



## Kanatlılarda Gonadların Gelişimi ve Testisin Fonksiyonel Histolojisi

Banu KANDİL<sup>1</sup>, Emrah SUR<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Siirt Üniversitesi Veteriner Fakültesi Histoloji ve Embriyoloji Anabilim Dalı, Siirt/ Türkiye

<sup>2</sup>Selçuk Üniversitesi Veteriner Fakültesi Histoloji ve Embriyoloji Anabilim Dalı, Konya/ Türkiye

Geliş Tarihi / Received	Kabul Tarihi/Accepted	Yayın Tarihi /Published
25.05.2017	14.06.2017	25.12.2017

### Öz

Canlı neslinin sürekliliği üreme fonksiyonu ile sağlanır. Bu fonksiyonu gerçekleştiren organlara ise üreme organları adı verilir. Üreme ile ilgili fonksiyonları yerine getiren ve seks hormonlarını salgılayan organların oluşturduğu sisteme de üreme sistemi denir. Kanatlı hayvanların üreme sistemi memelilere göre daha basit olup önemli farklılıklar içermektedir. Kanatlılarda erkek üreme sistemi bir çift testis, küçük epididimiser, direkt kloakaya açılan uzun ve kıvrımlı duktus deferensler ve penis karşılığı bir organ olan fallus bulunmaktadır. Ayrıca kanatlı hayvanlarda erkek genital bezler bulunmamaktadır.

**Anahtar sözcükler:** Kanatlı, histoloji, testis.

### Development of Gonads in Poultry and Functional Histology of Testes

#### Abstract

The continuity of the lineage is provided by the reproductive function. Organs that perform this function are called reproductive organs. The whole system carries out the reproductive functions and the organs that secrete the sex hormones is called the reproductive system. The reproductive system of avian species is a simpler than mammals and there are significant differences. The male avian reproductive system consists of a pair of testes, small epididymides, long coiled ductus deferens opening into the uredeum of the cloaca, and phallus which, form the copulatory organ of the avian. There are no male genital glands.

**Keywords:** Avian, histology, testes.

### 1. Kanatlılarda Gonadların Embriyonik Gelişimi

**Seksüel farklılaşma:** Kanatlı hayvanlarda seksüel farklılaşma memelilerdeki gibi cinsiyet kromozomlarına bağlı olmasına karşın genetik yapısı tam anlamıyla bilinmemektedir (1). Memelilerde erkekler XY kromozomuna sahip olup heterogametik özellik gösterirken dişiler XX kromozomuna sahip olup homogametik özellik göstermektedir. Kanatlı hayvanlarda ise durum farklı olup erkekler ZZ kromozomuna sahip olup homogametik özellik gösterirken dişiler ZW kromozomuna sahip olup heterogametik

yapıdadırlar (2). Memelilerde testislerin gelişiminde önemli rol üstlenen SRY geni kanatlılarda bulunmamakla birlikte primer cinsiyet tayin edici sinyal de bilinmemektedir (3). Memelilerde seksüel farklılaşmada önemli görevler üstlenen bazı genler kanatlı hayvanlarda bulunmasına rağmen bu genlerin niteliği tam olarak bilinmemektedir (4).

Kanatlılarda cinsiyetin belirlenmesinde genetik faktörlerin yanı sıra sol gonaddan sentezlenen östrojen hormon miktarı önemli rol oynar. Kanatlılarda sol gonaddan sentezlenen östrojen

konsantrasyonu sol gonadın ovaryum dokusuna mı yoksa testis dokusuna mı geliyeceğini belirler. Eğer östrojen konsantrasyonu testosteron seviyesinden fazla ise sol gonad ovaryum dokusu olarak gelişirken; testosteron konsantrasyonu östrojen seviyesinden fazla ise sol gonad testis dokusu olarak gelişir. P-450 aromataz enzimi östrojen sentezi için gerekli olup gonadların seksüel farklılaşma sürecinde sadece dişilerde eksprese edilmektedir (5). Nakabayashi ve ark (6)'nın tavuk embriyoları üzerinde gerçekleştirdikleri bir çalışmada östrojen reseptörlerini kodlayan genlerin embriyonik dönemde her iki cinsiyette de sadece sol gonadların korteks bölgelerindeki epitelde eksprese edildiği; buna karşın sağ gonadlarda ekspresyonun olmadığı ve erkek embriyoların sol gonadlarındaki ekspresyonun da sınırlı miktarda olduğu ve belirli bir süre sonra ortadan kalktığı gösterilmiştir. Intarapat ve Satayalai (7) tarafından bıldırcın embriyoları üzerinde gerçekleştirilen başka bir çalışmada ise inkübasyonun 8. gününde erkek embriyoların sol testislerinin korteks bölgesinde bulunan germinal epitelde östrojen reseptörü immünoreaktivitesi tespit edildiği, medulla bölgesinde yer alan hücrelerde ise immünoreaktiviteye rastlanılmadığı bildirilmiştir.

