



doi 10.33188/vetheder.1627697

Araştırma Makalesi / Research Article

Parvoviral enteritisli köpeklerde sepsis ve SİYS'e bağlı miyokardiyal fonksiyon değişikliklerinin ekokardiyografik değerlendirilmesi**

Kadir SEVİM^{1,a*}, Mehmet Kazım BÖRKÜ^{2,b}

¹ Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi İç Hastalıkları Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

² Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi İç Hastalıkları Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

0000-0002-1959-1010 ^a; 0000-0002-5621-1208 ^b

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFORMATION:

Geliş / Received:

27 Ocak 25
27 January 25

Revizyon/Revised:

19 Mart 25
19 March 25

Kabul / Accepted:

15 Nisan 25
15 April 25

Anahtar Sözcükler:

Benek takibi
ekokardiyografi
Köpek parvovirus
Sepsis
SİYS

Keywords:

Canine parvovirus
Sepsis
SIRS
Speckle tracking
echocardiography

ÖZET:

Bu çalışmada, parvoviral enteritisli köpeklerde sepsis ve SİYS'e bağlı miyokardiyal fonksiyon değişiklikleri ile standart ekokardiyografi ve iki boyutlu benek takibi ekokardiyografi (2DBTE) yöntemlerinin etkinliği karşılaştırılmıştır. Bulguların, kardiyak komplikasyonların erken teşhisine katkı sağlaması amaçlanmıştır. Çalışmaya, CPV enfeksiyonu teşhisi konulan ve SİYS kriterlerinden en az ikisini gösteren 16 yavru köpek (Grup A) ile sağlıklı 16 yavru köpek (Grup B) dâhil edildi. Grup A ve Grup B'de bulunan köpeklerden bir kez kan alınarak hematolojik muayene gerçekleştirildi. Her iki gruptaki yavru köpeklerde standart ekokardiyografi ve 2DBTE uygulandı. 2DBTE ile sol ventrikül radyal gerilimi ve gerilim hızını belirlemek için görüntüler kaydedildi ve çevrimdışı analiz edildi. Grup A ve Grup B'nin radyal gerilim ve gerilim hızları kıyaslandığında istatistiksel olarak anlamlı bir farka rastlanmadı. Ancak Grup A'da ölen hayvanların sağlıklı hayvanlara kıyasla daha düşük radyal gerilim değerlerine sahip olduğu belirlendi. Standart ekokardiyografi ile belirlenen ejeksiyon fraksiyonunun (EF) ve fraksiyonel kısalmanın (FS) gruplar arasında fark oluşturmadığı görüldü. Sepsis ve SİYS görülen parvoviral enteritisli yavru köpeklerde sol ventrikül fonksiyonlarının etkilendiği ve bu fonksiyonların değerlendirilmesinde standart ekokardiyografi ile 2DBTE metodunun da kullanılması gerektiği kanısına varıldı.

Echocardiographic evaluation of myocardial function changes due to sepsis and SIRS in dogs with parvoviral enteritis

ABSTRACT:

In this study, the effectiveness of conventional echocardiography and two-dimensional speckle tracking echocardiography (2DSTE) methods were compared with changes in myocardial function due to sepsis and SIRS in dogs with parvoviral enteritis. The findings are aimed to contribute to the early diagnosis of cardiac complications. The study included 16 puppies diagnosed with CPV infection and meeting at least two of the SIRS criteria (Group A) and 16 healthy puppies (Group B). Blood sample was taken once from the dogs in Group A and Group B, and whole blood analysis was performed. Standard echocardiography and 2DSTE were performed to the puppies in both groups. Images were recorded and analyzed offline to determine left ventricular radial strain and strain rate with 2DSTE. When the radial strain and strain rate of Group A and Group B were compared, no statistically significant difference was found. However, it was determined that animals that died in Group A had lower radial strain values compared to healthy animals. Ejection fraction (EF) and fractional shortening (FS) determined by standard echocardiography did not differ between the groups. It was concluded that left ventricular functions are affected in puppies with parvoviral enteritis with sepsis and SIRS, and the 2DSTE method should be used together with standard echocardiography in the evaluation of these functions.

