



## ARAŞTIRMA

F.Ü. Sađ.Bil. Vet.Derg.  
2026; 40 (1): 72 - 76  
http://www.fusabil.org

### Kimyasal Kastrasyonda Yüksek Osmolariteli Solüsyonların Testis Üzerine Etkilerinin Histopatolojik Olarak İncelenmesi \*

Canan AKDENİZ İNCİLİ <sup>1, a</sup>  
Hasan AKIN <sup>2, b</sup>  
İbrahim CANPOLAT <sup>2, c</sup>  
Yesari ERÖKSÜZ <sup>1, d</sup>  
Hatice ERÖKSÜZ <sup>1, e</sup>

<sup>1</sup> Fırat Üniversitesi,  
Veteriner Fakültesi,  
Patoloji Ana Bilim Dalı,  
Elazığ, TÜRKİYE

<sup>2</sup> Fırat Üniversitesi,  
Veteriner Fakültesi,  
Cerrahi Ana Bilim Dalı,  
Elazığ, TÜRKİYE

<sup>a</sup> ORCID: 0000-0003-1893-7531  
<sup>b</sup> ORCID: 0000-0001-6563-7561  
<sup>c</sup> ORCID: 0000-0001-7196-5529  
<sup>d</sup> ORCID: 0000-0001-5692-8810  
<sup>e</sup> ORCID: 0000-0002-8407-5792

Geliş Tarihi : 14.01.2026  
Kabul Tarihi : 26.01.2026

#### Yazışma Adresi

Canan AKDENİZ İNCİLİ  
Fırat Üniversitesi,  
Veteriner Fakültesi,  
Patoloji Ana Bilim Dalı  
Elazığ – TÜRKİYE

caincili@firat.edu.tr

Bu çalışmada, yüksek osmolariteli solüsyonların intratestiküler uygulanarak yapılan kimyasal kastrasyonun testis üzerine histopatolojik etkilerinin incelenmesi amaçlanmaktadır. Elli altı Wistar erkek rat 7 gruba ayrıldı (n =8): Grup 1: Kontrol; Grup 2: İntratestiküler %0.9 serum fizyolojik (Sf); Grup 3: İntratestiküler %0.9 serum fizyolojik ile %10 kalsiyum klorür (CaCl<sub>2</sub>); Grup 4: İntratestiküler %20 mannitol (Man); Grup 5: İntratestiküler %20 mannitol ile %10 CaCl<sub>2</sub>; Grup 6: İntratestiküler %20 dekstroz (Deks); Grup 7: İntratestiküler %20 dekstroz ile %10 CaCl<sub>2</sub> enjeksiyon grubu olarak ayrıldı. Altmış gün sonra histopatolojik değişiklikler ve hücre apoptozu yönünden değerlendirildi. Kimyasal kastrasyon için kullanılan yüksek osmolariteli, Deks ve Man grupları histolojik ve apoptotik hücre skorları ile karşılaştırıldığında Sf ve kontrol gruplarına göre daha etkili olduğu görülürken, CaCl<sub>2</sub> ile kombine olarak uygulanan gruplar (% 0.9 Sf+ %10 CaCl<sub>2</sub>, % 20 Mna + %10 CaCl<sub>2</sub>, %20 Deks+ %10 CaCl<sub>2</sub>) enjeksiyonu tüm deneme grupları ile karşılaştırdığında histopatolojik daha etkili olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Kimyasal kastrasyon, mannitol, dekstroz, histopatoloji