**Gonadların farklılaşması ve gelişimi:** Kanatlılarda gonadların embriyonik gelişimi genital kabartı oluşumu, gonadların farklılaşması ve gonadal fonksiyon gelişimi olmak üzere 3 evreden oluşmaktadır (7). İnkübasyonun ilk günlerinde henüz farklılaşmamış gonadlarda histolojik olarak dışta sölom epitelinden köken alan korteks bölgesi ve korteks bölgesinin çevrelediği medulla bölgesi bulunmaktadır. Kortekste primordiyal germ hücreleri yoğunlaşırken az sayıda hücreden oluşan ve sölom epitelinden gelişen hücre kordonları ise mezenşimal dokudan oluşan medulla bölgesinde yer alır. Kuluçkanın yaklaşık olarak 6,5. gününde

morfolojik farklılaşmanın başlaması ile birlikte erkek embriyoların gonadlarının medulla bölgesinde ileride tubulus seminiferus kontortusları oluşturacak olan hücre kordonları gelişir ve kordonlar arasındaki mezenşimal dokuda ileride Leydig hücrelerini oluşturacak olan hücreler belirir. Dişi embriyoların gonadlarında ise somatik ve germ hücrelerindeki artışla birlikte korteks kalınlaşır ve medullada bulunan hücre kordonlarını oluşturacak olan hücrelerde vakuoller oluşarak lakunlar meydana gelir. İlerleyen dönemlerde erkeklerde her iki gonad gelişip farklılaşarak testis dokusunu meydana getirirken, dişilerde ise sadece sol gonad aktif bir ovaryum olma yönünde farklılaşır ve sağ gonad geriler (8, 9, 10). Seksüel olarak farklılaşmamış embriyolarda çift taraflı olarak Müller kanalı bulunur. Dişilerde seksüel farklılaşmanın başlamasıyla birlikte sol taraftaki Müller kanalı gelişip farklılaşarak oviduktu oluştururken, sağ taraftaki Müller kanalı gerilemeye başlar (11). Erkeklerde testisler şekillendikten sonra her iki tarafta bulunan Müller kanalları Sertoli hücrelerinin progenitörleri tarafından üretilen AMH (Anti Müllerian Hormone) hormonunun etkisiyle kaudalden kraniale doğru gerilemeye başlar (12).

Testislerin kuluçka çıkışından sonraki gelişmeleri ve spermatogenezis üç evrede gerçekleşir. Bu evreler evcil horozlarda 10-14. haftalara kadar süren prepubertal evre, 20-24. haftaya kadar süren pubertal evre ve takiben cinsel olgunluk evresidir (13).

Yaklaşık olarak 0-6 haftalık genç horozların testis dokularının büyük çoğunluğunu intersitisyel doku oluşturmaktadır. Tubulus seminiferus kontortusların bazal laminasında tek sıra halinde Sertoli hücreleri ve spermatogonyumlar bulunmaktadır. Yaklaşık olarak 40 µm çapa sahip olan tubulus seminiferus kontortusların lümen yapıları ise çok az gelişmiştir. Bu dönemde tubulus

seminiferus kontortuslarda yer alan hücrelerin sayısının artması ile tubulus seminiferus kontortusların uzunluğu hızla artarken, çapı ise yavaş bir şekilde artış göstermektedir. Somatik ve germ hücreleri sürekli çoğalmasına rağmen testis dokusunun ağırlığı ve hacmi yavaş bir şekilde artar çünkü tubulus seminiferus kontortuslar ile intersitisyel doku yer değiştirmektedir (12).

Prepubertal evre döneminde testislerin büyümesi ve gelişmesi oldukça yavaştır ve bu gelişme hızı vücut ağırlığı artışıyla doğru orantılıdır. Altı haftadan sonra çok sayıda primer spermatosit üretilir ve indifferansiye durumdaki destek hücrelerinin (sustentakular hücreler, Sertoli hücreleri) proliferasyonu gerçekleşir (13).

İkinci evre olan pubertal dönemde testislerin büyüme ve gelişme hızı artar. Bu dönemde, primer spermatositler mayoz bölünmenin birinci evresini geçirir ve nispeten küçük olan sekonder spermatositleri oluştururlar ki; bunlar da hızla mayoz bölünmenin ikinci evresini geçirek toplam 4 adet spermatid oluşur. Spermatidler de metamorfoz geçirek spermatozoonları oluştururlar (13).

Spermatogenezisin üçüncü ve son evresi olan seksüel olgunlukta ise testisler büyüklüklerinin üst sınırına ulaşmışlardır. Ancak ilk spermadaki spermatozoon sayısı ve kalitesi düşüktür; bu yüzden gerçek cinsel olgunluk, spermatozoonların sayı ve kalitesinin en iyi olduğu ve testislerin büyümelerinin en üst sınıra ulaştığı dönem olarak kabul edilmelidir (13).

## 2. Kanatlılarda Testislerin Anatomisi

Kanatlılarda karın boşluğunda bulunan testisler fasülye şeklinde olup puberte öncesinde sarımsı beyaz ya da siyahımsı olan renge sahiptir ve seksüel aktivitenin başlamasıyla birlikte renkleri beyazlaşır. Testisler kranioventral olarak böbreğin kranial kısmında, kaudalde V.iliaca' ya ulaşır ve kranial

olarak akciğerin ventral yüzü ile ilişkide olup medialde ise aorta, V.cava caudalis ve adrenal beze yakın bir yerleşim göstermektedir. Testisler kısa bir mezenteryumla aorta ve böbreğin arasında sölom çatisına bağlanmaktadır. Mezenteryum testislerin ventral yüzüne bağlanıp, epididimisi ventralinden örtmektedir (14).

