



## ST segment depression and elevation: A randomized clinical study

Songül Erdoğan<sup>1,a,\*</sup>, Cansu Balıkcı<sup>1,b</sup>, Hasan Erdoğan<sup>1,c</sup>, Kerem Ural<sup>1,d</sup>

<sup>1</sup>Department of Internal Medicine, Faculty of Veterinary Medicine, Aydın Adnan Menderes University, Aydın, Türkiye

\*Corresponding author

### Research Article

#### History

Received: 03/04/2024

Accepted: 10/10/2024

### ABSTRACT

**Objective:** The ST segment, an important component of ventricular repolarization, covers the period between the end of ventricular depolarization and the beginning of ventricular repolarization. In dogs, ST segment elevation can be caused by myocardial hypoxia, transmural myocardial infarction, pericardial effusion, while its depression can be caused by myocardial hypoxia, hyperkalemia, hypokalemia, subendocardial myocardial infarction or digoxin toxicity. Within this scope, the retrospective evaluation of the presence of ST segment elevation or depression in cases presented to our clinics with signs of heart and circulatory failure was aimed. **Materials and Methods:** Electrocardiography (ECG) was performed in 104 dogs of both sexes, different breeds and ages. In all dogs, ECG was performed manually while the dogs were in the right lateral recumbent position. No animal was anesthetized for this procedure and the animals were kept calm. ECG measurements were recorded by the device. **Results:** Among the 104 dogs, 12 were evaluated within the scope of healthy controls, while ST depression was identified in 3 and ST elevation in 1. ST amplitude was -0.2, -0.21, -0.2 mV in patients with ST depression and +0.15 mV in patients with ST elevation. In healthy dogs, the mean ST amplitude was -0.0325 mV. **Conclusion:** The findings of this study highlight the importance of electrocardiography in detecting ST segment changes in dogs presented to clinics. Future research may focus on integrating these findings into the clinical evaluation process and further investigating the effects of these changes on heart and circulatory health.

**Keywords:** Clinical evaluation, Dogs, Electrocardiography, ST segment.

## ST segment depresyonu ve elevasyonu: Randomize klinik çalışma

#### Süreç

Geliş: 03/04/2024

Kabul: 10/10/2024

#### Copyright



This work is licensed under  
Creative Commons Attribution 4.0  
International License

### Öz

**Amaç:** Ventriküler repolarizasyonun önemli bir bileşeni olan ST segmenti, ventriküler depolarizasyonun sonu ile ventriküler repolarizasyonun başlangıcı arasındaki süreyi kapsamaktadır. Köpeklerde ST segment elevasyonu miyokardiyal hipoksi, transmural miyokard enfarktüsü, perikardiyal efüzyon kaynaklı şekillenebilirken depresyonu miyokardiyal hipoksi, hiperkalemi, hipokalemi, subendokardiyal miyokard enfarktüsü veya digoksin toksisitesinden kaynaklanabilmektedir. Bu kapsamda kliniklerimize kalp ve dolaşım yetmezliğine ait bulgularla getirilen olguların ST segment elevasyonu veya depresyonu varlığının retrospektif olarak değerlendirilmesi amaçlandı. **Gereç ve Yöntem:** Her iki cinsiyetten, farklı ırk ve yaşta 104 köpekte elektrokardiyografi (EKG) işlemi gerçekleştirildi. Tüm köpeklerde EKG işlemi, köpekler sağ lateral yatış pozisyonundayken manuel tutularak gerçekleştirildi. Bu işlem için hiçbir hayvanda anestezi işlemi yapılmadı ve hayvanların sakin kalması sağlandı. EKG ölçümleri cihaz aracılığıyla kaydedildi. **Bulgular:** 104 köpeğin 12 tanesi sağlıklı kontrol kapsamında değerlendirilirken, 3 tanesinde ST depresyonu ve 1 tanesinde de ST elevasyonu belirlendi. ST depresyonu belirlenenlerde ST amplitüdü -0.2, -0.21, -0.2 mV ölçülürken ST elevasyonu belirlenen hastada ST amplitüdü +0.15 mV şeklinde kayıt edildi. Sağlıklı köpeklerde ST amplitüdü ortalama -0.0325 mV şeklinde bulundu. **Sonuç:** Bu çalışmanın sonuçları, kliniğe başvuran köpeklerde ST segment değişikliklerinin belirlenmesinde elektrokardiyografinin önemini vurgulamaktadır. Gelecekteki çalışmalarda, bu bulguların klinik değerlendirme sürecine nasıl entegre edilebileceği ve bu değişikliklerin kalp ve dolaşım sağlığı üzerindeki etkilerinin daha iyi anlaşılması için daha fazla araştırma yapılması önerilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Elektrokardiyografi, Klinik değerlendirme, Köpek, ST segmenti