#### Histopathological Examination of the Effects of High Osmolarity Solutions on the Testes in Chemical Castration

The present study aims to investigate the histopathological effects of chemical castration performed by intratesticular administration of high-osmolarity solutions on the testes. The study included 56 male Wistar rats, divided into seven groups of eight animals each. Group 1: Control; Group 2: Intratesticular 0.9% saline solution (Sf); Group 3: Intratesticular 0.9% saline solution with 10% calcium chloride (CaCl<sub>2</sub>); Group 4: Intratesticular 20% mannitol (Man); Group 5: Intratesticular 20% mannitol with 10% CaCl<sub>2</sub>; Group 6: Intratesticular 20% dextrose (Dex); Group 7: Intratesticular 20% dextrose with 10% CaCl<sub>2</sub> injection group. Following a period of sixty days, histopathological changes and cell apoptosis were evaluated. When compared to the Sf and control groups, the high-osmolarity, Deks, and Man groups used for chemical castration were found to be more effective in terms of histological and apoptotic cell scores. Groups subjected to treatment with CaCl<sub>2</sub> combinations (0.9% Sf + 10% CaCl<sub>2</sub>, 20% Mna + 10% CaCl<sub>2</sub>, 20% Dex + 10% CaCl<sub>2</sub>) exhibited superior histopathological efficacy in comparison to all other experimental groups.

**Key Words:** Chemical castration, mannitol, dextrose, histopathology

#### Giriş

Kastrasyon, eski çağlardan beri uygulanan, üremenin sonlandırılması için testis dokularının bir kısmının veya tamamının uzaklaştırılmasıdır. Kısırlaştırmanın tarihi tam olarak bilinmese de hayvanların evcilleştirilmesi ile yapılmaya başlandığı varsayılmaktadır (1, 4). Kısırlaştırmak için cerrahi kastrasyon gibi pek çok yöntem bulunmaktadır. Ancak, cerrahi kastrasyonda maliyet, postoperatif bakım zorluğu ve çeşitli komplikasyonların meydana gelmesi gibi dezavantajlar bulunmaktadır (5-7). Cerrahi kastrasyon uygulamalarında oluşan komplikasyonların yaklaşık %5'lik kısmını yara enfeksiyonları oluşturmada, antibiyotik kullanımı maliyeti ve tekrar eden uygulamalara bağlı olarak hayvanların sürekli irrite olmaları hayvan refahı açısından sorun olmaktadır (8).

Kısırlaştırmada Lüteinizan Hormon (LH), Folikül Uyarıcı Hormon (FSH) ve Gonadotropin Salgılatıcı Hormon (GnRH) gibi hormonlarını bloke eden ajanların kullanılması testosteron seviyesinin ve sperm üretiminin azalmasına neden olsa da, etki süresinin sınırlı olması ve döleyebilme yeteneğinin geri kazanılabilme olasılığının olması, uygulamanın tekrar edilmesi ve tekrar edilen uygulamaların yan etkilerinin olabilmesi gibi dezavantajları bulunmaktadır (4, 9-12).

Kimyasal kastrasyon, kimyasal ajanların direkt olarak testis ve epididimise veya deri altı olarak uygulanmasıyla yapılmaktadır (13). Kimyasal kastrasyon konusunda maymun, eşek, buzağı, boğa, koç, teke, hamster, kobay, domuz, tavşan, rat ve fare, köpek ve kedi ile hem çiftlik hem de pet hayvanları üzerinde pek çok araştırma yapılmıştır (14-18). Bu amaçla kullanılan en yaygın kimyasal solüsyonlar arasında

\* Bu çalışma Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (FÜBAP) tarafından VF.21.05 numaralı destek programı tarafından desteklenmiştir.

kalsiyum klorür, laktik asit, sodyum klorür, klorheksidin, formalin, çinko tannat, çinko glukonat, gliserol, glikoz, etanol ve gümüş nitrat yer almaktadır (16).