©2025 The Authors.
Published by Veteriner
Hekimler Derneği. This is
an open access article
under CC-BY-NC license.
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>)



How to cite this article: Sevim K, Borkü MK. Parvoviral enteritisli köpeklerde sepsis ve SİYS'e bağlı miyokardiyal fonksiyon değişikliklerinin ekokardiyografik değerlendirilmesi. Vet Hekim Der Derg. 2025; 96(2):101-111

* Sorumlu Yazar e-posta adresi / Corresponding Author e-mail address: ksevim@ankara.edu.tr

**''Parvoviral enteritisli köpeklerde kalp kası fonksiyonlarının ekokardiyografi ile değerlendirilmesi'' isimli doktora tezinden özetlenmiştir.

1. Giriş

Canine parvovirus (CPV) enfeksiyonu köpeklerde yaygın olarak görülen önemli viral bir hastalıktır (1). Köpeklerde klasik parvoviral enteritisten sorumlu etken Canine parvovirus tip 2 (CPV-2)'dir (2). Virus intestinal kript, timus, lenf yumruları ve kemik iliği prekürsör hücreleri gibi hızlı bölünen hücrelerde yıkıma neden olur. Bunun sonucunda intestinal mukozal bariyerin bozulması, villöz atrofi, malabsorbsiyon, lökopeni (özellikle nötropeni ve/veya lenfopeni), diyare, kusma, şiddetli dehidrasyon/hipovolemi, metabolik asidoz (veya alkaloz) ve bakteriyel translokasyon görülebilir (2,3). Ölüm genellikle sepsisemi, endotoksemi, sistemik inflamatuvar yanıt sendromu (SİYS), yaygın intravasküler koagülasyon (DIC) ve çoklu organ yetmezliğinden kaynaklanmaktadır (4,5).

Miyokardiyal hücreler prenatal dönem ve doğumdan sonraki ilk birkaç haftalık dönemde hızlı bölünürler ve bu dönemde CPV için hedef oluştururlar. Miyokarditis şekillenen yavruarda ani ölüm görülmektedir (1). Miyokarditis sadece parvoviral enteritise bağlı değil aynı zamanda sepsis sonucu da oluşabilir. Bunun nedeninin multifaktöriyel olduğu düşünülmektedir (6,7,8). Miyokarditiste akut devreyi atlatan köpeklerde ilerleyen yaşlarda dilate kardiyomiyopati (DCM) ve konjestif kalp yetmezliği (CHF) gibi kronik kardiyak kalp hastalıkları görüldüğü bildirilmiştir (9,10,11). Mortalite yavru köpeklerde yüksek olabirirken (yaklaşık %70) erişkin köpeklerde %1'den daha azdır (3).

Sistemik inflamatuvar yanıt sendromu enfeksiyöz ya da nonenfeksiyöz nedenlerle (kanser, bağışıklık aracılı hastalıklar, diyabetik ketoasidozis gibi) ortaya çıkan geniş çaplı inflamatuvar bir yanıttır. Köpeklerde SİYS'ten söz edilebilmesi için Tablo 1'de belirtilen ölçütlerden iki veya daha fazlasının birlikte olması gerekmektedir (12). Sepsis, enfeksiyona karşı gelişen SİYS'tir ve konakçının enfeksiyona verdiği aşırı ve düzensiz tepki sonucu oluşan organ disfonksiyonunu ifade etmektedir (13,14). Sepsis sırasında dolaşıma geçen bakteriler direkt veya toksinleri aracılığı ile SİYS'i tetikler, bu durum çoklu organ yetmezliğine kadar giden patolojik olayları başlatır. Patolojik mekanizmaların aktivasyonu sonucunda ortaya çıkan endotel hasarı, kapiller permeabilite artışı, kanın mikro dolaşımda göllenmesi ve dolaşımdaki kan hacminin azalması çoklu organ yetmezliği, şok ve ölüme neden olmaktadır (15,16,17). Parvoviral enteritisin de köpeklerde sepsise neden olduğu bilinmektedir (12,18,19) ve ölüm çoğunlukla sepsisin neden olduğu komplikasyonlardan kaynaklanmaktadır (19). Sepsis şekillenen köpeklerde ölüm oranının ise %20-68 olduğu bildirilmiştir (20).

