

BALIKLARDA BAĞIŞIKLIK SİSTEMİ

Doc. Dr. M. Borge Ergönül



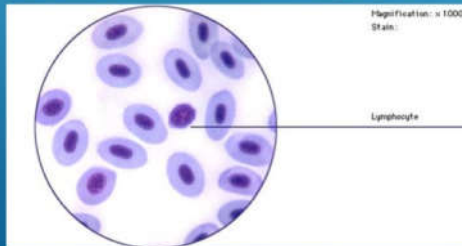
Bütün omurgalılarda olduğu gibi balıklarda da, çeşitli enfeksiyonlardan korunmayı sağlayan gelişmiş bir bağışıklık sistemi bulunmaktadır. Ancak balıklarda immün sistem memeli ve diğer hayvan gruplarına göre bazı farklılıklar göstermektedir.

Balıklarda memelilerin aksine lenf yumruları ve kemik iliği bulunmaz. Bunun yerine temel lenfoid organlar olarak timus, böbrek, dalak ve bağırsakla ilişkili lenfoid dokular yer almaktadır.

Doc. Dr. M. Borge Ergönül

Ayrıca balıklarda memelilerden farklı olarak eritrositler çekirdeklidir.

Balıklarda memelilerden farklı olarak immünitenin anneden yavruya geçmesi söz konusu değildir. Ancak yapılan son birkaç çalışmada özellikle Tilapya balıklarında anne ağzından yavruya kısmen immünitenin geçebileceği gösterilmiştir.

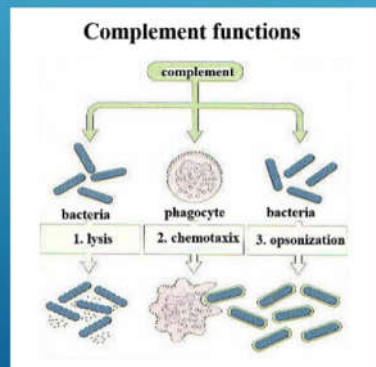


Balıklarda immün sistem hücresel ve sıvısal (humoral) faktörleri içeren, hem spesifik hem de spesifik olmayan savunma sistemlerinden oluşur. Balıkların savunma sistemi esasen spesifik olmayan savunma sistemine dayanır. Bu sistemin aktive olması için bir antijen/patojen ile önceden temasa gerek yoktur. Dolayısıyla antijeni tanıma esasına dayanan spesifik immün yanıtı göre daha kısa sürede tepki verilmesini sağlar.

Doc. Dr. M. Borge Ergönül

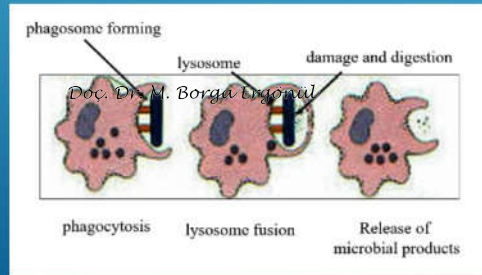
Non-spesifik bağışıklık

Balıklarda non-spesifik bağışıklık sistemi enfeksiyonları önleme, yayılmalarını kontrol ve doku hasarını azaltmaya yönelik birçok işlevden sorumludur. Bu yanıt immün sistemin hem humoral hem de lenfoid olmayan hücresel komponentleri tarafından oluşturulur. İmmunolojik olmayan bir çok humoral madde ve hücre salgıları, balıkların enfeksiyöz ajanlara karşı gösterdiği doğal bağışıklıkta görevlidir. Bunlar; transferin, lektinler (immunoglobulin yapısında olmayan aglutininler), C-reaktif protein, lizozim gibi bazı litik enzimler, interferon, enzim inhibitörleri ve kompleman sisteminin bileşenleridir.



Balıklardaki yangı olayı çeşitli açılardan diğer hayvanlarınkine benzer; kılcac damarlarda geçirgenlik artar ve kan hücrelerinin bu bölgeye göçü hızlanır. Hücrelerin salgıları sonucu bölgeye fagositik hücreler çekilir. Fagositoz en önemli antimikrobiyal savunma sistemlerinden birisidir ve bu olay makrofajların etkisine bağlıdır.