Bu kapsamda, köpekler ve ratlarda %20'lik NaCl uygulanarak yapılan bir çalışmada klinik ve histopatolojik yönden değerlendirmeler yapılmış, olumlu sonuçları olduğu görülmüş ve cerrahi kısırlaştırmaya tercih edilebileceği belirtilmiştir (5, 16). Bir diğer çalışmada ise ratlara intratestiküler mannitol ve hipertonic sodyum klorür uygulaması sonucunda yapılan kısırlaştırmada etkin olduğu bildirilmiştir (17). Yine, ergin albino ratlar üzerinde yürütülen bir çalışmada bilateral intratestiküler kalsiyum klorür uygulamasından üç hafta sonra, kastrasyon uygulanan hayvanlar dişilerle çiftleştirilmiş ve doğurganlığın tamamen ortadan kalktığı görülmüştür (18). Mevcut çalışmada kimyasal kastrasyonda yüksek osmolariteli solüsyonların tekli ve kombin olarak uygulandığında testis dokuları üzerindeki histopatolojik etkinliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## Gereç ve Yöntem

**Araştırma ve Yayın Etiği:** Bu çalışma, Fırat Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurul'unun 23/12/2020 tarih ve 2020/15 sayılı etik kurul izni alınmıştır.

**Hayvan Deneyi:** Hayvan modeli denemesinde örneklem büyüklüğü G\*Power (versiyon 3.1.9.4) paket programı yardımıyla etki büyüklüğü 0.6, tip 1 hata 0.05 ve %85 güçte, 7 grup ve her grupta 8 hayvan olacak şekilde (n=8), toplam 56 hayvan (N=56) olarak hesaplanmıştır (19, 20). Hayvanlar rastgele seçilmiş 8'erli 7 gruba ayrıldı. Bu gruplar; Grup 1: kontrol, Grup 2: İntratestiküler %0.9 Sf, Grup 3: İntratestiküler %0.9 Sf ile %10 CaCl<sub>2</sub>; Grup 4: İntratestiküler %20 Man; Grup 5: İntratestiküler %20 Man ile %10 CaCl<sub>2</sub>; Grup 6: intratestiküler %20 Deks; Grup 7: İntratestiküler %20 Deks ile %10 CaCl<sub>2</sub> enjeksiyon grubu olarak ayrıldı.

**Histopatolojik İnceleme:** Çalışmanın 60. gününde hayvanlar dekapitasyon işlemi ile ötenazi edilip testis dokuları alındı. Testisler %10'luk tamponlu formaldehit solüsyonu ile tespit edildi. Testisler dorso-ventral pozisyonda trimlenerek, rutin doku takip ve parafin bloklama işlemlerinden sonra rotary mikrotom (Leica RM2125 Wetzlar, Almanya) ile 3-5 mikron kalınlığında kesitler alındı. Kesitler, Leica Autostainer XL (Wetzlar, Almanya) otomatik doku boyama cihazında hematoksin-eozin (21) ve Masson Trikrom (M-TR) (BES-LAB) boyama yöntemleri ile boyandı ve ışık mikroskopunda (Olympus BX43, Tokyo, Japonya) incelendi. Her testis kesitinde yaklaşık 200 tübülüste dejenerasyon ve nekroz özellikleri gösteren tübülüslerin sayıları tespit edildi (22). Gruplar arası farklar istatistiksel olarak karşılaştırıldı.

**Terminal Deoxynucleotidyl Transferase-Mediated Dntp Nick End Labeling (TUNEL) Boyama Yöntemi:** Pozitif şarjlı lamlara alınan doku kesitleri bir

gece 65 °C'de etüvde bekletildi. Daha sonra ksilolde deparafinize edilip, azalan alkol serilerinden geçirilerek dehidre edildi. PBS'te beşer dakika 2 değişimli yıkama işlemi uygulandı. Bu aşamadan sonra kullanıma hazır olan apoptozis kitinde (TUNEL Assay Kit-HRP-DAB, ABCAM) bulunan kimyasallar üretici firmanın önerdiği prosedüre göre kullanıldı. Apoptotik hücreler boyanma özelliklerine göre semi-kantitatif olarak değerlendirildi. Her bir testisin histolojik kesitinden on farklı mikroskop alanındaki apoptotik hücrelerin sayıları tespit edildikten sonra istatistiksel olarak gruplar karşılaştırıldı. Buna göre skorlama; negatif (-), az (+), orta (++) ve şiddetli (+++) şeklinde yapıldı. Skorlar: %0-5 arası (-), %6-25 arası (+), %26-50 arası (++) , %>51 (+++) olarak değerlendirildi (22).

