks & Solander, 1794)'un böbrek dokusunun histolojik yapısı incelenmiştir.

MATERYAL ve METOT

Bu araştırma, daha önceden Fırat Üniversitesi Hayvan Deneyleeri Yerel Etik Kurulu Başkanlığından onaylanmış olan 2014/113 protokol nolu projede kullanılan 5 Adet *Mastacembelus mastacembelus*'dan alınan böbrek dokularına ait parafin bloklar kullanılmıştır (Etik Kurul protokol numarası 22.06.2021-2636). Kızaklı mikrotomda parafin bloklardan 5-6 mikron kalınlığında alınan kesitlere hemotoksilen & eosin boyaması (Luna, 1968), Crossman's Üçlü boyaması (Crossman, 1937) ve periyodik asit-schiff (PAS) boyaması (Luna,1968) uygulandı. Işık mikroskobunda incelemeler yapılarak görüntüleri alındı.

BULGULAR

Mastacembelus mastacembelus'un böbreği vücut boşluğunun üst tarafında, omurgaların altında ince ve uzun iki lop şeklinde yumuşak bir çift organ olarak bulunmaktadır. Dıştan bakıldığında kırmızımsı kahverenginde olduğu ve ince bir zarla kaplı olduğu görüldü.

Mikroskobik olarak incelendiğinde böbreklerin hematopietik ve renal dokulardan oluştuğu görüldü. Hematopietik dokuda melanin pigmentli hücreler mevcuttu ki bunlara melanomakrofajlar denir.

Böbreğin en dış yüzeyinde tek katlı yassı hücrelerden meydana gelmiş ince gevşek bir bağ dokudan bulunmaktadır. Böbreğin hematopietik olan baş kısmında, tubul ve glomerulusların bulunmadığı, renal olan kavdal kısmında ise hematopietik dokunun azaldığı hatta tamamen yok olduğu, bol miktarda tubullerin ve glomerulusların bulunduğu görüldü. Hematopietik doku nefronların aralarında mevcuttu (Şekil 1).

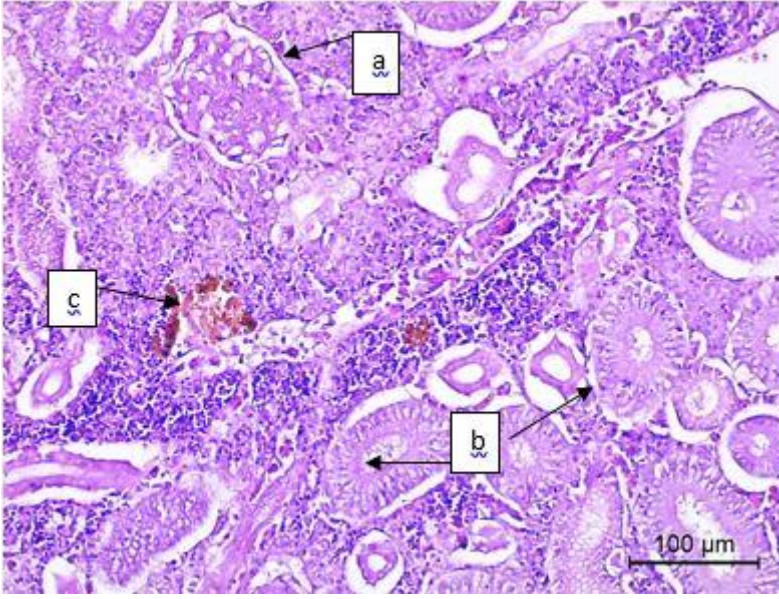
Her nefronun glomerulustan oluştuğu ve bununda etrafının Bowman kapsulu ile çevrildiği ayrıca proksimal tubul, distal tubul ve toplayıcı tubullerin varlığı gözlemlendi. Üriner tubullerin boyun segmenti, birinci ve ikincil proksimal segmenti, distal segment ve toplayıcı kanallardan oluştuğu tespit edildi (Şekil 2).

Glomerulus, yoğun bir şekilde anastomozlaşan kılcal damarlarından oluşan bir ağ topluluğu şeklinde ve etrafında tek katlı yassı hücrelerden oluşmuş Bowman kapsülü ile çevrili vaziyettedir. Bu kılcal damarlar içinde afferent ve efferent damarlar yer alır. Kan ile gelen elementler glomerulustan Bowman kapsülüne geçer ve oradan da boyun, proksimal, distal ve toplayıcı kanallardan geçerek dışarıya atılmaktadır.