<sup>a</sup> mail: songultp.09@gmail.com

<sup>c</sup> mail: hasaner.09@gmail.com

<sup>b</sup> ORCID: 0000-0002-7833-5519

<sup>d</sup> ORCID: 0000-0001-5141-5108

<sup>b</sup> mail: cansubalikcii@gmail.com

<sup>d</sup> mail: uralkerem@gmail.com

ORCID: 0000-0002-6261-162X

ORCID: 0000-0003-1867-7143

**How to Cite:** Erdogan S, Balıkcı C, Erdogan H, Ural K (2024) ST segment depression and elevation: A randomized clinical study, Turkish Veterinary Journal, 6(2): 36-41

## Giriş

Elektrokardiyografi (EKG), her kalp döngüsü sırasında kalpte üretilen ortalama elektrik potansiyellerinin vücut yüzeyine yerleştirilen elektrotlarla grafiksel olarak görüntülenmesidir (Santilli ve ark., 2018a; Tilley, 1992a). Yüze elektrokardiyogramı nispeten ucuz, gerçekleştirilmesi kolay, risk teşkil etmeyen ve non-invasiv bir yöntem olduğu için değerli bir tanı testi olarak görülmektedir (Tilley, 1992a).

ST segmenti, hemodinamik açıdan ventriküler sistolü gösterir ve ventriküllerin depolarizasyonunun sona erdiği J noktası ile ventriküler repolarizasyonun başladığı T dalgası arasındaki süreyi kapsar (Chugh & Chugh, 2012; Rautaharju ve ark., 2009; Tilley, 1992b). Elektrofizyolojik olarak ise ST segmenti, hızlı depolarizasyon ve erken repolarizasyondan sonra gelişen faz 2, yani plato fazı ile ilişkilidir. Bu fazda ventriküler miyokard hücrelerinde yavaş ve düzenli bir transmembran voltaj değişikliği meydana gelir ve bu sayede miyokard hücreleri benzer zar potansiyeline ulaşır (Chugh & Chugh, 2012; Rautaharju ve ark., 2009; Tilley, 1992b). Elektrokardiyogramda bu süreç, yatay bir ST segmenti olarak görülür. Ancak voltaj gradyanlarındaki önemli değişiklikler, ST segmentinde varyasyonlara yol açabilir (Chugh & Chugh, 2012; Klabunde, 2017; Rautaharju ve ark., 2009).

Akut miyokardiyal iskemide ortaya çıkan ST değişimleri, zar bütünlüğünde bir kayba ve hücreden hücre dışı bölgeye potasyum sızıntısına neden olarak konsantrasyon gradyanını aşağı doğru hareket ettirilmesiyle ilişkilidir. Sonuç olarak, dinlenme zarı potansiyeli daha az negatif (veya daha fazla pozitif) hale gelmesiyle iskemik olmayan miyokardın geri kalan kısmı, fizyolojik olarak -90 mV olarak ayarlanmış dinlenme membran potansiyeline sahip olmaktadır. Bu, iskemik ve iskemik olmayan kardiyomiyositler arasında bir voltaj gradyanı oluşturarak anormal bir elektrik akımına (hasarın akımı) yol açmaktadır. Diastol sırasında bu akım hücre içinde iskemik bölgeden normal miyositlere doğru akar ve miyositleri depolarize etme eğilimindedir (Chugh & Chugh, 2012; Klabunde, 2017; Rautaharju ve ark., 2009).

