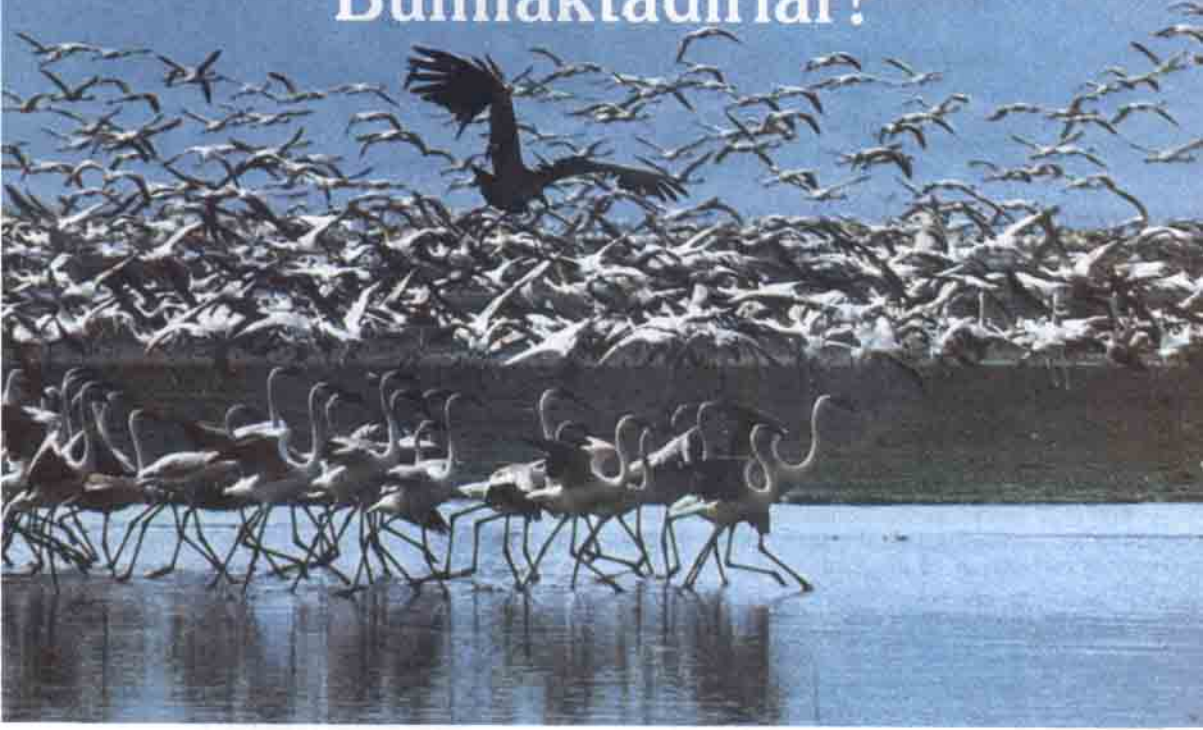


# Kuşlar Yönlerini Yerin Manyetik Alanından Yararlanarak mı Bulmaktadırlar?



**Prof.Dr. Reşat N.AŞTI\***  
**Yrd.Doç.Dr.İlhami ÇELİK\***

*Kuşların, göçleri sırasında yönlerini nasıl buldukları uzun yıllardan beri insanlığın ilgisini çekmiştir. Bu konuda, bazı bilim adamları tarafından birçok fikir ileri sürülmüştür. Günümüzde ise yerin manyetik alanının çeşitli canlı türleri üzerinde değişik etkilerinin olduğu anlaşılmıştır. Yapılan çeşitli çalışmalarla da güvercinlerin, yerin manyetik alanından yararlanarak yönlerini bulmalarını sağlayan oldukça karmaşık bir "manyetoreseptör" (Manyetik alanı algılayan) düzeneğe sahip oldukları ortaya konmuştur. Epifiz bezinin ise bu düzeneğin merkezini oluşturduğu kabul edilmektedir. Bu yazıda, bu konuyla ilgili yapılan çalışmalarla elde edilen bulguların bir özetini bulacaksınız.*

**S**on yirmi yıldır, yerin manyetik alanının bakteriden, insani da içine alan omurgalılara kadar birçok canlı türünün davranışlarını, çevre koşullarına

uyumlarını etkilediği ve bazı canlıların bu alandan yönlerini bulmada yararlandıklarını gösteren çok önemli bulgular elde edilmiştir.