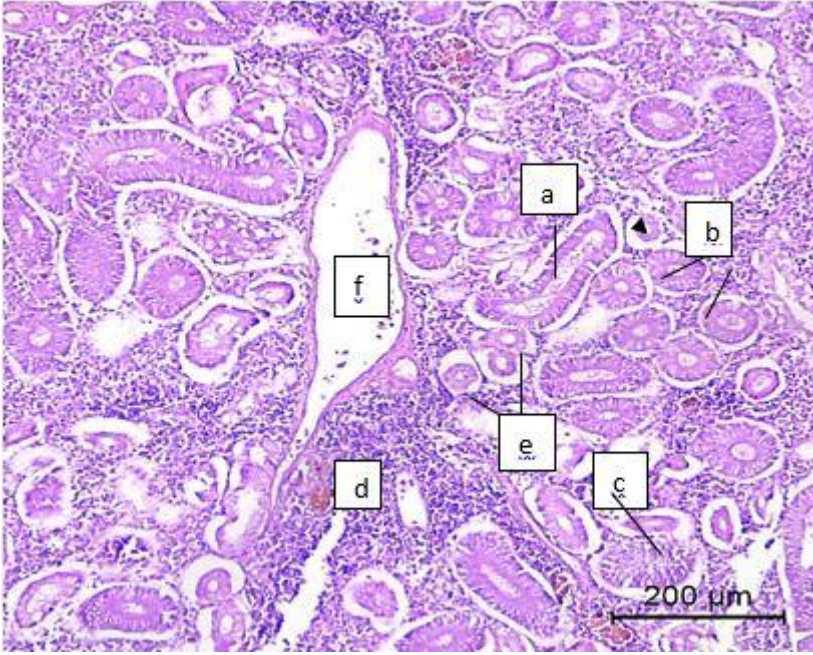
Üriner tubullerde boyun segmenti silli kuboidal ya da kısa kolumnar şeklinde tek katlı epitel hücrelerden meydana gelmiş, sitoplazmaları zayıf bazofilik, çekirdekleri basale yakın konumda, oval ya da yuvarlağımsı şekildedir (Şekil 3).

Mastacembelus mastacembelus un böbreğinin proksimal kısmında tek katlı kolumnar olan hücrelerin boyları daha uzundur ve eosinofiliktir. Fırçamsı kenar bulunmaktadır. Hücrelerin çekirdekleri yuvarlak ve hücrenin alt kısmına doğru yerleşmiştir. Proksimal tubulun first sementinde kolumnar epitel hücreler daha uzun, çekirdekler basalde, zayıf eosinofilik sitoplazma va apikalde fırçamsı kenar bulunmaktadır. İkincil proksimal segmentte kolumnar epitel hücreler birinci segmente göre daha uzun çekirdek merkeze lokalize ancak fırçamsı kenar biraz daha az belirgin bulunmaktadır. Bu hücrelerin sitoplazmaları yoğun eosinofilik boyanmıştır (Şekil 3 ve 4).

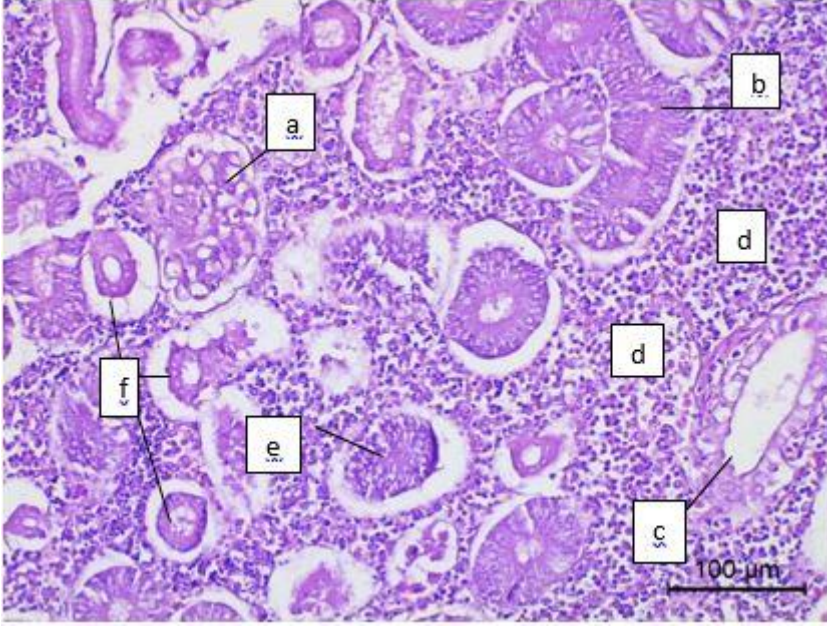
Distal tubuller proksimal tubule göre daha kısadır. Toplayıcı kanalların baş kısmı distal segmente göre daha geniş, kolumnar epitelium zayıf eosinofilik, çekirdek bazalde ve fırçamsı kenarı bulunmamaktadır. Düz kaslar bağ dokular bu bölgede görülmektedir. Toplayıcı kanallar proksimal ve distal tubullerden çapı daha geniş olduğu belirlendi (Şekil 3 ve 4).