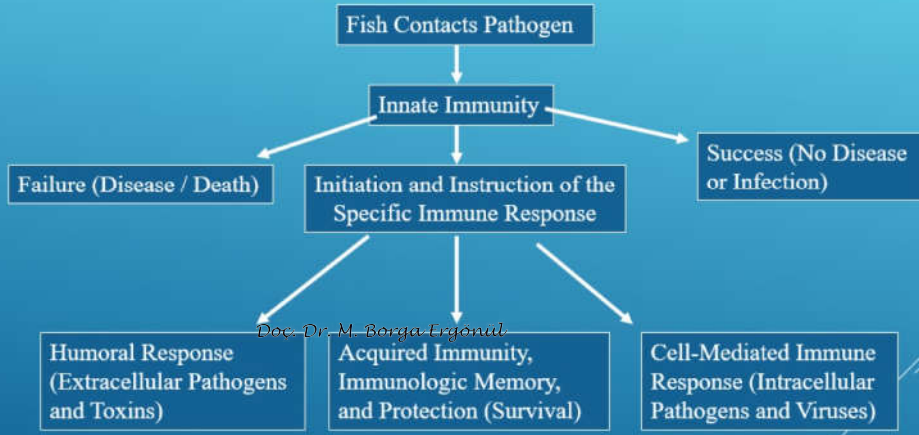
Hücrel savunmanın ilk basamağını oluşturan fagositozis, non-spesifik bağışıklığın bir komponenti olarak bütün balık türlerinde bulunmaktadır. Memelilerdeki ile aynı basamaklara sahip olan fagositoz işlemi balıklarda genellikle makrofajlar ve nötrofiller tarafından gerçekleştirilir ve opsoninler veya komplement komponentleri fagositozu güçlendirirler.



Dolayısıyla non-spesifik immünitenin balıklar için avantajları:

- Patojenle daha önceden karşılaşmış olması gerekmez. Hastalık etmenine anında cevap verilebilir.
- Spesifik sistemin aktive olması non-spesifik sistemin aktive olmasına bağlıdır.
- Spesifik sistem su sıcaklığı düştükçe daha yavaş çalışır ancak non-spesifik sistemin çalışması su sıcaklığına bağlı değildir.

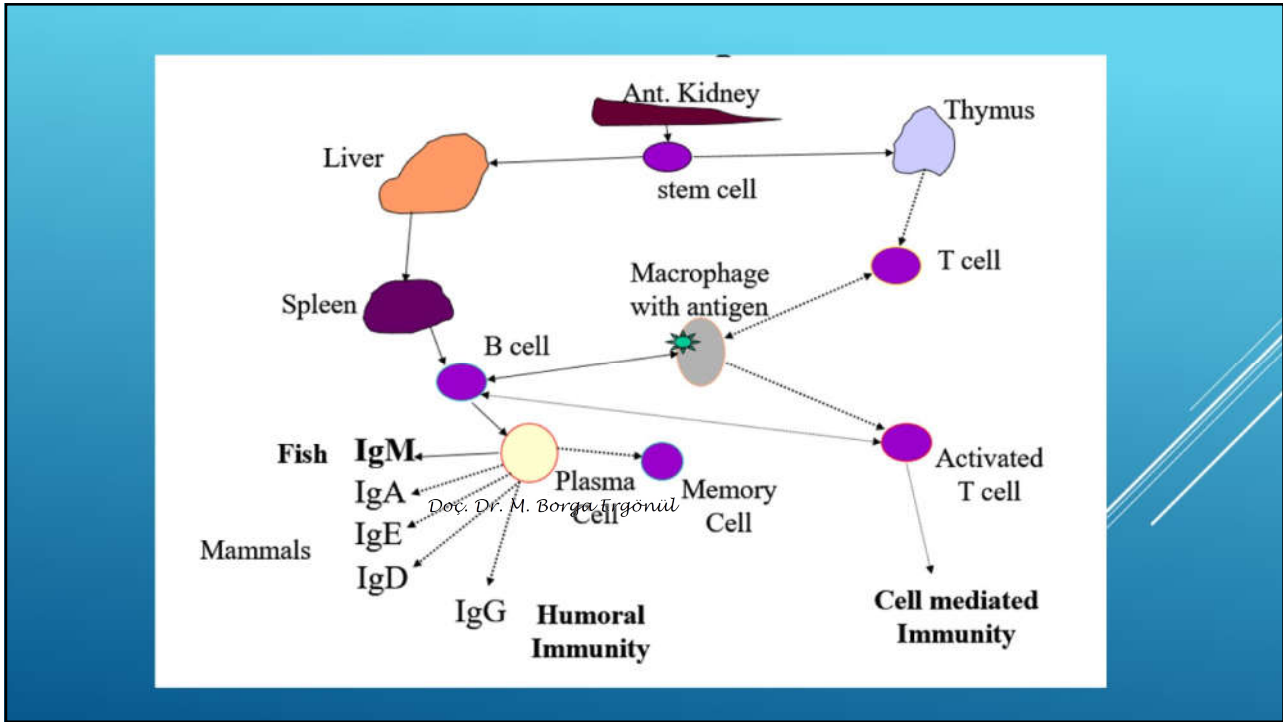
PATOJENLE KARŞILAŞMA SONRASINDA VERİLEN YANIT