Walcott adlı araştırmacı, 1977 yılında iki grup güvercin kullanarak bir çalışma yaptı. Birinci gruptaki güvercinlerin başlarına pirinç, ikinci gruptakilerin başlarınaysa mıknatis halkalar taktı. Her iki grubun üyelerini yuvalarından çok uzakta gece karanlığında uçurdu. Pirinç halka takılı güvercinler karanlıkta yuvalarına döndükleri halde, mıknatis halka taşıyanların hiçbiri yuvalarını bulamadılar. Buna dayanarak araştırmacı, güvercinlerin, karanlıkta uçarken, yerin manyetik alanından yararlanarak yönlerini bulmalarını sağlayan bir yön bulma düzeneğine sahip olduklarını ve bu mekanizmanın da baş bölgesinde yer aldığını ileri sürmüştür. Daha sonraları yapılan elektrofizyolojik, otoradyografik, biyokimyasal ve histolojik çalışmalarda ise araştırmacıların dikkatleri epifiz bezi (Pineal gland, Corpus pineale) üzerinde yoğunlaşmıştır.

İç salgı yapan (Endokrin) bir bez olan epifiz, orta beynin (Diencephalon) tavanında yerleşmiştir ve

\* S.Ü. Veteriner Fakültesi Histoloji ve Embriyoloji Bilim Dalı.

çam kozalağını andırır. Bu nedenle de Corpus pineale olarak da adlandırılır. Bez bir sapla orta beyne bağlanır. Orta beyinden uzanan bir yarık organın içine girer. Organ, sürünge ve balıklarda kompleks keseseli bir yapıya sahiptir. Organı saran zarın (Piamater) içinde bulunan pigment hücreleri sayısına bağlı olarak organın rengi, griden kahverengiye kadar farklı renklerde olabilir.

Mikroskopla incelendiğinde ise sinir dokusu yapısı gösterir. Organda pinealosit ya da şef hücreler de denen hücrelerle, bunların aralarında yerleşen ve aradokuyu oluşturan interstisyel (Glia) hücreleri bulunur. Üçüncü bir hücre tipinin bulunduğu bildirilmişse de bu durum kesinlik kazanmamıştır.

Önceleri epifizin, filogenetik gelişme sürecinde küçülmüş ve fonksiyonsuz bir kalıntı olduğu düşünülmekteydi. Ancak bu organın tümörlerinde erken bölüğe ulaşma (Puberti praecox) gözlenmesi, aynı tablonun epifizleri çıkartılmış (pinealektomize) deney hayvanlarında da taklit edilmesi ve epifiz ekstrelerinin enjeksiyonuyla puberti praecox'un tedavi edilebilmesi nedeniyle bu organın, cinsiyet organlarının (Testis ve ovarium) gelişmeleri ve işlevleri üzerinde etkin olduğu düşünülmüştür.

Epifiz bezi bir 5-hidroksi indol bileşiği olan melatonin'i sentezler (Bu hormon, bezde bulunan N-asetil transferaz ve hidroksi-O-metil transferaz (NAT ve HIOMT) enzimlerinin katalizörliğünde sentezlenir). Melatonin derinin pigmentasyonunu düzenleyen intermedin (Melanin uyarıcı hormon, MSH) hormonunun zıttı (antagonisti) bir etki gösterir. Epifiz bezi, ayrıca bazı canlı türlerinde ışık etkisinin üreme siklusundaki etkisinin ortaya çıkmasında da görev alır.

Yapılan biyokimyasal çalışmalarda ışığın, bezdeki N-asetil transferaz ve hidroksi-O-transferaz enzimlerinin seviyelerinde düşümlere neden olduğu saptanmıştır. Ayrıca karanlıkta büyütülen ratların, aydınlıkta büyütülenlerden daha ağır ve daha iri hücreli epifizlere sahip oldukları da gösterilmiştir. Sonuç olarak organın fonksiyonları ışık etkisi ile baskılanmaktadır. Nitekim koyunların üreme faaliyetleri ile gün uzunluğu arasında sıkı bir ilişki vardır ve bu hayvanlar, günlerin kısalmasına başladığı dönemde kızgınlık göstermektedirler.