Tablo 1: Sistemik inflamatuvar yanıt sendromunun kriterleri

Table 1: Criteria for systemic inflammatory response syndrome

Parametre	Kriter
Vücut sıcaklığı (°C)	< 37,8 °C ya da > 39,4°C
Kalp frekansı (dk)	> 140/dk
Solunum frekansı (dk)	> 20/dk
Lökosit sayısı (WBC) ($\times 10^9$ /L)	< 6,0 ya da > 16,0
Band nötrofil (%)	> %3

*Alves F, Prata S, Nunes T, Gomes J, Aguiar S, Aires Da Silva F, et al. Canine parvovirus: a predicting canine model for sepsis. BMC Vet Res BioMed 2020;16:1–11.

Sepsisin komplikasyonu olarak ortaya çıkan miyokardiyal disfonksiyon insanlarda ölümlerin başlıca sebebi olarak görülmektedir (21). Yoğun bakım ünitelerindeki kritik hastalarda prevalans %10-70'tir (22). Septik miyokardiyal disfonksiyonun kesin bir tanımı olmasa da sepsis sonucunda sağ ve sol ventriküllerde şekillenen, geri dönüşümlü, sistolik ve diyastolik fonksiyon bozukluğu olarak ifade edilebilir (23). Parvoviral enteritisli köpeklerde %38 oranında görülebilen miyokardiyal hasarın bu hastalıkta ölümlerin ana nedenlerinden olduğu

düşünülmektedir(24). Naseri ve ark.'a (17) göre sepsis ile indüklenen kardiyomiyopati, sitokin fırtınası, mitokondriyal disfonksiyon ve azalmış kalsiyum duyarlılığı gibi çeşitli patofizyolojik mekanizmalar sonucunda oluşmaktadır. Bu mekanizmaların parvoviral enteritisli sepsisli köpeklerde de benzer şekilde miyokardiyal disfonksiyona neden olması muhtemeldir.

Parvoviral enteritisli köpeklerde gelişen sepsis ve sistemik inflamatuvar yanıt sendromu (SİYS), sol ventrikül sistolik fonksiyonlarında bozulmaya yol açarak miyokardiyal hasarı artırır. İki boyutlu benek takibi ekokardiyografi (2DBTE) yöntemi sol ventrikül fonksiyonlarındaki değişiklikleri standart ekokardiyografik değerlendirmelere kıyasla daha hassas bir şekilde tespit edebilir. 2DBTE miyokardın belirli bölgelerine yerleştirilen benek desenlerinin kardiyak siklus boyunca hareketini analiz ederek gerilim (strain) ve gerilim hızı (strain rate) ölçümlerini sağlayan güncel bir ekokardiyografik metottur (25).

Bu çalışmanın amacı, parvoviral enteritisli köpeklerde sepsis ve SİYS'ye bağlı miyokardiyal fonksiyon değişikliklerini belirlemek ve bu değişikliklerin tespitinde standart ekokardiyografi ile 2DBTE yöntemlerinin etkinliğini karşılaştırmaktır. Bu doğrultuda, sağlıklı ve hasta köpeklerde sol ventrikül radyal gerilim ve gerilim hızları değerlendirilecek ve miyokardiyal fonksiyon bozuklukları araştırılacaktır. Elde edilen verilerin, parvoviral enteritisli köpeklerde kardiyak komplikasyonların erken teşhisi ve uygun tedavi stratejilerinin geliştirilmesine katkı sağlaması hedeflenmektedir.