Balıklarda immünitelerde rolü olan hücreler ve moleküller

Balıklarda dolaşımdaki kan hücreleri türlere göre bazı farklılıklar göstermekle birlikte eritrosit, trombosit, lenfosit, monosit, nötrofil, euzonofil, bazofil ve bu hücrelerin immature hallerinden oluşur. Bu hücrelerin büyük bir çoğunluğu memelilerdeki fonksiyonlara benzer fonksiyonlara sahiptir.

Ancak balıklardaki bu kan hücrelerinin sayısı sadece türe göre değil aynı zamanda tür içinde bile mevsim, cinsiyet ve su kalitesi parametreleri gibi değişkenlere göre de farklılık gösterebilmektedir.



Doğal sitotoksik hücreler (Natural cytotoxic cells- NCC)

Balıklarda da memelilerdekine benzer enfeksiyöz ajanlara karşı etkili sitotoksik hücreler gözlenmektedir. Bu hücreler, yabancı hücreleri, bazı parazitleri ve diğer bazı antijenleri daha önceden maruz kalma zorunluluğu olmadan öldürebilirler.

Monositler/Makrofajlar

Dolaşımda monosit adı ile anılan ve yüksek fagositoz yeteneğine sahip hücreler dokulara geçtiklerinde makrofaj olarak adlandırılırlar. Makrofajlar fagositozun yanısıra, yabancı ajan ve bakterilerin yıkımında ve ayrıca kazanılmış immünite de önemli fonksiyonlara sahiptir. Balıklarda lenfoid dokularda kümeler halinde pigment içeren makrofajlara (melanomakrofajlar) da rastlamak mümkündür.

Doc. Dr. M. Borge Ergonul

Granulositler

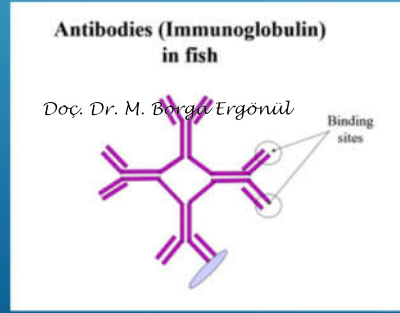
Doc. Dr. M. Borge Ergonul

Balıklarda da tıpkı memelilerde olduğu gibi nötrofil, eozinofil ve bazofil olmak üzere 3 tipte granulosit tanımlanmıştır. Balıkların hepsinde bu üç tip granülosit gözlenmeyebilir. Bunlardan en kolay tanınanları nötrofiller olup, balıklarda nötrofiller birçok enfeksiyöz ajana karşı fagositik yeteneğe sahiptir. Yapılan çalışmalarda nötrofillerin ayrıca kemotaktik yetenekleri olduğu ve bakterisidal fonksiyonları olduğu da gösterilmiştir

İmmunglobulinler ve Sitokinler

IgM, kıkırdaklı balıklar dahil bütün çeneli omurgalı hayvan gruplarında bulunduğu için en eski Ig sınıfı olarak kabul edilmektedir. Pentamerik temel bir yapıya sahiptir ve ağır zincirinde dört adet sabit ilmek bölgesi bulunması ile memelilerdekine çok benzer. Bu sebeple bu immunglobuline IgM adı verilmiştir. Molekülde J zinciri de bulunmaktadır. Bu Ig, keski solungaçlılarda pentamerik yapıda olmasına rağmen, modern teleostlarda tetramerik bir yapıdadır.