Son 15-20 yıldır epifiz bezinin, bilinen bu fizyolojik işlevleri yanında, bazı canlı türlerinde manyetik duyarlılık fonksiyonuna da sahip olduğunu gösteren bulgular oldukça yoğunlaşmıştır. Bunlar:

## ELEKTROFİZYOLOJİK BULGULAR

P.Semm ve arkadaşları, güvercinler üzerinde yaptıkları çalışmalarda, güvercinleri homojen ve sabit şiddette manyetik alan oluşturmaya yarayan Helmholtz bobinlerinden oluşan bir düzeneğin ortasına yerleştirerek, epifiz hücrelerinin elektriksel faaliyetlerini "Histogramlar" halinde kaydettiler. Araştırmacılar, bazı beyin bölgeleri ile birlikte epifiz hücrelerinin de manyetik alanın şiddeti ve yönündeki deği-

şimlere karşı belirgin bir elektriksel tepki verdiklerini saptadılar. Rat epifiz hücreleri ile kıyaslandıklarında, güvercin epifiz hücreleri ilk uyarıma daha kısa sürede ve daha şiddetli tepki vermektedirler. İkinci uyarıma karşı oluşan yanıt ise bilinmeyen bir nedenle ancak 30 dakika sonra ortaya çıkmaktadır.

Elektrofizyolojik çalışmalarda epifizdeki hangi tip hücrenin manyetik alanın şiddetindeki, hangi tipin de manyetik alanın yönündeki değişimlere duyarlı oldukları belirlenememektedir.

## BIYOKİMYASAL BULGULAR

Reuss adlı araştırmacı, 1987'de manyetik alanın şiddet ve yönündeki değişimlerin epifizin, melatonin sentezi üzerindeki etkilerini biyokimyasal yolla araştırdı. Araştırmacı, bezdeki N-asetil transferaz (NAT) ve hidroksi-O-metil transferaz enzimlerinin, manyetik alanın şiddet ve yönünde oluşan değişimlerle önemli oranda düştüğünü gözledi. Yani bez manyetik uyarımlara ışık uyarımlarına benzer şekilde, melatonin hormonu sentezinde ortaya çıkan bir düşüşle yanıt vermektedir. Manyetik alan etkisine maruz kalan fertlerin hepsi de aynı derecede tepki göstermemektedir.

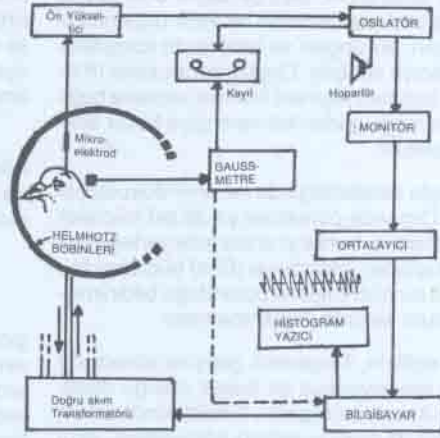
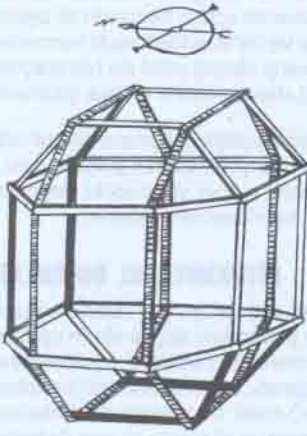
## OTORADYOGRAFİ BULGULARI

Radyoaktif karbon (<sup>14</sup>C) atomuna sahip glukoz (<sup>14</sup>C-Deoksi glukoz, 2DG) verilen güvercinlerde epifiz bezi metabolizma hızlarının, manyetik alanın şiddet ve yön değişimlerinden etkilendiği saptanmıştır. Başka beyin bölümlerinde de metabolizma hızı artışı görülmekteyse de, epifiz bezindeki artışlar diğer bölgelerdekilerden daha belirgindir.

## HİSTOLOJİK BULGULAR

Bardasano adlı araştırmacı, yapay manyetik alanlar oluşturduğu kuluçka makinelerinde tavuk yumurtalarını geliştirdi. Gelişen embriyolardan kuluçkanın belli günlerinde doku kesitleri alarak histolojik incelemeler yaptı. Bu incelemelerinde, epifiz bezinde anormal hücrelere rastladı. Diğer hücrelerden daha iri ve iki kutuplu mitoz mekiği yerine çok kutuplu mitoz mekiğine (Multipolar spindle) sahip olan bu hücreler, çoğunlukla organın follikül lümenlerine komşu konumda yerleşmekteydiler. Böyle hücrelerin, hangi tip epifiz hücrelerinden köken aldıkları bilinmemektedir. Araştırmacı bu tip anormal hücrelere ne gözün retinasında, ne de diğer embriyonal dokularda rastlamıştır. Yapay manyetik alanın bu etkisi, merkaptotanoilün deniz kestanesi yumurtaları üzerinde gözlenen etkisine benzemektedir. Bu kimyasal madde de mikrotubulusların yönlendirmelerini bozarak, mitoz bölünmenin metafaz evresinde düzgün bir mitoz mekiği şekillenmesini engellemektedir.