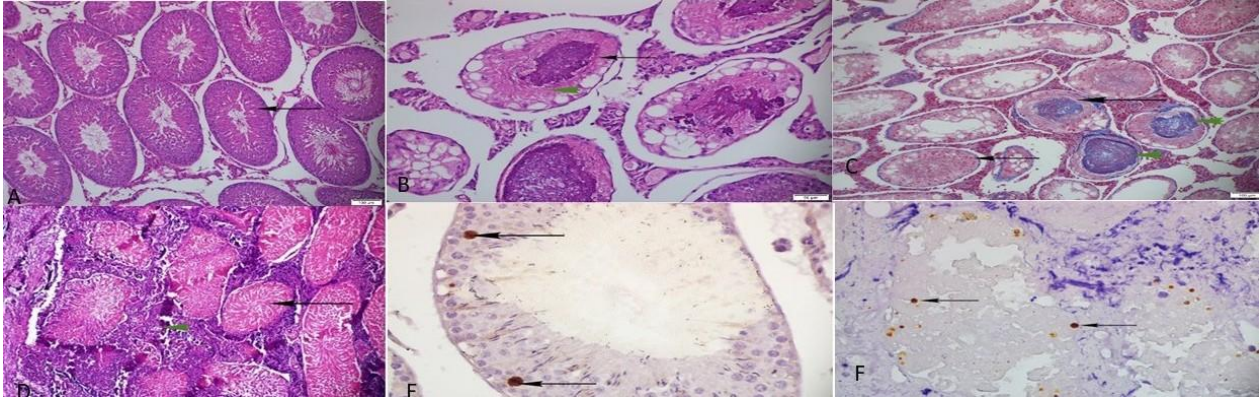
**İstatistiksel Analizler:** Araştırma kapsamında elde edilen tüm verilerin istatistiksel değerlendirmesi IBM SPSS Version 22.0 (IBM Corp. Armonk, NY, U.S.A) analiz programı kullanılarak gerçekleştirildi. Parametrik veriler için Kruskal-Wallis test, gruplar arası ikili karşılaştırmalar için ise *post-hoc* Dunn testi kullanıldı. Önemlilik düzeyi  $p < 0.05$  olarak kabul edildi. Tablolar hazırlanırken veriler Ortalama  $\pm$  Standart Sapma olarak verildi.

## Bulgular

**Klinik Bulgular:** Kimyasal kastrasyon uygulanan hayvanlarda, uygulamayı takiben klinik olarak testislerde 2-3 gün sürede hafif şişlik olduğu görüldükçe, bu sürenin ardından testislerdeki şişliklerin ortadan kaybolduğu görüldü.

**Histopatolojik Bulgular:** Kontrol grubunun testis dokularının normal histolojik görünümde olduğu tespit edildi (Şekil 1A). Tekli gruplarda (Sf, Deks, Man) seminifer tübülüslerde fibrozis, dejenerasyon ve nekroz intersitsiyel alanda lenfositik yangısal reaksiyonların olduğu tespit edildi (Şekil 1B-C). Kombine uygulanan gruplarda (Sf+CaCl<sub>2</sub>, Deks+CaCl<sub>2</sub> ve Man+CaCl<sub>2</sub>), kullanılan ajanların testis tübüllerinde ve sertoli hücrelerinde tam nekroza neden olduğu (Şekil 1D), karyolizis ve aşırı eozinofilik sitoplazmalı tübülüsler ve bazı tübülüslerde nekrozu çevreleyen kalsifikasyonların varlığı görüldü. İnterstitiyel alanda yaygın şiddetli kapsüler fibrozis ile birlikte damarlarda nekroz ve hyalinizasyona rastlandı. Histopatolojik bulguların istatistiksel değerlendirmesinde, kimyasalların kombine şeklinde uygulandığı grupların (Sf+CaCl<sub>2</sub>, Deks+CaCl<sub>2</sub> ve Man+CaCl<sub>2</sub>) benzer histopatolojik skor seviyeleri gösterdiği ve kombin gruplar arasında anlamlı bir fark olmadığı tespit edildi ( $p > 0.05$ ). Tekil gruplar kombine gruplarla karşılaştırıldığında gruplar arasında anlamlı bir fark olduğu tespit edildi (Tablo 1,  $p < 0.05$ ).