ST segment depresyonu başta miyokardiyal iskemi olmak üzere miyokardiyal infarktüs/hasar, hiperkalemi/hipokalemi, ventriküler hipertrofi, iletim bozuklukları ve digitallere bağlı olarak şekillenebilmektedir. ST segment elevasyonu ise başta miyokardiyal infarktüsün önemli bir bulgusu olmakla birlikte; perikarditis, epikardiyal hasar, miyokardiyal hipoksi, ventriküler hipertrofi, iletim bozuklukları ve digoksin toksikasyonunda görülebilmektedir (Yılmaz & Kocatürk, 2010).

Bu çalışmada bağlı bulunduğumuz kuruma 2014-2022, kalp ve dolaşım yetmezliğine ait bulgularla getirilen olguların ST segment elevasyonu/depresyonu varlığının retrospektif olarak değerlendirilmesi amaçlandı.

## Materyal ve Yöntem

### Etik onay

Araştırma retrospektif, rutin hastaneye başvuran köpeklerde gerçekleştirilmiş olup EKG Laboratuvar Hayvanlarının Bakım ve Kullanımı Kılavuzu' na göre insancıl muameleyle tabi tutularak gerçekleştirilmiştir.

Ayrıca araştırma XXX Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu' nun 64583101/2013/060 nolu kararı ile desteklenmiştir.

### Hayvanlar

Bu çalışma, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Küçük Hayvan Kliniği'ne 2014-2022 yılları arasında başvuruda bulunan her iki cinsiyetten, çeşitli ırk ve yaşlardan toplam 116 köpekte gerçekleştirildi. 104 kalp ve dolaşım yetmezliği semptomları gösteren hasta gruptaki köpeklerin 65'i (%62,5) erkek ve 39'u (%37,5) dişi olup yaş ortalamaları ise  $5.5 \pm 2.0$  yaş şeklinde kaydedildi. Hasta grupta değerlendirilen ve ST değişimi görülen 4 köpeğin cinsiyet dağılımının 2'sinin erkek (%50) ve 2'sinin dişi (%50) olduğu, yaş ortalamalarının ise  $6.0 \pm 1.5$  yaş olduğu belirlendi. Sağlıklı kontrol grubunda yer alan 12 köpeğin ise 7'si (%58,3) erkek, 5'i (%41,7) dişi olup, yaş ortalamaları  $5.8 \pm 2.4$  yaş şeklinde tespit edildi.