Horozların testisleri üreme mevsimi döneminde 35-60 mm uzunluğunda, 25-30 mm çapında olup inaktif dönemde bu değerler sırasıyla 10-19 mm ve 10-15 mm olarak gerileme gösterir (15). Okpe ve ark (16)'nın Nijer ırkı erişkin horozlarda gerçekleştirdikleri bir çalışmada ortalama vücut ağırlığını 977 gr, ortalama testis ağırlığını 6,30 gr, testis uzunluğunu 5,3 cm ve testis genişliğini ise 2,7 cm olarak ölçmüşlerdir. Söz konusu araştırmacılar gonad ağırlığı/vücut ağırlığı X 100 şeklinde formüle edilen gonadosomatik indeks (GSI) değerinin yaklaşık olarak %1,1 olduğunu ve bu değer de memelilere kıyasla oldukça yüksek olduğunu; bu durumun da sperm üretimindeki etkinliğin bir göstergesi olabileceğini ileri sürmektedirler.

Erkek kazda üreme döneminde sağ testis 11-20 mm uzunluğunda ve 8-17 mm genişliğinde iken, sol testis 16-32 mm uzunluğunda ve 9-21 mm genişliğinde olduğu belirlenmiştir. Üreme dönemi dışında ise sağ testis 4-7 mm uzunluğunda, 3-4 mm genişliğinde iken, sol testis 9-12 mm uzunluk ve 3-5 mm çapındadır (15).

Kanatlı hayvanlarda dişilerde sadece sol gonadın aktif olması, erkeklerde ise sol testisin sağ testisten büyük olması sonucunda testis asimetrisi şekillenmiştir (17, 18, 19). Söz konusu bu asimetri üzerine birbirlerinden farklı görüşler vardır. Moller (1994), kır kırlangıcı ve ev serçesi üzerinde yaptığı çalışmada testis asimetrisi üzerinde 2 sonuca varmıştır. Bunlardan ilki sağ testisin, büyük ve daha aktif olan sol testisin herhangi bir nedenle

fonksiyonunu yitirmesi durumunda devreye girerek daha fonksiyonel bir hale geleceği “kompensatorik” yani tamamlayıcı ya da telafi edici teoridir. Bir diğer sonuç ise söz konusu kuşlarda sol testis asimetrisinin sekonder cinsiyet karakterleri ile ilişkili olduğudur. Ancak Birkhead ve ark (17) zebra ispinozu kuşlarında her iki hipotezi de test etmiş ve en azından bu kuşlarda Moller (20)' in hipotezlerinin geçerliliği olmadığını ileri sürmüşlerdir. Kimball ve ark (21)' da kırmızı orman tavuğunun erkeklerinde yaptığı çalışmada testis asimetrisinin sekonder seksüel karakterlerle ilişkili olmadığı gibi, adı geçen türde incelenen 16 kuştan 12 adedinin 10 aylık yaşta sağ testislerinin daha büyük olduğunu; 1 yaşlı 19 kuştan da ancak 10 tanesinin sol testislerinin büyük olduğunu tespit etmişlerdir. Birkhead ve ark (22)'nin kandıra kamışçını üzerinde yaptıkları bir başka çalışmada da bu türün dişilerinin ötüş repertuarı daha fazla olan erkeklerle çiftleştiklerini tespit etmişler; ötüş repertuarı ve türü ile sol testis büyüklüğü arasındaki ilişkinin ise etkili olmadığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar, ötüş özelliği ile sperm kalitesi arasında da önemli bir ilişki bulamamışlardır.

Frey ve Goymann (23)'ın Afrika siyah guguk kuşlarında gerçekleştirdikleri bir çalışmada, kanatlılardaki testis asimetrisi ile ilgili istisnai bir durumun söz konusu olduğu ileri sürülmüştür. Bu türün dişileri birden fazla erkekle çiftleşmekte olup kuluçka ve yavru bakımı sürecinin hemen hemen tamamını sadece sağ testisi aktif olan erkek kuş tarafından üstlenildiği belirtilmiştir. Sol testisin ve epididimisin makraskobik olarak görülmediği ancak mikroskop altında doku kalıntısı olarak tespit edildiğini bildirmişlerdir. Az sayıda Sertoli hücresi ve neredeyse hiç spermatogonyum bulundurmayan az sayıdaki tubulus seminiferus kontortusların etrafındaki intersitisyel dokuda da yine az sayıda Leydig hücresinin bulunduğu belirtilmiştir.

### 3. Kanatlılarda Testislerin Histofizyolojisi

Kanatlı hayvanlarda dişilerde sadece sol ovaryum fonksiyonel olup erkeklerde ise testislerin her ikisi de fonksiyoneldir ve sölom çatısının orta çizgisinin her iki kenarında simetrik olarak yer almaktadır (24). Her iki testis de vücut içerisinde geliştikleri bölge olan abdominal boşlukta bulunurlar ve 41-42 °C olan vücut sıcaklığında fonksiyonlarını gerçekleştirirler (15). Bu yüzden kanatlı hayvanlarda spermatogenezis, memelilerdeki gibi 24-26 °C' lik skrotum sıcaklığında değil, 41 °C' deki vücut sıcaklığında gerçekleşir. Memelilerde funikulus spermatikusun içerisinde yer alan ve testis sıcaklığının vücut sıcaklığının altında tutulmasını (termoregülasyon) sağlayan kan damar ağı pleksüs pampiniformisler kanatlılarda bulunmaz (15, 25). Kanatlılarda testislerin kranial ucunda abdominal hava keselerinin bulunması, bu yapıların testislerin soğutulmasında işlev gören bir yapı olabileceğini akla getirmektedir (15). Yapılan deneysel bir çalışma ile abdominal hava keselerinin cerrahi olarak çıkarılması sonucunda kontrol ve deney grupları arasında semen kalitesi açısından önemli bir fark bulunmaması; yine testiküler ve rektal ısı ile hava kesesine ait sıcaklıklar kıyaslandığında da önemli bir farkın olmaması bu tezinin doğru olmayabileceğini düşündürmektedir. Böylece kanatlılarda testislerin hava keseleri tarafından serinletilmediği, germinatif epitelin yüksek vücut sıcaklığına uyum sağlayarak normal spermatozoon üretmeye devam ettiği ileri sürülmüştür (26).