**Tünel Boyama Bulguları:** Tüm deneme gruplarında TUNEL pozitif hücreler görüldü (Şekil 1E). Ancak TUNEL pozitif hücrelerin en fazla kombine şeklinde uygulama yapılan gruplarda olduğu dikkati çekti (Şekil 1F, Tablo 1,  $p < 0.05$ ).



**Şekil 1.** A: Kontrol grubu, normal histolojik görünümdeki tübülsler, (ok) H-E. B: Deks grubu, seminifer tübülslerde fibrozis (ok) ve nekroz (ok başı), H-E. C: Man grubu, seminifer tübülslerde fibrozis (ok başları) ve nekroz (oklar), M-TR. D: SF+CaCl<sub>2</sub> grubu, total tübüls nekroz (ok) ve interstisyel yangısal reaksiyon (ok başı), H-E. E: Man grubundaki apoptotik hücreler, TUNEL. F: Man+CaCl<sub>2</sub> grubunda nekrotik kitle içerisinde apoptotik hücreler, TUNEL.

**Tablo 1.** Histopatolojik bulgular ile apoptotik hücre histoskorları

Gruplar	Histopatolojik bulgular	Apoptotik hücre histoskor
	Ort. ± S.S.	Ort. ± S.S.
Kontrol	1.00±0.00 <sup>c</sup>	0.14±0.025 <sup>e</sup>
SF	10.50±2.77 <sup>c</sup>	0.21±0.036 <sup>d</sup>
Deks	34.50±4.32 <sup>b</sup>	0.38±0.033 <sup>c</sup>
MAN	28.37±5.53 <sup>b</sup>	0.44±0.026 <sup>b</sup>
SF + CaCl <sub>2</sub>	200.00±0.00 <sup>a</sup>	2.00±0.00 <sup>a</sup>
Deks + CaCl <sub>2</sub>	200.00±0.00 <sup>a</sup>	2.00±0.00 <sup>a</sup>
MAN + CaCl <sub>2</sub>	200.00±0.00 <sup>a</sup>	2.00±0.00 <sup>a</sup>

<sup>abc</sup>: Aynı sütunda farklı üst simgeleri taşıyan değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ( $p < 0.05$ ).

## Tartışma

Hayvanlarının uysallaştırılması, besicilikte verimin artırılması, döl verimi düşüklüğü gösteren hayvanların damızlık olarak kullanılmaması, bulaşıcı ürogenital sistem hastalıklarının yayılmaması, testislerin derin ve komplike yaralarında, tümöral olgularda ve çeşitli genital organ hastalıklarında, kastrasyon uygulaması kaçınılmazdır (23).

Kuduz, leptospirozis, chagas hastalığı, ekinokok, leishmaniasis gibi zoonoz hastalıkların insanlara taşınmasına vektörlük eden sokak hayvanlarının popülasyonunun hızla artması önemli halk sağlığı sorunları yaratmaktadır (7, 9, 13). Bu sebeplerin yanında, popülasyon kontrolü için de kastrasyon uygulamaları oldukça önemlidir.