### Elektrokardiyografi

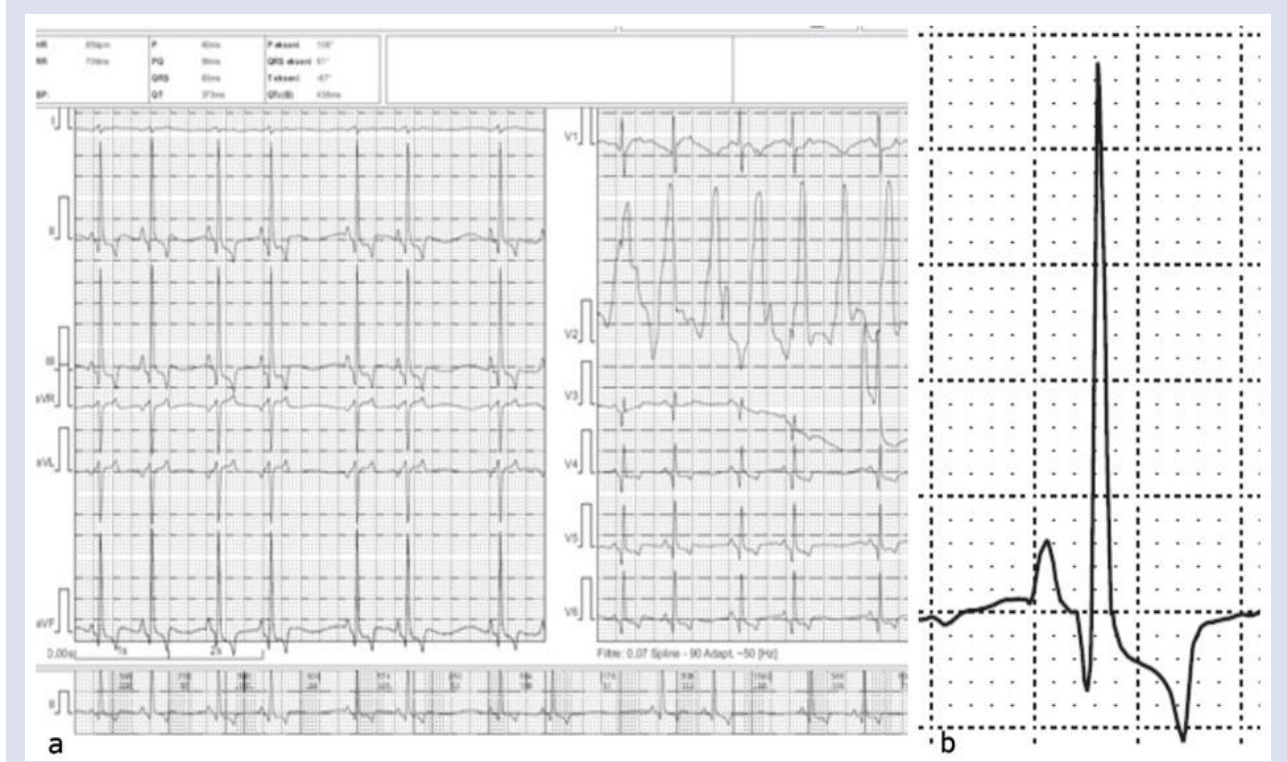
Elektrokardiyografi çekimleri, stres faktörleri minimize edilerek köpekler dinlenme halindeyken; elektrotlar uygun bölgelere yerleştirilerek (Sarı: Sol ön ekstremitte-Articulatio cubiti' nin anterior yüzü/ fleksör angulusu. Kırmızı: Sağ ön ekstremitte-A. cubiti' nin anterior yüzü/ fleksör angulusu. Siyah nötral: Sağ arka ekstremitte-A. genu'nun anterior yüzü. Yeşil: Sol arka ekstremitte-A. genu'nun anterior yüzü. C1: Sağ 5. interkostal aralık-sternum kenarı. C2: Sol 6. interkostal aralık, sternum kenarı. C3: Sol 6., interkostal aralık, C2-C4 arası. C4: Sol 6. interkostal aralık, kosta kondral birleşim. C5 ve C6: Sol 6. interkostal aralığın dorsali, C3-C4 arası.) fakülte bünyesinde bulunan 12 kanallı EKG cihazı (BTL-08 MT plus®, BTL, Türkiye) ile 1 mV/cm amplitüdünde ve 50 mm/sn hızında kayıt altına alındı. Ölçümler, EKG kayıtlarının dijital ortama aktarılmasını takiben; rezolüsyonu yüksek bir monitörde, her bir vakanın ölçümleri ayrı ayrı araştırmaya dahil olan ekip tarafından gerçekleştirildi.