Memelilerde olduğu gibi kanatlılarda da testislerin hem endokrin hem de ekzokrin fonksiyonları bulunmaktadır. Tubulus seminiferus kontortuslarda spermatozoon üretimi ekzokrin fonksiyon iken intertubuler bağ dokusunda yer alan Leydig hücreleri tarafından testosteron üretimi ise endokrin fonksiyondur (27).

#### 4. Kanatlılarda Testislerin Histolojik Yapısı

Kanatlılarda testis dokusu en dıştan peritonun viseral yaprağı olan tunika seroza ile örtülü olup bu katmanın hemen altında testisin en kalın katmanı olan tunika albuginea bulunmaktadır. Düz kas hücreleri, fibroblastlar ve kollajen iplik demetlerinden oluşan tunika albuginea memelilerinden farklı olarak testis dokusu içerisine uzantılar göndermemektedir ve böylece kanatlılarda testis dokusunda memelilerdeki gibi bir loçuk yapısı bulunmamaktadır (28, 29).

Testis kapsülünün fonksiyonu tam olarak bilinmemektedir ancak testis kapsülünde bulunan düz kas hücrelerinin kasılması sonucu hareket yeteneğine sahip olmayan spermatozoonların akıtıcı kanallara taşınmasında görev alabileceği ileri sürülmüştür (30).

Aire ve Ozegebe (31)'nin yaptığı bir çalışmada testis kapsül kalınlığı bildircinlerde  $81,5 \pm 13,7$   $\mu\text{m}$ , horozlarda  $104,5 \pm 29,8$   $\mu\text{m}$  ve ördeklerde  $91,8 \pm 18,9$   $\mu\text{m}$  olarak ölçülmüş ve testis kapsül kalınlığının memelilerden daha ince olduğu ileri sürülmüştür. Çalışmada ölçülen testis kapsül kalınlıklarındaki bu farklılığın sebebinin çalışmada kullanılan tespit metodları, tespit solüsyonları veya çalışma periyodunun süresinden kaynaklanıyor olabileceği ileri sürülmüştür. Arenas ve ark (32) ise yaptıkları bir çalışmada testis kapsül kalınlığının yaşa bağlı olarak arttığını ancak toplam hacminin değişmediğini belirtmişlerdir.

#### 5. Kanatlılarda Tubulus Seminiferus Kontortusların Histolojik Yapısı

Kanatlılarda tubulus seminiferus kontortusların, memelilerden farklı olarak testislerin periferinde kör uç şeklinde başlamadığı, belirgin ve düzgün seyreden yapılar olmayıp; testisin her tarafında birbirleriyle aşırı biçimde birleşerek (anastomozlaşarak) sıkı ve yaygın bir ağ oluşturduğu

birçok araştırmacının yaptığı detaylı diseksiyonlarla gösterilmiştir (28, 29).

Tubulus seminiferus kontortusların duvarını seminifer epitel hücreleri oluştururken; tubuluslar arası bölgede (peritübüler alanlar, intersitisyum) Leydig hücreleri (intersitisyel hücreler) bulunur (27). Tubulus seminiferus kontortuslar kollagen iplikleri içeren ince bir tunika propriya ile sarılmıştır. Bunun içindeki bazal membran üzerinde germinal epitel bulunmaktadır. Germinal epitelde farklı işleve sahip olan iki tip hücre bulunur ve bunlardan biri Sertoli hücreleri iken diğeri de germinal hücrelerdir. Bazal membrandan lümene doğru sırayla spermatogonyumlar, primer spermatositler, sekonder spermatositler, spermatidler ve olgunlaşan spermatozoonlar bulunmaktadır (27, 33, 34).

İmmatur hayvanlarda tubulus seminiferus kontortuslar küçüktür ve duvarı tek katlı epitelle çevrilidir. Wei ve ark (35)'nin yaptıkları bir çalışmada 1 günlük erkek deve kuşu civcivlerinde tam bir tubulus seminiferus kontortusların yapısı şekillenmediği ve oluşan tubiform yapılarda çok sayıda primordial germ hücreleri ve az sayıda spermatogonyumların bulunduğu belirlenmiştir. 30 günlük deve kuşu civcivlerinde tubulus seminiferus kontortusların belirgin hale geldiği ancak şekillerinin düzensiz olduğu ve primordial germ hücrelerinin hemen hemen tamamının spermatogonyumlara farklılaştığı gözlenmiştir. Aynı çalışmada 45 günlük deve kuşu civcivlerinde ise düzgün yapıya sahip olan tubulus seminiferus kontortusların oluştuğu ve tubulus duvarının bazal membran ve seminifer epitelden oluştuğu belirlenmiştir. Seminifer epitelde Sertoli hücreleri ve 1-2 sıra spermatojenik hücrelerin yer aldığı ve myoid hücreler ve kollajen ipliklerinden oluşan ince bazal membranla çevrili olduğu tespit edilmiştir.