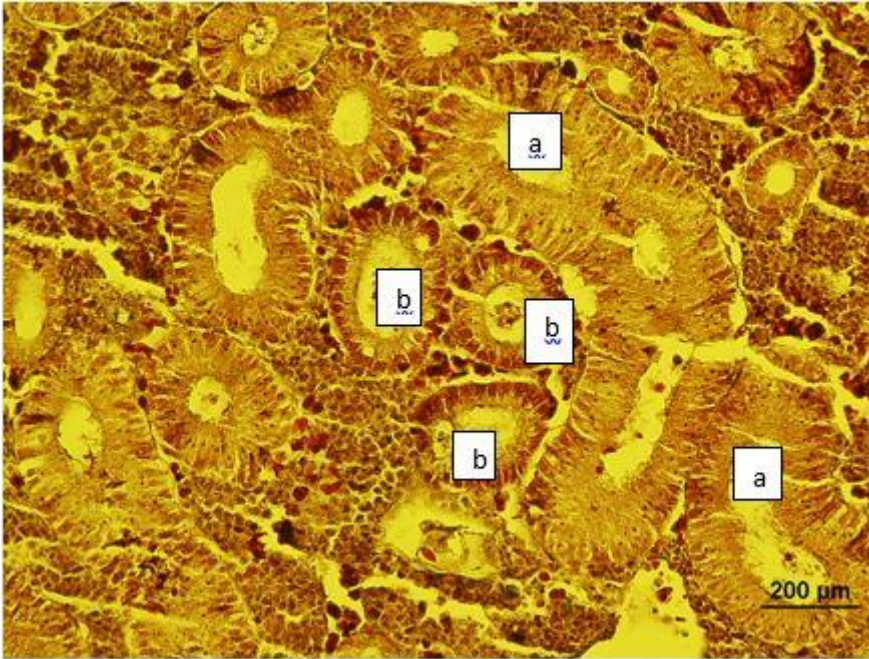
Şekil 1. *M. mastacembelus* böbreğindeki glomerulus (a), tubuller (b) ve hemosiderin (c) H&E.



Şekil 2. *M. mastacembelus* böbreğinde proksimal tubul (a), distal tubul (b), toplayıcı tubul (c), hemopoyetik bölüm (d), üriner tubul (e), ven (f), H&E.



Şekil 3. *M. mastacembelus* böbreğinde glomerulus (a), proksimal tubul (b), distal tubul (c), hematopoietik kısım (d), toplayıcı kanal (e), üriner tubul (f), H&E.



Şekil 4. *M. mastacembelus* distal tubul (a) ve proksimal tubuller (b), PAS.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Dikenli Tatlısu Yılan Balığı *M. mastacembelus*'un böbreğinin genel yapısına bakıldığında diğer balık türleriyle benzerlik gösterdiği görülmüştür (Mobjerg vd., 2004; Morovvati vd., 2011; Moradi, 2005; Kurtovic vd., 2008; Charmi, 2009; Charmi vd., 2010).

Mastacembelus mastacembelus böbrek dış yüzeyi ince bir kapsül şeklinde, gevşek bağ dokudan ve tek katlı yassı hücrelerden oluşması bulgusu *Oncorhynchus mykiss* (Yasutake ve Wales, 1983), *Barbus sharpyei* (Moradi, 2005), *Dicentrarchus labrax* (Kurtovic vd., 2008), *Huso huso* ve *Acipenser persicus* (Charmi vd., 2010), *Cytenopharygodon idella* (Morovvati vd., 2011) türlerinin bulgularıyla benzer olduğu görülmüştür.