ST segmenti özelliklerinin tümü derivasyon II' de değerlendirildi. J noktası (yani, R dalgasının inen dalı veya varsa S dalgasının yükselen dalı ile taban çizgisi arasındaki kesişme noktası) ST segmentinin başlangıç noktası olarak; T dalgasının başlangıç noktası ise ST segmentinin bitiş noktası olarak kullanıldı. ST segmenti şu kriterlere göre değerlendirildi: 1) ST segment deviasyonu varlığı/yokluğu, 2) ST deviasyonu tipi (depresyon/elevasyon), 3) ST depresyon tipi (yukarı eğimli/aşağı eğimli/horizontal), 3) ST segment elevasyonu tipi (konkav/konveks/horizontal). ST segmenti başlangıcı olan J noktası, izoelektrik hattan kaydığında; amplitüdü ölçülerek  $<-0.2$  mV olduğunda ST segment depresyonu,  $> 0.15$  mV olduğunda ST segment elevasyonu olarak kabul edildi. ST segment depresyonu tipi J noktasından sonra ST segmentinin eğimine göre yukarı eğimli, aşağı eğimli veya horizontal olarak tanımlandı. ST segment elevasyonu tiplendirmesi de aynı metotla konkav, konveks veya horizontal olarak tanımlandı.

## Bulgular ve Tartışma

Elektrokardiyografisi yapılan toplam 116 köpeğin 104'ü çeşitli şikayetlerle gelen hasta, 12'si ise sağlıklı kontrol grubu olarak değerlendirildi. Elektrokardiyografi yapılan 104 hasta köpekten yalnızca 3'ünde ST depresyonu (Resim 1-3) ve 1'inde ST elevasyonu (Resim 4) tespit edildi. Köpeklerde II., III. ya da aVF derivasyonlarında 0,2 mV üzerindeki ST segmenti değişimleri depresif olarak kabul edildiği göz önüne alındığında üç olgunun birinde miyokardiyal hipoksi

birinde hiperkalemi belirlenirken birinde etiyoloji belirlenemedi. Her 3 olguda ortak özellik olarak sub-endokardiyal miyokardiyal infarktüs ya da digoksin toksitesi mevcut değildi. Yine olguların ortak özelliği olarak olguların hiçbirisi evelden ilaç kullanımına sahip değildi. ST segment elevasyonu olan bir köpekte ayrıca gerçekleştirilen ekokardiyografik muayene perikardiyal efüzyon etiyolojik tabanlı tanı olarak değerlendirildi. Sağlıklı köpeklerin hiçbirisinde retrospektif olarak herhangi bir hastalık bulunmamaktaydı. Çalışma dahil edilen sağlıklı ve ST değişimi tespit edilen dört köpeğe ait ST segment eğilimleri Çizelge 1'de gösterildi.



Resim 1. Aşağı eğimli ST depresyonu bulunan 1. Vaka. a) 12. Kanallı EKG görüntüsü, b) ST depresyonu (ST amplitüdü: -0.2 mV)

Figure 1. Case 1 with downward sloping ST depression. a) 12th channel ECG image, b) ST depression (ST amplitude: -0.2 mV)



Resim 2. Yukarı eğimli ST depresyonu belirlenen 2. Vaka. a) 12. Kanallı EKG görüntüsü, b) ST amplitüdü: -0.21 mV

Figure 2. Case 2 with upward sloping ST depression. a) 12th channel ECG image, b) ST amplitude: -0.21 mV



Resim 3. Aşağı eğimli ST depresyonu belirlenen 4. Vaka 25,00 mm/sec 5,0 mm/mV EKG görüntüsü ve kesiti (ST amplitüdü: -0.2 mV).  
Figure 3. ECG waveform of 4.th case determined downsloping ST segment depression at 25,00 mm/sec 5,0 mm/mV (ST amplitüdü: -0.2 mV)



Resim 4. Konkav ST elevasyonu belirlenen 3. Vaka (ST amplitüdü: +0.15 mV)  
Figure 4. Case 3 with concave ST elevation (ST amplitüdü: +0.15 mV)

Çizelge 1. Çalışmadaki sağlıklı ve ST değişimi görülen köpekler için ST amplitüdünde (mV) değişimleri  
 Table 1. ST amplitude (mV) variations in healthy dogs and those with observed ST changes in the study