Okpe ve ark (16)'nın Nijer ırkı erişkin horozlarda gerçekleştirdikleri bir çalışmada

ortalama tubulus seminiferus kontortus yapılarının testisin %96,6 'sını oluşturduğunu ve ortalama tubulus seminiferus kontortusların uzunluğunun 308 µm olduğunu; elde edilen bu değerlerin ise memelilere kıyasla oldukça yüksek olduğunu ileri sürmüşlerdir. Yine aynı çalışmada ortalama tubulus seminiferus kontortusların çapının 158,40 µm olduğu ve bu değer de memelilerle karşılaştırıldığında oldukça düşük olduğu belirtilirken; ortalama tubulus seminiferus kontortusların epitel yüksekliğini ise 56,00 µm olarak tespit etmişlerdir.

**Sertoli Hücreleri:** Seminifer tubullerin bazal membranından lümenine doğru uzanan uzun hücrelerdir. Bazaline yakın olarak bulunan oval veya üçgen şekline sahip ökromatik çekirdeği ve belirgin iri çekirdekçığı ile tanınırlar (12, 28, 29).

Sustentakular hücreler olarak da adlandırılan Sertoli hücreleri genellikle germinal hücrelerin ve özellikle olgunlaşan spermatozoonların desteklenmesi ve beslenmesinde görev alırlar (12, 28, 29). Sertoli hücrelerinin kan-testis bariyerinde görev almak, anti\_Müllerian hormon (AMH) salgılamak, dejenere olan eşey hücrelerinden arta kalan sitoplazma parçalarını fagosite etmek gibi birçok görevi bulunmaktadır (29, 36).

Okpe ve ark (16) 'nın Nijer yerli ırk horozlarda yaptıkları çalışmada 1 gr testis dokusu başına düşen ortalama Sertoli hücre sayısının 300 milyon olduğu ve bu sayının da memelilerdeki Sertoli hücre sayısına nazaran oldukça yüksek olduğunu bildirmektedirler. Sertoli hücre sayısı ile spermatogenetik verimlilik arasındaki pozitif korelasyon dikkate alındığında, Sertoli hücrelerinin sperm üretiminin üst sınırını da belirlediği sonucuna varılabilir. González-Morán ve ark (37) 'nın 1,5 aylık, 1 yaş ve 4 yaşlı beyaz Leghorn ırkı horozlarda yaptığı bir çalışmada en fazla Sertoli hücrelerinin 1,5

aylık erkek piliçlerde tespit edildiği, buna karşın yaşın ilerlemesi ve germ hücre sayılarının artışı ile birlikte bu sayının oransal olarak düşüş gösterdiği bildirilmektedir.

Rosenstrauch ve ark (38)'nın yaptıkları bir çalışmada evcil horozların yaşlanmasına paralel olarak Sertoli hücrelerinin çapı azalırken, Sertoli hücresi ve spermatozoon kompleksinin sıklığının arttığı gösterilmiştir. Aynı araştırmacılar yaşlı evcil horozların Sertoli hücrelerinden spermatozoonların serbest kalarak tubulus seminiferus kontortusların lümenine geçişinin aksaması ile ejakulatta yeterli spermatozoon konsantrasyonunun olmamasının fertilitede azalmaya sebep olduğunu belirtmişlerdir.

**Germ hücreleri:** Tubulus seminiferus kontortusların bazal membranından lümenine doğru sırasıyla spermatogonyumlar, primer spermatositler, sekonder spermatositler, spermatidler ve olgun spermatozoonlar bulunmaktadır (27, 33, 34).

**Spermatogonyumlar:** Genellikle tubulus seminiferus kontortusların periferinde bulunurlar ve eliptik şeklinedirler. Ekzantrik yerleşimli ökromatik ve oval şekilli çekirdeği bulunur (14, 29).

**Spermatositler:** Spermatogonyumların yer aldığı tubul duvarına yakın olarak bulunurlar. Primer spermatositler olgunlaşma bölünmesinin ilk aşamasını geçiren hücreler olup testislerde bulunan en büyük eşey hücresidirler. Bu hücrelerin yuvarlak, belirgin bir çekirdekçığı ve spermatogonyumlara kıyasla daha ince kromatin ağı içeren büyük bir çekirdeği vardır. Olgunlaşma bölünmesinin ikinci aşamasını geçiren sekonder spermatositler primer spermatositlerden daha küçük olup, spermatogonyumlardan ise biraz büyüktürler. Bu hücrelerin çekirdeği yuvarlak şekle sahip olup, kromatin ağı çekirdek içerisinde dağınık bir yerleşim gösterir (14, 29).

Spermatidler: Olgunlaşma bölünmelerinden sonra gelişirler ve oldukça küçük, yuvarlak şekle sahip hücrelerdir. Küresel şekilli olan çekirdeğin içerisinde kromatin ağı dağınık halde bulunur (14, 29).