Araştırması yapılan bu balığın böbreğinin baş kısmında az sayıda nefron tubulleri, malpighianli hematopietik dokunun bulunması *Barbus pectoralis* (Morovvati vd., 2012), *Huso huso* ve *Acipenser persicus* (Charmi vd., 2010) balık türlerinin bulgularıyla uyum sağlamıştır.

Salmo trutta fario gibi Salmoniformeslerin böbreğinin baş bölgesi *Huso huso* (Krayushkina vd., 1996a), *Polyodon spathula* (Krayushkina vd., 1996b) *Cytenopharygodon idella* (Morovvati vd, 2011), *Barbus sharpyei* (Moradi, 2005), *A. persicus* and *H. huso* (Charmi vd., 2010) gibi balık türlerinde olduğu gibi ve yapılan bu çalışmada da lenfoid, endokrin, malpighian cisimciği ve nefronlardan oluşan hematopietik dokuya sahiptir. Bununla birlikte *Polyodon spathula* (Krayushkina vd., 1996b) ve *Acipenser brevirostrum* ve *A. oxyrhynchus* Krayushkina (1998), kavdal böbreğinde nefronların sayısı böbreğin baş kısmındaki göre daha fazla sayıda olduğu yine yapılan araştırma bulgularıyla paralellik göstermiştir. Buna karşılık, Charmi vd. (2009) *Huso huso*'nun böbreğinin başında nefron hücresi bulunmadığını ve bu kısımda sadece hematopietik doku ve interregnal hücrelerin dağıldığını bildirmiştir.

Mastacembelus mastacembelus balığındaki kılcal damarlar yumağı olan glomerulusun etrafında tek katlı yassı hücrelerden oluşmuş ince bir kat halinde bulunan Bowman kapsülü bulgusu *Barbus sharpyei* (Moradi, 2005), *A. persicus* and *Huso huso* (Charmi vd., 2010) *Cytenopharygodon idella* (Morovvati vd., 2011), *Barbus pektoralis* (Morovvati vd., 2012) türlerindeki bulgularla benzerlik göstermiştir.

Cataldi vd. (1995) *Acipenser naccarii* de glomerulusun çok loblu olduğunu, glomerulusların sayı ve çaplarının genişliğinin büyük oranda yaşa bağlı olduğunu bildirmiştir.

Sonuç olarak *Mastacembelus mastacembelus*'un böbrek histolojisinin ele alındığı bu çalışmada; böbreğin anatomik yapısı mikroskobik düzeyde incelenerek organın temel yapısının ortaya konulmuştur. Bu bulgular, böbrek hastalıklarının teşhisi ve anlaşılmasına, böbrek fonksiyonları, böbrek hücreleri, moleküler değişiklikler gibi ileride yapılabilecek temel bilim araştırmalarına da katkı sağlayacaktır.

Teşekkür: Bu çalışma birinci yazarın yüksek lisans tezinden özetlenmiştir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar, bu makale ile ilgili başka kişi veya kurumlar ile çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Bashe, S.K.R. & Abdullah, S.M.A. (2010). Parasitic fauna of spiny eel *Mastacembelus mastacembelus* from Greater Zab river in Iraq. *Iranian Journal of Veterinary Research, Shiraz University*, 11(1), 30.
- Bates, T., Naumann, U., Hoppe, B., & Englert, C. (2018). Kidney regeneration in fish. *International Journal of Developmental Biology*, 62(6-7-8), 419-429.
- Cataldi, E., Ciccotti, E., Dimarco, P., Disanto, P., Bronzi, P., & Cataudella, S. (1995). Acclimation trials of juvenile Italian sturgeon to different salinities: morpho-physiological descriptors. *J. Fish Biol.*, 47(4), 609-618.
- Charmi, A., Bahmani, M., Sajjadi, M.M., & Kazemi, R. (2009). Morphohistological study of kidney in farmed juvenile beluga, *Huso huso* (Linnaeus, 1758). *Pakistan J. Biol. Sci.*, 12, 11-18.
- Charmi, A., Parto, P., Bahmani, M., & Kazemi, R. (2010). Morphological and histological study of kidney in juvenile great sturgeon. (*Huso huso*) and Persian sturgeon (*Acipenser persicus*). *American-Euroasian J. Agric. Environ. Sci.*, 7(5), 505-511.