Bugüne kadar, kimyasal kastrasyon için birçok ajan denenmiştir. Ancak kastrasyon yönteminin hayvan refahı gözetilerek yapılması ve en az acı ve komplikasyona sebep olan yöntemin tespit edilmesi de oldukça önemlidir. Örneğin, köpeklere, intratestiküler gliserol ve etanolün uygulandığı bir çalışmada uygulamanın beşinci gününde hayvanlarda halsizlik, iştahsızlık, sancı ve testislerde şişlik ve hiperemi

oluştugu belirtilmektedir. Etanol uygulanan grupta iki hayvanda ayrıca fistül ve yaralar oluştuğu görülmüştür (24). Bir diğer çalışmada, köpeklere intratestiküler hipertonic tuzlu su çözeltisi uygulanmış, uygulamadan sonra testislerde iki gün süren bir sertlik ve şişme olduğu gözlemlenmiştir (16). Köpeklere intratestiküler formol uygulamasından sonra bazı hayvanlarda palpasyonda aşırı duyarlılık ve ağrı olduğu, bazı hayvanlarda ağrıya bağlı yürüme zorluğu, histopatolojik incelemede ise testislerde yangısal reaksiyonların yanı sıra, dejeneratif değişiklikler ve testis paranziminde fokal nekroz odaklarının olduğu belirtilmiştir (23). Köpeklere yapılan diğer bir intratestiküler kimyasal kastrasyon çalışmasında, çinko glukonat uygulamasından sonra testislerde 1-2 gün boyunca şişlik görülmüş, histolojik incelemesinde spermatogenik dokularda dejenerasyon, fibrozis, inflamasyon, hemoraji ve multinükleer spermatidlerin varlığı gözlenmiştir (25).

Ratlara intratestiküler mannitol uygulamasından sonra testislerde herhangi bir fistül, ağrı ve yangı belirtisi olmadığı halde, testislerde belli süre sonra kaybolan hafif şişlik, mannitol enjeksiyonunu takiben tübüls depresyon, atrofi, vakuolizasyon, çok çekirdekli dev hücre oluşumu ve testis konjesyonu görülmüştür (17).

Eşeklere intratestiküler kimyasal kastrasyon çalışmasında, CaCl<sub>2</sub> uygulamasından sonra testislerde şişmeyle birlikte orşitis görülmüş ve ancak 2 hafta sonra klinik olarak iyileşmenin gerçekleştiği görülmüştür (26). Eşeklerde yapılan diğer bir çalışmada ise hayvanların testislerinde şişlik oluştuktan beş gün sonra görülen şişliklerin azalmaya başladığı gözlenmiştir. Ayrıca hayvanlarda huzursuzluk ve agresif davranışlar görülmüş, bazı hayvanlarda ise testiste ülserasyon ve fistül oluştuğu, histopatolojik incelemesinde, çok sayıda nötrofil ile az sayıda mononükleer hücrelerden reaksiyon, bağ doku artışı, seminifer tübüls içinde iki veya üç spermatogenik hücre katmanına ulaşan spermatogenezde bir azalma ve tübülsün hiyalinizasyonu ile sonuçlanan skatriks ve farklı derecelerde tübüls çökme ile karakterize atrofik seminifer tübüls görülmüştür (27).

Sığırlara intratestiküler kimyasal kastrasyon konusunda yapılan bir çalışmada,  $\text{CaCl}_2$  uygulamasından sonra testislerde sertlik, histopatolojik olarak ise şiddetli diffüz tübüler nekroz ve değişen derecelerde mononükleer hücre infiltrasyonu olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, intertübüler ödem, fibroz ve kanamaların olduğu ve nekrotik hücrelerin bazılarında deskuamasyon ve kalsifikasyon olduğu görülmüştür (28). Keçilere intratestiküler kimyasal kısırlaştırma yapılan bir çalışmada, intratestiküler  $\text{CaCl}_2$  uygulaması sonrasında testislerde hafif şişlik olduğu görülmüş olmasına rağmen bu şişliğin kademeli olarak azaldığı belirtilmiştir (6).