Seksüel açıdan aktif bir horoz günde 3 milyar spermatozoon üretir; bu ortalama bir hesapla saniyede 35 000 spermatozoon üretmek demektir. Testisteki spermatozoon üretimi iki farklı kritere göre değerlendirilebilir. Bunlardan ilki günlük sperm üretimi, diğeri de günlük sperm atımıdır. Günlük sperm üretimi genellikle testis dokusunun her gramı başına düşen sperm sayısı ile ifade edilir. Erişkin horozlarda bu değer  $80-120 \times 10^9$  spermatozoon, Japon bildircinleri için  $92.5 \times 10^9$  spermatozoon ve hindiler için ise  $117-135 \times 10^9$  spermatozoon olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerler her üç tür için de deneysel çalışma sonuçlarında bildirilen değerlere oldukça yakındır (13).

Günlük sperm atımı ise horozlarda, yaklaşık 24. haftaya denk gelen en yüksek seviyedeki üretim döneminde  $2,28 \times 10^9$  iken; 52 haftalık dönemde  $1,73 \times 10^9$  a düşmektedir. Japon bildircinlerinde ise 8 haftalık dönemden sonra bu değer  $308 \times 10^9$  spermatozoon iken; Gine horozunda en yüksek atım dönemi olarak kabul edilen 36. haftada  $148 \times 10^6$  spermatozoon, 70. haftada ise  $100 \times 10^6$  spermatozoon olarak bildirilmiştir. Hindilerde 31-42. haftalarda günlük spermatozoon atılımı  $520 \times 10^6$  adet spermatozoondur. Bu değer evcil horozlarla Japon bildircinleri arasındadır. Yukarıdaki verilerden de anlaşıldığı gibi günlük spermatozoon atımı üzerinde yaşlanmanın belirgin bir etkisi (geriatrik etki) vardır (13).

## 6. İntersitisyel Hücreler

Tubulus seminiferus kontortusların arasında uzanan gevşek bağ dokudan oluşan intersitisyel doku ince

uzun, dağınık halde yerleşmiş fibroblastlardan, farklı boyutlarda kan damarlarından, oldukça sık ve geniş çaplı adrenerjik sinir liflerinden ve Leydig hücrelerinden oluşmaktadır (14). Kanatlılarda Leydig hücrelerinin seyrek olması ve bitişik tubulus seminiferus kontortusların arasında çok az bağ dokunun olması nedeniyle testisleri lopçuklara ayıran iyi gelişmiş bir intersitisyel doku yoktur (28).

Aire (33), eşeyssel olarak aktif deve kuşu, beç tavuğu, ördek ve Japon bildircin türleri üzerinde yaptığı bir çalışmada intersitisyumun çok kompakt yapıda olduğunu, oldukça fazla damarlaşıma gösterdiğini, Leydig hücrelerinin ise az sayıda olduğunu gözlemlemiştir. Aynı araştırmada eşeyssel olarak inaktif kuşlarda ise intersitisyum dokusunun hacminde bir artış olduğu, Leydig hücrelerinin ise "köpük hücresi (foamy cell)" tarzı bir görünüş sergilediği tespit edilmiştir.

**Leydig Hücreleri:** İntersitisyel dokuda ya küçük gruplar halinde ya da tek tek bulunurlar. Eşeyssel olarak aktif kuşlarda Leydig hücrelerinin ökromatik oval veya poligonol çekirdeği bulunurken, eşeyssel olarak inaktif kuşlarda ise bol miktarda lipid damlacıkları ve heterokromatik yapıya sahip çekirdeği bulunmaktadır (28, 33).

Testisler endokrin fonksiyonlarını Leydig hücreleri tarafından erkeklik hormonu olan testosteronu salgılayarak gerçekleştirir. Hücrelerden salgılanan testosteron gevşek bağ doku içerisindeki doku sıvısı yoluyla tubulus seminiferus kontortuslara ve az bir miktarda doku kılcallarına geçer. Kılcal damarlar yoluyla dolaşıma geçen testosteron ise genital organların gelişimi ve sekonder erkeklik özelliklerinin ortaya çıkmasını sağlar (36).

Okpe ve ark (16) 'nın Nijer yerli ırkı erişkin horozlarda yaptıkları bir çalışmada 1 gr testis dokusu başına düşen ortalama Leydig hücre sayısının 340

milyon olduğunu; bu sayının da diğer ekzotik kanatlılar ve memeli hayvanlarla karşılaştırıldığında oldukça yüksek olduğu ileri sürülmektedir. Aynı araştırmacılar, Leydig hücrelerinin salgıladığı testosteronun spermatogenetik aktivitenin yanı sıra sekonder seksüel özelliklerin gelişimini de etkilediğine dikkati çekerek, bu sayının açık ve geniş bir alanda yetiştirilen bu ırkta kapalı ortamlarda yetiştirilen ekzotik kanatlılara nazaran fazla olmasının doğal ortamda avantaj sağlayan bir adaptif kazanım olduğunu belirtmektedirler. Zira açık ve geniş alanda dolaşan söz konusu ırkın tavuklarının sekonder erkeklik karakterleri iyi gelişmiş horozlar tarafından idare edilebileceğine vurgu yapılmaktadır.

Yüksek fertilité gücüne sahip genç horozların çok sayıda ve fonksiyonel olarak aktif Leydig hücrelerine ve yüksek plazma testosteron seviyesine sahip oldukları belirlenmiştir. Buna karşılık yaşlı ve düşük fertilité gösteren horozlarda daha az Leydig hücresi ve daha az plazma testosteron seviyesi söz konusudur. Mevsimsel üreyen türlerde üreme sezonu boyunca ve sezon dışında Leydig hücreleri kıyaslandığında benzer değişimler dikkat çekmiştir (38).