Balıklarda çeşitli moleküler teknikler sayesinde birçok sitokin ve sitokin reseptörü olduğu da gösterilmiştir. Memelilerde de bulunan IL-1 (interleukin), TGF (Transforming Growth Factor) ve TNF (tümör nekrozis faktörü) gibi bazı sitokinlere balıklarda da rastlanmıştır.



Balıklarda lenfoid doku ve organlar

Sıcakkanlı omurgalı hayvanlarda kan hücrelerinin yapımından sorumlu organ ve dokular kemik iliği, dalak ve lenf yumrularıdır. Ancak balıklarda kemik iliği ve lenf yumruları bulunmaz. Dolayısıyla balıklarda hücrelerinin üretimi esasen dalak ve ön böbreklerde gerçekleşir. Bununla birlikte kan yapımından sorumlu hematopoetik doku az miktarda da olsa karaciğerin periportal bölgesinde, intestinal submukoza ve timus bezinde de bulunur.

Balıklarda eritrosit ve lenfoid hücreler lenfomyeloid doku adı verilen aynı dokuda üretilir. Bu dokular mesenteriumda diffuz şekilde dağılmıştır.

Timus bezi

Kıkırdaklı ve kemikli balıklarda oldukça iyi gelişmiş bir timüs bezi bulunmasına karşın çenesiz balıklarda bulunmaz. Kıkırdaklı balıklarda timüs çok loblu olup solungaçların yakınlarında yer alır. Kemikli balıklarda ise bir çift loblu bir yapı sergiler ve solungaç boşluklarında bulunur.

Timüste yer alan temel hücre tipi lenfositlerdir. Timüs ve diğer organlar arasında bağlantıyı sağlayan bir çok kan damarı bulunmaktadır. Timüs bezi balık yaşlandıkça türe ve eşeyssel olgunluk gibi bazı faktörlere bağlı olarak küçülebilir.

Timüs bezi plazma hücrelerinin ve plak oluşturan hücrelerin oluşturulmasında görev almaktadır.

Doc. Dr. M. Borge Ergönül

Böbrekler

Balıklarda böbrekler vücut boşluğunun tavanında, omurganın hemen altında, dorsal aort damarının ventralinde yer alan ince Doc. Dr. M. Borge Ergönül kırmızı-kahverengi renkte bir çift retroperitoneal bir organdır. Böbreklerde bulunan esas hücre tipi makrofajlar olmakla birlikte, lenfositler ve plazma hücreleri de bulunur.

Böbreklerde esas kan hücresi yapımından sorumlu kısım anterior böbrek olmasına rağmen, posterior kısımlarında da hemopoetik dokular bulunur. Böbrekler bir nevi filtre işlevi görerek antijenlerin tutulmasında ve ayrıca antikor üretimi açısından önemli fonksiyonlara sahiptir.

Kemikli balıklarda böbrekler hematopoetik, retiküloendotelyal, endokrin ve boşaltımdan sorumlu kısımlardan oluşan karma bir organdır. Ön böbrek adı verilen kısım genellikle kan hücresi yapımından sorumlu iken, arka böbrek ise esasen boşaltımdan sorumludur ve kandaki atıkların süzülmesini sağlar. Dolayısıyla ön böbrek esasen lenfoid dokulardan, arka böbrek ise nefronlardan oluşmuştur. Balıkların bazılarında (örn: Sazangillerde) ön ve arka böbrek çıplak gözle kolaylıkla ayırtedilebilirken, alabalık ve yılan balıkları gibi balıklarda net bir ayırım yapılamaz.

Doc. Dr. M. Borge Ergönül

Tatlı su balıklarında böbrekte glomerulus sayısı çoktur ve büyüktür. Kemikli deniz balıklarında ise nispeten az sayıdadır ve küçüktür. Hatta bazı deniz balıklarında tamamen kaybolmuştur. Bu tip glomerulus içermeyen böbrek tipi aglomerular böbrek olarak adlandırılır. Denizati (*Hippocampus spp.*) ve iğne balığı (*Signatus spp.*), gibi balıklar bu böbrek tipine örnek olarak verilebilir.