- Coad, B.W., & Keivany, Y., (2002). Book review: Atlas of Iranian fishes: Gilan inland waters. The inland freshwater fishes of Iran, A guide to the fauna of Iran, and freshwater fishes of Iran. *Copeia*, 4, 1164-1166.
- Crossman, G. (1937). A modification of Mallory's connective tissue stain with a discussion of the principles involved. *The Anatomical Record*, 69, s: 33-38.
- Çakmak, E., & Alp, A. (2010). Morphological differences among the Mesopotamian spiny eel, *Mastacembelus mastacembelus* (Banks & Solander 1794), populations. *Turk. J. Fish. Aquat. Sci.*, 10, 87-92. <https://doi.org/10.4194/trjfas.2010.0113>
- Çoban, M.Z., Eroğlu, M., & Düşükcan, M. (2021). Some biological properties of spiny eel (*Mastacembelus mastacembelus*, Banks & Solander, 1794) living in the Upper Euphrates River Basin, Turkey. *Sci Rep*, 11, 11761. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-91223-1>
- Dabak, H.E., & Köprücü, S. (2022). Dikenli tatlisu yılan balığı (*Mastacembalus mastacembalus*, Bank ve Solander, 1794)'in solungaçlarının histolojik yapısı ve bazı histokimyasal özellikleri. *Ecological Life Sciences*, 17(4), 257-267.
- Dauod, H.A.M., Al- Nakeb, G.D., & Al- Hameed, R.A., (2011). Histological structure of the integument in *Mastacembelus mastacembelus* (Solander). *Journal of Baghdad for Science Table of Content*, 8(1), 13-22.
- De Jong, J.J., Burns, C.E., Chen, A.T., Pugach, E., Mayhall, E.A., Smith, A.C.H., ... Zon, L.I. (2011). Characterization of immune-matched hematopoietic transplantation in zebra fish. *Blood*. 117(16), 4234-4242. <https://doi.org/10.1182/blood-2010-09-307488>
- Diep, C.Q., Ma, D., Deo, R.C., Holm, T.M., Naylor, R.W., Aroral, N., ... Davidson, A.J. (2011). Identification of adult nephron progenitors capable of kidney regeneration in zebra fish. *Nature*, 470(7332), 95-100. <https://doi.org/10.1038/nature09669>
- Drummond, I.A., & Davidson, A.J. (2010). Zebrafish kidney development. *Methods Cell Biol.*, 100, 233-260.
- Eroğlu, M., & Şen, D. (2007). Reproduction biology of *Mastacembelus simack* (Walbaum, 1792) inhabiting Karakaya Dam Lake (Malatya, Turkey). *Inter. J. Nat. and Engin. Sci.*, 1, 69-73.
- Eroğlu, M., Düşükcan, M., Canpolat, Ö., Çalta, M., & Şen, D. (2017a). Determination of some heavy metals in *Mastacembelus mastacembelus* (Banks & Solander, 1794) in terms of public health. *Cellular and Molecular Biology*, 63(5), 1-6.
- Eroğlu, M., Düşükcan, M., Canpolat, Ö., Çalta, M. & Şen, D. (2017b). Dikenli yılan balığı (*Mastacembelus mastacembelus* Banks & Solander, 1794)'nın kas dokusunda bazı ağır metal miktarlarının belirlenmesi. *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Veteriner Dergisi*, 31(3), 173-179.
- Eroğlu, M., & Şen, D. (2009). Otolith size-total length relationship in spiny eel, *Mastacembelus mastacembelus* (Banks & Solander, 1794) inhabiting in Karakaya Dam Lake (Malatya, Turkey). *Journal of FisheriesSciences.com*, 3(4), 342-351.
- Eroğlu, M., & Şen, D., (2012.) Relationships between fish age and otolith size in spiny eel: *Mastacembelus mastacembelus* (Banks & Solander, 1794). *Bitlis Eren University Journal of Science and Technology*, 2, 15-18.