Vakalar	ST amplitüdü ± SP (mV)	
	Sağlıklı	Hasta*
1	-0.03	-0.2
2	0	-0.21
3	+0.02	-0.2
4	-0.03	+0.15
5	-0.03	
6	-0.03	
7	-0.06	
8	-0.05	
9	-0.01	
10	-0.04	
11	-0.02	
12	-0.11	
<b>Ortalama</b>	<b>-0.0325 ± 0.02</b>	<b>-0.19 ± 0.02</b>

ST segment oluşumunun fizyolojisi hakkında elde edilecek bilgiler, pratiğe dönük sonuçları anlamak adına temel bir ön koşulu temsil etmektedir. Beşeri hekimlikte ST segmentinin yorumlanmasına dair ayrıntılı veriler ile karşılaştırılırken veteriner hekimliği alanında sınırlı sayıda araştırma bulunmaktadır (Ezaki ve ark., 2010). Bu retrospektif çalışma ile kliniğimize kalp ve dolaşım yetmezliğine ait bulgularla başvuran köpeklerde ST segment elevasyonu/depresyonu varlığının değerlendirilmesi amaçlandı.

ST segment değişiminin incelendiği ve referans aralıkların belirlenmesi amacıyla sağlıklı köpeklerde yapılan bir retrospektif çalışmada 180 köpeğin 36'sında ST segment depresyonu, 7'sinde ise ST segment elevasyonu saptanmıştır (Romito ve ark., 2022). Yine aynı çalışmada ortalama depresyon amplitüdü 0.1 (0.05- 0.3) mV, ortalama elevasyon amplitüdü 0.136 ± 0.055 mV şeklinde tespit edilmiştir (Romito ve ark., 2022). Deviyasyon amplitüdü -0.2 mV'dan düşükse, ST segment depresyonu; 0.15 mV'dan yüksekse, ST segment elevasyonu olarak tanımlanmaktadır (Romito ve ark., 2022; Yılmaz & Kocatürk, 2010). ST segment depresyonu köpeklerde yaygın görülen bir bulgudur ve ST elevasyonuna göre daha sık gözlemlenmektedir (Romito ve ark., 2022). Çalışmamızda sağlıklı köpeklerde ST amplitüdü ortalama 0.03 mV olarak belirlenmiştir. Benzer şekilde kalp ve dolaşım yetmezliği bulgularına sahip 104 köpeğin 3'ünde ST segment depresyonu (-0.2 mV), 1'inde ise ST segment elevasyonu (+0.15 mV) saptanmıştır.

Kardiyak veya non-kardiyak hastalıklar (Santilli ve ark., 2018b; Tilley, 1992b), bazı ilaçların komplikasyonu (Khurana ve ark., 2014) ve elektrolit anormallikleri (Santilli ve ark., 2018b; Tilley, 1992b) nedeniyle meydana gelen miyokardiyal hasarda EKG'ye yansıtılabilecek olan ST segment değişiklikleri; ventriküler repolarizasyon anormalliklerinin erken tanımlanması için önem arz etmektedir (Romito ve ark., 2022). Benzer şekilde yaş, cinsiyet, etnik köken ve fiziksel eğitim gibi faktörlerin