### **7. Kanatlı ve Memelilerde Erkek Üreme Sisteminde Gözlenen Bazı Farklılıklar**

Erkek kanatlıların üreme sistemi memelilere kıyasla daha basit bir yapı gösterir. Bir çift testis ve küçük epididimisler, kloakanın urodeumuna açılan uzun ve sarmallanmış duktus deferensler ve kloakadaki erektil yapılardan oluşur (14).

Kanatlılarda duktus deferensler memelilere kıyasla daha uzundur ve direkt olarak kloakaya açılırlar. Erkek eklenti bezleri kanatlılarda yoktur. Bu yüzden spermadaki (ejekülattaki) seminal plazma miktarı da sınırlı miktardadır (13).

Memelilerde spermlerin depo edildiği ve hareket yeteneğini kazandıkları epididimis, kanatlılarda oldukça kısadır. Kanatlılarda esas sperm depo edilen bölüm ise duktus deferenstir. Buna ek olarak kanatlı spermleri duktus deferenste olgunlaşır ve fertilizasyon yeteneğini kazanırlar. Ayrıca memelilerdeki penisin karşılığı olarak da deve kuşu, kuğu ve kaz gibi hayvanlarda "fallus" adı verilen bir organ söz konusudur ki bu organ da penisten farklı olarak kan ile değil lenfatik sıvı ile erekte olur. Yine önemli bir farklılık olarak semen sıvısı penil üretra olarak adlandırılabilir herhangi bir kanaldan yoksun olduğu için fallusun dış yüzünden akıtılır (36).

Memelilerde ejakulasyondan önce testis, epididimis ve duktus deferens sıvılarını içeren semen sıvısının hem asiditesi yüksek, hem de besin öğelerinden fakir olduğu için içerdiği spermler epididimis ve duktus deferenste infertildirler. Ejakulasyondan hemen önce kanatlılarda bulunmayan eklenik genital bezlerden salgılanan sıvılar pH değerini bir miktar yükselttikleri gibi besin maddelerini de sıvıya eklerler. Yine memelilerde dişi genital kanalında spermlerin plazma membranı üzerinde yer alan ve dekapasitasyon faktörü olarak adlandırılan glikoproteinlerin uzaklaştırılması işlemine kapasitasyon denilmektedir. Kanatlılarda ise spermler duktus deferenste fertilité yeteneği kazanmışlardır (36). Ayrıca memelilerde erkek genital kanalda aylarca yaşayan spermler, ejakulasyondan sonra vücut sıcaklığında bile ancak 24-72 saat kadar yaşayabilirler. Kanatlı spermleri ise dişi genital kanala aktarıldıktan sonra "sperm storage tubul (SST)" ya da "sperm host gland" adı verilen ve uterus-vagina sınırında lokalize olan bezlerde saklanarak günlerce hatta haftalarca fertilizasyon yeteneklerini korurlar (36).



## 8. Kaynaklar

1. Halldin K, Axelsson J, Brunström B. (2005). Effects of endocrine modulators on sexual differentiation and reproductive function in male Japanese quail. *Brain Res Bull.* 65 (3): 211-8.
2. Lintelmann J, Katayama A, Kurihara N, Shore C, Wenzel A. (2003). Endocrine disruptors in the environment. *Pure Appl Chem.* 75 (5): 631-81.
3. Brunström B, Axelsson J, Mattsson A, Halldin K. (2009). Effects of estrogens on sex differentiation in Japanese quail and chicken. *Gen Comp Endocrinol.* 163 (1-2): 97-103.
4. Shimada K. (2002). Sex determination and sex differentiation. *Avian and Poultry Biology Reviews.* 13 (1): 1-14.
5. Berg C, Halldin K, Fridolfsson AK, Brandt I, Brunström B. (1999). The avian egg as a test system for endocrine disruptors: effects of diethylstilbestrol and ethynylestradiol on sex organ develop. *Sci Total Environ.* 233 (1-3): 57-66.
6. Nakabayashi O, Kikuchi H, Kikuchi T, Mizuno S. (1998). Differential expression of genes for aromatase and estrogen receptor during the gonadal development in chicken embryos. *J Mol Endocrinol.* 20 (2): 193-202.
7. Intarapat S, Satayalai O. (2014). Microanatomical study of embryonic gonadal development in Japanese Quail (*Coturnix japonica*). *Anat Res Int.* 2014: 1-9.
8. Smith CA, Sinclair AH. (2004). Sex determination: insights from the chicken. *Bioessays.* 26 (2): 120-32.
9. Chang GB, Chen R, Qin Y, et al. (2012). The development of primordial germ cells (PGCs) and testis in the quail embryo. *Pakistan Vet J.* 32 (1): 88-92.
10. Lambeth LS, Raymond CS, Roeszler KN, et al. (2014). Over-expression of DMRT1 induces the male pathway in embryonic chicken gonads. *Dev Biol.* 389 (2): 160-72.
11. Halldin K. (2005). Impact of endocrine disrupting chemicals on reproduction in Japanese quail. *Domest Anim Endocrinol.* 29 (2): 420-9.
12. Kirby J, Froman D. (2000). Reproduction in Male Birds. (Alınmıştır) *Sturkie's Avian Physiology.* G Whittow (editör). s. 597-615. Academic Press, Hawaii.
13. Van Krey H, 1993. Reproductive Biology in Relation to Breeding and Genetics. (Alınmıştır) *Poultry Breeding and Genetics.* R Cramford (editör). s. 61-87. Elsevier, Amsterdam.
14. Hodges RD. (1974). The histology of the fowl. s. 300-325, Academic Press, London.
15. Kahvecioğlu O, Çalışlar T. (2002). Ürogenital ve Endokrin Sistemi. (Alınmıştır) *Evcil Kuşların Anatomisi.* N Dursun (editör). s. 103-28. Medisan Yayınevi, Ankara.
16. Okpe GC, Nwatu U, Anya K. (2010). Morphometric study of the testes of the Nigerian local breed of chicken. *Anim Res Int.* 7 (2): 1163-8.
17. Birkhead TR, Fletcher F, Pellatt EJ. (1998). Testes asymmetry, condition and sexual selection in birds: an experimental test. *Proc R Soc Lond B Biol Sci.* 265: 1185-9.
18. Elbajory SIA, El Tingari MD, Abdalla PA. (2013). Morphological study of the testis of adult Sudanese duck (*Anas platyrhynchos*). *Int J Anim Veter Adv.* 5 (3): 103-7.
19. Vatsalya V, Arora KL. (2012). Allometric growth of testes in relation to age, body weight and selected blood parameters in male Japanese quail (*Coturnix japonica*). *Int J Poult Sci.* 11 (4): 251-8.
20. Moller AP. (1994). Directional selection on directional asymmetry: testes size and secondary sexual characters in birds. *Proc R Soc Lond Biol Sci.* 258: 147-51.