- Genten, F., Terwinghe, E., & Danguy, A. (2009). *Atlas of histology*. Enfield, NH: Science Publishers.
- Gümüş, A., Şahinöz, E., Doğu, Z., & Polat, N., (2010). Age and growth of the Mesopotamian spiny eel, *Mastacembelus mastacembelus* (Banks & Solender, 1794), from southeastern Anatolia. *Turkish Journal Zoology*, 34, 399-407.
- Hassan, M., Mahmood, K.M., & Saied, S. (2012). Histomorphological and anatomical study of kidney in berzem (*Barbus pectoralis*). *International Journal of Fisheries and Aquaculture*, 4(11), 221-227.
- Jalali, B., Barzegar, M., & Nezamabadi, H., (2008). Parasitic fauna of spiny eel *Mastacembelus mastacembelus* Banks & Solander (Teleostei: Mastacembelidae) in Iran. *Iranian Journal of Veterinary Research, Shiraz University*, 9(2), 158-161.
- Kara, C., Güneş, H., Gürlek, M.E., & Alp, A., (2014). Adıyaman bölgesi akarsularında dikenli yılan balığı (*Mastacembalus mastacembalus*, Banks & Solander, 1794) nın dağılımı ve bazı morfometrik özellikleri. *Yunus Araştırma Bülteni*, 3, 3-11.
- Karataş, H., & Köprücü, S. (2016). Dikenli tatlisu yılan balığı (*Mastacembalus mastacembalus* Bank Solander 1794)' nın mide bağırsak kanalının histolojik yapısı ve bazı histokimyasal özelliklerinin incelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Krayushkina, L.S. (1998). Characteristics of osmotic and ionic regulation in marine diadromous sturgeon *Acipenser brevirostrum* and *A. oxyrinchus* (Acipenseridae). *J. Ichthyol.*, 38,660-668.
- Krayushkina, L.S., Panov, A.A., Gerasomov, A.A., & Potts, W.T.W. (1996a). Changes in sodium, calcium and magnesium ion concentrations in sturgeon (*Huso huso*) urine and in kidney morphology. *J. Comp. Biol. B*, 165, 527-533.
- Krayushkina, L.S., Semenova, O.G., Panov, A.A., & Gerasimov, A.A. (1996b). Functional traits of the osmoregulatory system of juvenile paddlefish, *Polyodon spathula*. *J. Ichthyol.*, 46, 113-124.
- Kurtovic, B., Teskeredzic, E., & Teskeredzic, Z. (2008). Histological comparison of spleen and kidney tissue from farmed and wild European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Acta Adriatic.*, 49(2), 147-154.
- Luna, L.G. (1968). *Manual of histologic staining methods of the armed forces institute of pathology*. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Mccampbell, K.K., Springer, K.N., & Wingert, R.A. (2014). Analysisi of nephron composition and function in the adult zebrafish kidney. *J Vis Exp.*, e51644.
- Mccampbell, K.K., Springer, K.N., & Wingert, R.A. (2015). Atlas of cellular dynamics during zebrafish adult kidney regeneration. *Stem Cells Int.*, 2015, 547636.
- Mccampbell, K.K., & Wingert, R.A. (2014). New tides: Using zebrafish to study renal regeneration. *Transl. Res.*, 163, 109-122.
- Meseguer, J., Lopez-Ruiz, A., & Garcia-Ayala, A. (1995). Reticulo-endothelial stroma of the head-kidney from the seawater teleost gilthead seabream (*Sparus aurata* L): an ultrastructural and cytochemical study. *Anatomical Record*, 241, 303-309.
- Mobjer, N., Jespersen, Å., & Wilkinson, M. (2004). Morphology of the kidney in the West African caecilian, *Geotrypetes seraphini* (Amphibia, Gymnophiona, Caeciliidae). *J. Morphol.*, 262, 583-607.