sağlıklı insanlarda ST segment amplitüdünü etkileyebileceği ifade edilmektedir (Ezaki ve ark., 2010; Surawicz & Parikh, 2002). Bu sebeple de beşeri hekimlikte miyokard iskemisini taklit edebilecek anormal varyantlardan dolayı ST segment değişimlerinin bireysel özellikler dikkate alınarak da yorumlanmasının uygun olduğu bildirilmiştir (Lucaci, 2022). Beşeri verilerin aksine sağlıklı köpeklerde cinsiyet, canlı ağırlığı, yaş ve somatotipin ST segment değişimi üzerine bir etkisi olmadığı Romito ve ark. (2022)'de gösterilmiştir. Bununla birlikte, köpeklerde, yüzey elektrokardiyogramındaki ST segment değişikliklerinin büyüklüğünü, miyokardiyal hasarın ekokardiyografik kanıtları ve serum kardiyak troponin I ölçümleri gibi insan alanında yapılan diğer testlerle doğru bir şekilde ilişkilendirmek için daha ileri çalışmalara ihtiyaç vardır. Araştırmamızdaki ST segment amplitüdündeki değişimlerin tür ilişkili farklılıklardan mı yoksa ST segment sapması gösteren nispeten sınırlı sayıda köpekten mi kaynaklandığı kesin olarak tespit edilememiştir. Elde edilen verilerin değerlendirilmesinde ST segment sapması olan daha fazla sayıda deneği içeren araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Köpeklerde J noktasına göre ST segmentinin ölçümüne ilişkin kesin kılavuzların yokluğunda, J noktasından olan mesafeye bakılmaksızın maksimal ST segment amplitüd noktası dikkate alınarak araştırmamızda ölçüm yapılmıştır. Köpeklerde J dalgaları fizyolojik koşullar altında olduğu kadar miyokardiyal iske mi, hipotermi veya hiperkalsemi gibi hastalık durumlarında da ortaya çıkabilmektedir (Agudelo & Schanilec, 2015). Bununla birlikte, çalışmamızdaki hiçbir hastanın J noktasını veya ST segment analizini etkileyen görünür J dalgalarına dair sonuç elde edilmemiştir.

Araştırmamızda bazı sınırlayıcı faktörler söz konusudur. Retrospektif olarak planlanan araştırmada hastalara ait ekokardiyografik incelemeleri etkileyebilecek laboratuvar analizlerin olmaması (elektrolit değişimleri, kardiyak belirteçler vb.), Bununla birlikte, elektrokardiyogram sırasında tipik fiziksel (örn. körlük, merkezi olarak lokalize nörolojik belirtiler) ve ekokardiyografik (örn. sol ventrikül duvar kalınlaşması) belirtilerin olmaması nedeniyle, orta/şiddetli sistemik hipertansiyonu olan köpeklerin yanlışlıkla kaydedilmesi pek olası değildir (Acierno ve ark., 2018). Hafif sistemik hipertansiyon söz konusu olduğunda, bu durum bazen klinik/ekokardiyografik olarak gizli olabilese de ilgili elektrokardiyografik değişikliklere neden olması muhtemel değildir (Cortadellas ve ark., 2006).

## Sonuç

Bu araştırma sonuçları kalp ve dolaşım bozukluğuna sahip köpeklerde ST segmentinin detaylı açıklaması, klinik uygulamalar ve gelecekteki ventriküler repolarizasyon araştırmaları için önveri sunmaktadır.