Mevcut araştırmamızda ratlarda yüksek osmolariteli DekS ve Man uygulanan grupların histolojik olarak değerlendirilmesinde ise seminifer tübülüslerde fibrozis, dejenerasyon, nekroz, lenfositik intersitisyel yangısal reaksiyonlar,  $\text{CaCl}_2$  ile kombine olarak uygulandığı gruplarda testis dokusunun tamamen nekroze olduğu, sağlam tübülüsün kalmadığı ve interstisyel yangısal reaksiyonların olduğu görüldü. Tübülüslerin sadece sınırları mevcut olup karyolizis ve aşırı eozinofilik sitoplazmalı tübülüsler görüldü. Yaygın kapsüler fibrozis ve bazı tübülüslerde nekrozu çevreleyen kalsifikasyonlar görüldü. İnterstisyel

damarlarda nekroz ve hyalinizasyona rastlandı. Tüm gruplarda TUNEL immünoaktivitesi görülürken, apoptotik hücre sayılarının kimyasalların kombine olarak uygulandığı gruplarda immünoaktivitenin yaygınlığının en fazla olduğu görüldü. Kimyasal kastrasyon için kullanılan yüksek osmolariteli DekS ve Man grupları histolojik ve apoptotik hücre skorları ile karşılaştırıldığında Sf ve kontrol gruplarına göre daha etkili olduğu görülürken,  $\text{CaCl}_2$  ile kombine olarak uygulandığı gruplar ise tüm gruplar ile karşılaştırıldığında daha etkili olduğu bulunmuştur.

Araştırma kapsamında elde edilen sonuçlar ülkemizde popülasyonları kontrolsüz bir şekilde artan kedi ve köpeklerin kolay ulaşılabilen kimyasallar ile zaman kaybetmeden basit bir enjeksiyon ile kısırlaştırma gerçekleştirilebileceği, uygun dozlar ile komplikasyonların en aza indirilebileceği, hayvan refahı açısından tek doz uygulama ile geçerli ve etkin bir kısırlaştırma yapmanın mümkün olduğu histopatolojik inceleme sonucu görülmüştür. Sonuç olarak; bu çalışmada kolaylıkla temin edilebilen ve düşük maliyetli yüksek osmolariteli (Deks ve Man) solüsyonların  $\text{CaCl}_2$  ile kombine olarak kullanıldığında ideal bir kimyasal kısırlaştırma yapılabileceği ortaya konulmuştur.