- Moradi, A. (2005). Histological structure of kidney in *Barbus sharpyei*. Thesis of Doctor Veterinary Medicine, Faculty of Veterinary Medicine, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran. No. 8458533.
- Morovvati, H., Erfani Majd, N., Peyghan, R., & Mobaraki, G.H. (2011). Histological study of excretory portion of kidney in Grass carp (*Ctenopharygodon idella*) Iranian. *J. Vet. Med.*, 6(4), 69-75.
- Olgunoğlu, İ.A. (2011a). Determination of the fundamental nutritional components in fresh and hot smoked spiny eel (*Mastacembelus mastacembelus*, Bank and Solander, 1794). *Scientific Research and Essays*, 6(31), 6448-6453.
- Olgunoğlu, İ.A., (2011b). Dikenli yılan balığı (*Mastacembelus mastacembelus*, Bank & Solander 1794)'nın sıcak tütsüleme sonrası aminoasit ve organoleptik kalitesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 15(4), 23-30.
- Oymak, S.A., Kırankaya, Ş.G., & Doğan, N., (2009). Growth and reproduction of Mesopotamian spiny eel (*Mastacembelus mastacembelus* Banks and Solander, 1794) in Atatürk Dam Lake (Şanlıurfa), Turkey. *Journal of Applied Ichthyology*, 25(4), 488-490.
- Pala, G., Tellioglu, A., Eroglu, M., & Şen, D. (2010). The digestive system content of *Mastacembelus mastacembelus* (Banks & Solander, 1794) inhabiting in Karakaya Dam Lake (Malatya-Turkey). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 10, 229-233. <https://doi.org/10.4194/trjfas.2010.0211>
- Pazira, A., Abdoli, A., Kouhgard, E., & Yousefifard, P. (2005). Age structure and growth of the Mesopotamian spiny eel, *Mastacembelus mastacembelus* (Banks & Solander in russell, 1974) (*Mastacembelidae*), in southern Iran. *Zoology in the Middle East*, 35, 43-47.
- Press, C.M., & Evensen, Ø. (1999). The morphology of the immune system in teleost fishes. *Fish & Shellfish Immunology*, 9(4), 309-318.
- Şahinöz, E., Doğu, Z., & Aral, F., (2006a). Development of embriyos in *Mastacembelus mastacembelus* (Bank& Solander, 1794) (Mesopotamian spiny eel) (*Mastacembelidae*). *Aquaculture Research*, 37 (16), 1611-1616.
- Şahinöz, E., Doğu, Z., & Aral, F., (2006b). Changes in Mesopotamian spiny eel, *Mastacembelus mastacembelus* (Bank & Solander, in Russell, 1794) (*Mastacembelidae*) milt quality during a spawning period. *Theriogenology*, 67, 848-854.
- Tam, W.L., Wong, W.P., Loong, A.M., Hiong, K.C., Chew, S.F., Ballantyne, J.S. ... Ip, Y.K. (2003). The osmotic response of the Asian freshwater stingray (*Himantura signifer*) to increased salinity: a comparison with marine (*Taeniura lymma*) and Amazonian freshwater (*Potamotrigon motoro*) stingrays. *J. Exp. Biol.*, 206, 2931-2940.
- Timur, G., (2008). *Balık Anatomisi*. Nobel Bilim ve Araştırma Merkezi, Yayın No:33. 1. Basım.
- Vreven, E.J., (2004). *Aethiomastacembelus shiloangoensis*, a new spiny-eel from the Shiloango River basin, Africa (Synbranchiformes: *Mastacembelidae*). *Ichthyol. Explor. Freshwaters*, 15(2), 97-104.
- Vreven, E.J., (2005). Redescription of *Mastacembelus ophidium* Günther, 1893 (Synbranchiformes: *Mastacembelidae*) and description of a new spiny eel from Lake Tanganyika. *Journal of Natural History*, 39(18), 1539-1560.

- Vreven, E.J., & Teugels, G.G., (2005). Redescription of *Mastacembelus liberiensis* Boulenger, 1898 and description of a new West African spiny-eel (Synbranchiformes: Mastacembelidae) from the Konkoure River basin, Guinea. *Journal of Fish Biology*, 67, 332-369.
- Wan, Y., Almeida, A.D., Rulands, S., Chalour, N., Muresan, L., Wu, Y. ... Harris, W. (2016). The ciliary marginal zone of the zebrafish retina: clonal and time-lapse analysis of a continuously growing tissue. *Development*. 143(7), 1099-1107. <https://doi.org/10.1242/dev.133314>
- Wolke, R.E. (1992). Piscine macrophage aggregates: a review. *Annual Review of Fish Diseases*, 2, 91-108.

How to cite this article/Bu makaleye atf için:

- Suiçer, E., & Köprücü, S. (2023). Fırat dikenli yılan balığı (*Mastacembelus mastacembelus* Banks & Solander, 1794) böbreklerinin histolojik yapısı. *DÜSTAD-Dünya Sağlık ve Tabiat Bilimleri Dergisi*, 6(2), 83-92. <https://doi.org/10.56728/dustad.1387281>