## Çıkar Çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

## Kaynaklar

- Acierno, M. J., Brown, S., Coleman, A. E., Jepson, R. E., Papich, M., Stepien, R. L., & Syme, H. M. (2020). ACVIM consensus statement: guidelines for the identification, evaluation, and management of systemic hypertension in dogs and cats. *Journal of Japanese Association of Veterinary Nephrology and Urology*, 12(1), 30-49. [https://doi.org/10.24678/javnu.12.1\\_30](https://doi.org/10.24678/javnu.12.1_30)
- Agudelo, C. F., & Schanilec, P. (2015). The canine J wave. *Veterinární Medicína*, 60(4), 208.
- Chugh SN & Chugh K. (2012). Myocardial infarction. In: *Textbook of Clinical Electrocardiography*. (3rd ed., pp. 193-210). New Delhi, India: Jaypee Brothers Medical Publisher Ltd.
- Cortadellas, O., del Palacio, M. J. F., Bayón, A., Albert, A., & Talavera, J. (2006). Systemic hypertension in dogs with leishmaniasis: prevalence and clinical consequences. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 20(4), 941-947. <https://doi.org/10.1111/j.1939-1676.2006.tb01809.x>
- Ezaki, K., Nakagawa, M., Taniguchi, Y., Nagano, Y., Teshima, Y., Yufu, K., Takahashi, N., Nomura, T., Satoh, F., Mimata, H., & Saikawa, T. (2010). Gender Differences in the ST Segment—Effect of Androgen-Deprivation Therapy and Possible Role of Testosterone—. *Circulation Journal*, 74(11), 2448-2454. <https://doi.org/10.1253/circj.CJ-10-0221>
- Khurana, A., Kumar, A., Sharma, S.K., & Kumar, A. (2014). Electrocardiographic and hemato-biochemical effects of two balanced anesthetic protocols in dogs. *Veterinary World*, 7(10), 2231-916. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2014.835-841>
- Klabunde, R. E. (2017). Cardiac electrophysiology: normal and ischemic ionic currents and the ECG. *Advances in Physiology Education*, 41(1), 29-37. <https://doi.org/10.1152/advan.00105.2016>
- Lucaci, L. (2022). ST Segment Elevation. *Romanian Journal of Cardiology*, 32(2), 47-78. DOI: <https://doi.org/10.2478/rjc-2022-0014>
- Perego, M., Skert, S., & Santilli, R. A. (2014). Analysis of the atrial repolarization wave in dogs with third-degree atrioventricular block. *American Journal of Veterinary Research*, 75(1), 54-58. <https://doi.org/10.2460/ajvr.75.1.54>
- Rautaharju, P. M., Surawicz, B., & Gettes, L. S. (2009). AHA/ACCF/HRS recommendations for the standardization and interpretation of the electrocardiogram: part IV: the ST segment, T and U waves, and the QT interval: a scientific statement from the American Heart Association Electrocardiography and Arrhythmias Committee, Council on Clinical Cardiology; the American College of Cardiology Foundation; and the Heart Rhythm Society: endorsed by the International Society for Computerized Electrocardiology. *Journal of the American College of Cardiology*, 119(10):241-250. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2008.12.014>
- Romito, G., Castagna, P., Pelle, N. G., Testa, F., Sabetti, M. C., & Cipone, M. (2022). Retrospective evaluation of the ST segment electrocardiographic features in 180 healthy dogs. *Journal of Small Animal Practice*, 63(10), 756-762. <https://doi.org/10.1111/jsap.13532>
- Santilli, R., Moïse, N. S., Pariaut, R., & Perego, M. (2018a). Formation and interpretation of the electrocardiographic waves. In: *Electrocardiography of the Dog and Cat: Diagnosis of Arrhythmias* (2nd ed., pp. 51-52). Edra SpA.
- Santilli, R., Moïse, S. N., & Pariaut, R. (2018b). Electrocardiographic changes secondary to systemic disorders and drugs. In: *Electrocardiography of the Dog and Cat: Diagnosis of Arrhythmias* (2nd ed., pp. 314). Milan, Italy: Edra.
- Surawicz, B., & Parikh, S. R. (2002). Prevalence of male and female patterns of early ventricular repolarization in the normal ECG of males and females from childhood to old age. *Journal of the American College of Cardiology*, 40(10), 1870-1876.
- Tilley, L.P. (1992a) Principles of electrocardiographic recording. In: *Essentials of Canine and Feline Electrocardiography: Interpretation and Treatment* (3rd ed., pp.21-39). Philadelphia, PA, USA: Lippincott Williams & Wilkins.
- Tilley, L.P. (1992b). Analysis of canine P-QRS-T deflections. In: *Essentials of Canine and Feline Electrocardiography: Interpretation and Treatment* (3rd ed., pp. 55-59). Philadelphia, PA, USA: Lippincott Williams & Wilkins.
- Yılmaz, A. & Kocatürk, M. (2010). Köpek ve Kedilerde Elektrokardiografi (1st ed., pp. 135-136). Ankara: Nobel Tıp Kitabevleri.