## Kaynaklar

- Samsar E. Köpeklerde scrotal kesenin çıkarılmasıyla yapılan castration. Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi 1978; 25: 36-47.
- Doğan Z, Yönez M, Atalan G, Erol H. Sığırlarda skrotum operasyonları. Türkiye Klinikleri Journal of Medical Sciences 2015; 1: 75-82.
- Altıntaş A. Osmanlı tıbbında kastrasyonlar. Türk Üroloji Dergisi 1983; 9: 183-188.
- Türk G, Ataman O. Erkeklerde kullanılan cerrahi ve cerrahi olmayan kontrasepsiyon yöntemleri. Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Veteriner Dergisi 2016; 30: 67 - 74.
- Jana K, Samanta PK. Sterilization of male stray dogs with a single intratesticular injection of calcium chloride: A dose-dependent study. Contraception 2007; 75: 390-400.
- Jana K, Samanta PK, Ghosh, D. Evaluation of single intratesticular injection of calcium chloride for nonsurgical sterilization of male Black Bengal goats (*Caprahircus*): A dose dependent study. Anim Reprod Sci 2005; 86: 89-108.
- Hassan A, Fromsa A. Review on chemical sterilization of male dogs. Int J Adv Res 2017; 5: 758-770.
- Ibrahim A, Ali MM, Abou-Khalil NS, Ali MF. Evaluation of chemical castration with calcium chloride versus surgical castration in donkeys: Testosterone as an end point marker. BMC Vet Res 2016; 12: 46.
- Bowen RA. Male contraceptive technology for nonhuman male mammals. Anim Reprod Sci 2008; 105: 139-143.
- Driancourt MA, Briggs JR. Gonadotropin-releasing hormone (GnRH) agonist implants for male dog fertility suppression: A review of mode of action, efficacy, safety, and uses. Front Vet Sci 2020; 7: 483.
- Lacoste D, Dubé D, Trudel C, Bélanger A, Labrie F. Normal gonadal functions and fertility after 23 months of treatment of prepubertal male and female dogs with the GnRh agonist [D-Trp6, des-Gly- NH210] GnRH ethylamide. J Androl 1989; 10: 456-465
- Çevik M, Genç MD, Yalçın B. Türkiye Klinikleri dölerme ve suni tohumlama. Çevik M. (Editör) Erkek Hayvanlarda Üremenin Kontrolü (Kontrasepsiyon) ve Çözümüne Yönelik Güncel Yaklaşımlar. 1. Baskı, Ankara: 2019: 49-58.
- Baran A, Özdeş ÖB, Sandal Aİ. Erkek kedi ve köpeklerde üremenin önlenmesi. Türkiye Klinikleri Veterinary Sciences-Obstetrics and Gynecology - Special Topics Journal Identity 2016; 2: 9-18.
- Singh G, Kumar A, Dutt R, Arjun V, Jain VK. Chemical castration in animals, an update. Int J Curr Microbiol App Sci 2020; 9: 2787-2807.
- Başa A, Canpolat I. Chemical sterilization in domestic animals. J Agric Vet Sci 2019; 3: 5-9.
- Canpolat I, Karabulut E, Eröksüz Y. Chemical castration of adult and nonadult male dogs with sodium chloride solution. IOSR J Agri Vet Sci 2016; 9: 9-11.
- Maadi MA, Behfar M, Rasaei A, et al. Chemical castration using an intratesticular injection of mannitol: A preliminary study in a rat model. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences 2021; 45: 519-530
- Jana K, Samanta PK. Evaluation of single intratesticular injection of calcium chloride for nonsurgical sterilization in adult albino rats. Contraception 2006; 73: 289-300.
- Cohen J. Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences. 2nd Edition, Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1988.
- Faul F, Erdfelder E, Lang AG, Buchner A. G\*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences, Behav Res Methods 2007; 39: 175-191.
- Korkak FA, Keskin Alkaç Z, Arkalı G, et al. Co-administration of rifampicin and Boswellia serrata mitigates testicular toxicity caused by aflatoxin B1. Toxicon 2025; 255: 108238.

22. Azad F, Nejadi V, Shalizar-Jalali A, Najafi G, Rahmani F. Antioxidant and anti-apoptotic effects of royal jelly against nicotine-induced testicular injury in mice. *J Environ* 2019; 34: 675-776.
23. Bakır B, Gülyüz F, Karaca F, ve ark. Köpeklerde kimyasal kastrasyon. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Dergisi* 2006; 96: 195-202.
24. Günay C, Sağlıyan A, Yaman İ, Sönmez M, Günay C. Erkek köpeklerde intratestiküler gliserol ve etanol uygulamalarının kısırlaştırma üzerine etkilerinin karşılaştırılması. *Veteriner Cerrahi Dergisi* 2004; 6: 55-60.
25. Rafatmah D, Mogheiseh A, Eshghi D. Chemical sterilization with intratesticular administration of zinc gluconate in adult dogs: A preliminary report. *Basic Clin Androl* 2019; 29: 12.
26. Ali MA, Selem MA, Makady FM, Shehata SH. Calcium chloride castration in donkeys (an experimental study). *Assiut Vet Med J* 1991; 25: 196-202.
27. Ibrahim A, Ali MM, Abou-Khalil NS, Ali MF. Evaluation of chemical castration with calcium chloride versus surgical castration in donkeys: Testosterone as an end point marker. *BMC Vet Res* 2016; 12: 46.
28. Canpolat I, Gür S, Günay C, Bulut S, Eröksüz H. An evaluation of the outcome of bull castration by intratesticular injection of ethanol and calcium chloride. *Revue Med Vet* 2006; 157: 420-425.