Günümüzde kuşların manyetik pusulasının bazı özellikleri iyi bilinmektedir. Bu pusula bilinen pusulanın tersine, bir bölgedeki manyetik alan yönünü saptaması yanında aynı anda şiddetini de belirler. Yani ağırlık merkezinden asılmış bir pusula iç-



*Semm ve arkadaşlarının yapay manyetik alan oluşturdukları Helmholtz globusu (bobini) (solda). Elektrofizyolojik çalışmalarda yararlanılan düzenek (sağda).*

nesi gibi çalışır. Bilindiği gibi böyle bir pusula iğnesinin bir ucu (Kuzey yarı kürede N, güney yarı kürede S uçları), o bölgedeki manyetik alan şiddetine bağlı olarak bir miktar eğilir. İşte kuş, sürekli olarak birbirine kilitlenmiş bir şekilde ve aynı anda manyetik alanın hem şiddetini ve hem de yönünü algılayarak yönünü bulur. Kuşların pusulalarının bir özelliği de yeni koşullara uyum gösterebilmesidir. Nitekim, yaşadıkları bölgeyi değiştiren güvercinler, gece uçuşlarının da yuvalarını bulmakta zorlanmaktadırlar.

Epifiz bezinin manyetik duyarlılığının işleyişi henüz tam olarak aydınlatılamamıştır. Bu konuda araştırmacılar arasında da henüz birlik yoktur. Bazı araştırmacılara göre, manyetik algılama ışık algılamaya (Photosensitivity) ek ve onunla ilişkili bir olaydır. Bu araştırmacılara göre ışık algılamasında rol alan rodopsin pigmentinin üçlü dengeli moleküler yapısı, manyetik olan değişimleriyle bozulur. Bu da hücrelerde elektriksel impuls oluşturan bir seri kimyasal işleyişi başlatır. Güvercin epifizlerinden hazırlanan doku kültürlerinde epifiz hücrelerinde rodopsin pigmentinin varlığı gösterilmiştir. Bu nedenle Denain adlı araştırmacı, epifiz hücrelerinin ışık uyarımlarını beze ileten sinir bağlantıları olmadan da güvercinlerde manyetik uyarımları algıladığını ileri sürmüştür. Ratlarda ise manyetik algılama için beze fotik uyarımları getiren sinirsel bağlantıların bulunması gereklidir.

Bardasano'ya göre ise manyetik duyarlılık, hücrede bulunan mikrotubuluslar tarafından yerine getirilmektedir. Hücre stoplazmasında bulunan ve çeşitli fonksiyonları yerine getiren mikrotubuluslar, elektriksel polariteye sahip olan uzun moleküllerdir. Mitoz mekiğinin şekillenmesi için gerekli olan polarite nedeniyle mikrotubuluslar, yerin manyetik alan yönüne paralel bir tarzda yönelme eğilimindedirler.

İşte embriyonal dönemde yerin manyetik alan yönüyle farklı yönde oluşturulan yapay manyetik alan, mikrotubulusların oluşan yönelmelerini bozmaktadır. Bu nedenle çok kutuplu mitoz mekiğine sahip olan anormal hücreler oluşmaktadır.

Sonuç olarak, kuşlardaki manyetik pusula sisteminin tüm özellikleri tam olarak aydınlatılamamıştır. Ayrıca manyetik algılama (Manyetoreseptör) sisteminin mekanizması da hâlâ bir sırdır. Gelişen teknolojilerle birlikte ortaya çıkan "Görülemeden çevre kirlenmesi"nden de söz edildiği günümüzde, manyetik alanların canlılar üzerindeki etkilerinin araştırılması daha da önem kazanmaktadır. Bir araştırmacının ifade ettiği gibi: "Şu anda jeomanyetizmanın, hayvanların oldukça karmaşık olan çevreye uyum ve yön bulma davranışları üzerindeki etkileri hakkında önceden var olan çeşitli düşünce ve inanışların doğruluğunun araştırılabilmesi için yepyeni bir kapı açılmıştır. Bu konuda bilinmeyenler beyin üzerinde yapılacak olan çalışmalarla çözülecektir ve bu yönde ilk adımlar atılmıştır. Nörobiyoloji ve davranış bilimleri metodlarının birleştirilmesi ile yapılacak olan çalışmalarla hâlâ bir sır olan beyin-manyetik alan ilişkisinin aydınlatılması gerçekleştirilebilecektir." □

#### Murphy Yasaları:

- 1- Hiçbir şey görüldüğü gibi kolay değildir.
- 2- Her şey sandığınızdan daha çok zaman alır.
- 3- Ters gidebilecek her şey ters gider.