Dalak

Dalak, yardımcı fonksiyonlara sahip hematopoetik bir organ olup balıklarda midenin arka tarafında, alt kısmına doğru konumlanmış, koyu kırmızı-siyahımsı renktedir. Kanın süzülmesinde ve hücre yıkımında görev alır. Ayrıca geçici alyuvar deposu olarak da görev yapmaktadır. Dolaşımdaki eritrosit sayısının kontrolünde de sorumludur.

Dalağın büyük bir kısmı kırmızı pulpa adı verilen kısımdan oluşmuştur. Kırmızı pulpa içerisinde retiküler fibril ağı ve bu ağ içinde dağınık olarak bulunan lenfosit ve eritrositler bulunur. Dalaktaki retiküler fibrillerden oluşan ağda ise makrofaj kümelerini yer aldığı melanomakrofaj odakları bulunur. Bu melanomakrofaj odakları hemoglobinin yıkımı sonucu oluşan hemosiderin adı verilen madde nedeni ile kahverengimsi renktedir.

Doc. Dr. M. Bora Ergönül

Dalak vücuda giren yabancı maddelerin, mikroorganizmaların ve antijenlerin tutulmasında ve bağışık yanıtın oluşturulmasında görev alır.

Karaciğer

Karaciğer, kemikli balıklarda ön ve arka olmak üzere iki lopluk, genellikle kırmızımsı kahverengi renkte nispeten iri bir organdır. Sira kanalının etrafında yer alır.

Karaciğerin anterior (sağ) lobu safra kesesini sarar, posterior (sol) lob ise dalağı örter. Bazı balıklarda loblar belirgin değildir, bazılarında ise çok lobludur. Bazı balıklarda pankreasla içiçe geçmiş haldedir (hepatopankreas).

Balıklarda karaciğer esasen bağışık yanıtta çok etkin bir rol üstlenmemekle birlikte yabancı partikülleri süzücü fonksiyonları vardır. Diğer taraftan birçok balıkta karaciğerde makrofajların bulunduğu gösterilmiştir.

Deri

Deri, balıklarda vücudu dış etkilerden koruyan bir örtü tabakasıdır. Deri hem bir koruyucu tabaka olarak işleve sahiptir hem de balığın rengini, solunum ve boşaltım işlevlerine katkıda bulunan pigment, bez ve diğer yapıları içerir.

Balıklarda deri ve dışarıya açılan açıklıklarda vücudu dış yüzeyden örten bir mukus tabakası (glikoproteinler, proteoglikanlar ve proteinler) bulunur. Bu mukus tabakası goblet hücreleri tarafından sentezlenir. Sindirim kanalı mukozası, solungaçlar ve derideki mukus hücreleri tarafından devamlı olarak salgılanan mukus, mikroorganizmaların kolonizasyonunu engeller. Mukusta immunglobulinler (Ig), kompleman sistemi bileşenleri, lizozim enzimi ve lektinler gibi savunmada görevli moleküller yer alır. Ayrıca yara bölgesine geçerek aranın iyileşmesinde görev alan epidermal fagositik hücreler de bulunmaktadır.

Doc. Dr. M. Barga Ergonul

Bağırsaklar

Balıklarda bağırsak midenin pilorik kısmından anüse kadar uzanır. Sindirim kanalı onikiparmak bağırsağı, ön bağırsak, arka bağırsak ve son bağırsak adı verilen kısımlardan oluşur. Genel olarak pH'ın düşük olması ihtiva ettiği tripsin ve pepsin gibi sindirim enzimleri, ve safra sıvısı nedeniyle mikroorganizmaların gelişimi için sınırlayıcı etki gösterir. Memelilerde bağırsıklıkta önemli işlevi olan peyer plakları yerine balıklarda intraepitelyal hücreler bulunmaktadır. Ayrıca köpek balıkları ve kedi balıklarında bağırsakla ilişkili lenfoid doku (gut associated lymphoid tissue, GALT; sindirim kanalı ile ilişkili lenfoid doku) benzeri foliküller mevcuttur.

Doc. Dr. M. Barga Ergonul