21. Kimball RT, Ligon JD, Merola-Zwartjes M. (1997). Testicular asymmetry and secondary sexual characters in red jungle fowl. *The Auk*. 114 (2): 221-28.
22. Birkhead TR, Buchanan KL, Devoogd TJ, et al. (1997). Song, sperm quality and testes asymmetry in the sedge warbler. *Anim Behav*. 53 (5): 965-71.
23. Frey R, Goymann W. (2009). A single functional testis and long deferent duct papillae: the peculiar male reproductive tract of the classically polyandrous, sex-role reversed Black Coucal (*Centropus grillii*). *J Ornithol*. 150 (4): 827-38.
24. Mattsson A, Mura E, Brunström B, Panzica G, Halldin K. (2008). Selective activation of estrogen receptor alpha in Japanese quail embryos affects reproductive organ differentiation but not the male sexual behavior or the parvocellular vasotocin system. *Gen Comp Endocrinol*. 159 (2): 150-7.
25. Razi M, Hasanazadeh S, Najafi G, et al. (2010). Histological and anatomical study of the White Rooster of testis, epididymis and ductus deferens. *Int J Vet Res*. 4 (4): 229-36.
26. Erdoğan S, Kılınç M. (2009). Kuşlarda hava keselerinin (sacci pneumatici) morfolojisi ve fonksiyonel özellikleri. *Dicle Üniv Vet Fak Derg*. 2 (3): 51-56.
27. Deviche P, Hurley LL, Fokidis HB. (2011). Avian testicular structure, function, and regulation. *Hormones and Reproduction in Vertebrates*. 4: 27-69.
28. Al-Tememy H. (2010). Histological study of testis in quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Al-Anbar J Vet Sci*. 3(2): 36-44.
29. Akbalık ME, Saruhan BG, Topaloğlu U, Ketani MA. (2016). Kanatlılarda Genital Sistem Histolojisi. *Dicle Üniv Vet Fak Derg*. 2 (5): 73-82.
30. Banks FC, Knight GE, Calvert RC, et al. (2006). Smooth muscle and purinergic contraction of the human, rabbit, rat, and mouse testicular capsule. *Biol Reprod*. 74 (3): 473-80.
31. Aire TA, Ozegebe P. (2007). The testicular capsule and peritubular tissue of birds: morphometry, histology, ultrastructure and immunohistochemistry. *J Anat*. 210 (6): 731-40.
32. Arenas MI, Bethencourt FR, Fraile B, Paniagua R. (1997). Immunocytochemical and quantitative study of the tunica albuginea testis in young and ageing men. *Histochem Cell Biol*. 107 (6): 469-77.
33. Aire TA. (1997). The structure of the interstitial tissue of the active and resting avian testis. *Onderstepoort J Vet Res*. 64: 291-9.
34. Nicholls TJ, Graham GP. (1972). Observations on the ultrastructure and differentiation of Leydig cells in the testis of the Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Biol Reprod*. 6: 179-92.
35. Wei L, Peng KM, Liu H, et al. (2011). Histological examination of testicular cell development and apoptosis in the ostrich chick. *Turk J Vet and Anim Sci*. 35 (1): 7-14.
36. Ergün L. (2011). Erkek Genital Sistem. (Alınmıştır) *Veteriner Özel Histoloji*. A Özer (editör). s. 251-68. Nobel Yayıncılık, Ankara.
37. González-Morán MG, Guerra-Araiza C, Camposb MG, Camacho-Arroyo I. (2008). Histological and sex steroid hormone receptor changes in testes of immature, mature, and aged chickens. *Domest Anim Endocrinol*, 35 (4): 371-79.
38. Rosenstrauch A, Degen AA, Friedlander M. (1994). Spermatozo are tention by sertoli cells during the decline in fertility in aging roosters. *Biol Reprod*. 50: 129-36.

**Yazısma Adresi:**

Araş. Gör. Banu KANDİL  
Siirt Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Histoloji  
ve Embriyoloji Anabilim Dalı,  
E-mail: banukandil@gmail.com