2.Gereç ve Yöntem

Hayvan Materyali

Çalışmada hayvan hastanesine getirilen 4-16 haftalık yaşta, immunokromatografik analiz (Bionote Anigen Hızlı CPV test kiti, Sensitivite %100, Spesifite %98.8), klinik bulgular (halsizlik, iştahsızlık, kusma, kanlı ishal gibi) ve hemogram bulguları sonucu CPV enfeksiyonu tanısı konulan ve SİYS kriterlerinin (Tablo 1) iki veya daha fazlasını gösteren, daha önce tedavi uygulanmamış çeşitli ırk ve cinsiyette sahipli 16 hasta yavru köpek (Grup A) ile herhangi bir hastalık şikâyeti bulunmayan, yapılan klinik, hematolojik ve parazitolojik muayeneler sonucu sağlıklı olduğu belirlenen 4-16 haftalık yaşta, çeşitli ırk ve cinsiyette sahipli 16 sağlıklı yavru köpek (Grup B) olmak üzere toplam 32 yavru köpek kullanıldı.

Klinik Muayene ve Laboratuvar Analizleri

Köpeklerin kliniğe getirildikleri ilk gün vücut sıcaklıkları (°C), kalp ve solunum frekansları (frekans/dk) belirlendi ve fiziksel muayeneleri (kapiller dolum zamanının belirlenmesi, mukozaların kontrolü ve oskültasyon) yapıldı. Parazitolojik olarak dışkı muayenesi negatif köpekler (Grup A ve Grup B) çalışmaya dâhil edildi. Her iki gruptaki köpeklerin *vena cephalica antebrachii*'lerinden etilen diamin tetra asetik asit (EDTA) içeren tüplere alınan 1 ml kan örneğinde EXIGO VET otomatik kan hücre sayım cihazı ile hematolojik analiz gerçekleştirildi. Grup A'daki köpeklerden alınan rektal swap numunelerinde hızlı test kiti pozitif olan (parvovirus antijeni pozitif), klinik ve laboratuvar bulguları CPV ile uyumlu köpeklerde SİYS kriterleri (Tablo 1) değerlendirildi. İki ya da daha fazla kriterin bir arada bulunması SİYS olarak kabul edildi ve bu köpekler çalışmaya dahil edildi.

Ekokardiyografik Muayene

Her iki gruptaki köpeklere Hitachi Arietta 60 model ekokardiyografi cihazı ve S211 Sektör Prob (1-5 MHz) ile ekokardiyografi yapıldı. Çalışma grubundaki yavru köpeklere sedasyon uygulanmadı. Sağ lateral pozisyona alınan köpeklerde ekokardiyografi cihazının elektrotları sağ ön, sol ve sağ arka bacaklara takıldı. Köpeklerden standart sağ parasternal kısa ve uzun eksen ekokardiyografik görüntüler alındı. M-mod ekokardiyografi ile ejeksiyon fraksiyonu (EF) ve fraksiyonel kısalma (FS) değerleri hesaplandı. Klinik muayenede konjenital ya da edinsel bir kalp hastalığından şüphelenildiğinde (üfürüm, egzersiz intolerans, senkop gibi) veya sol ventrikül fonksiyonlarının daha iyi

değerlendirilmesi istendiğinde sol parasternal apikal görüntüler de alındı. Her bir ekokardiyografik görüntüleme sırasında eş zamanlı olarak ekokardiyografi cihazına entegre edilmiş elektrotlar aracılığıyla elektrokardiyografi (EKG) traseleri kaydedildi. EKG’de sinüs aritmi dışında patolojik aritmi görülen yavru köpekler çalışmadan çıkartıldı. Sağ lateral pozisyonda yatırılan köpeklerden papillar kas seviyesinde, parasternal kısa eksen ham görüntüler radyal gerilim ve gerilim hızlarının çevrimdışı tespiti için kaydedildi. Her bir muayenede ardı ardına en az 6 kardiyak siklusun (bir QRS kompleksinden diğer QRS kompleksine kadar) video görüntüleri değerlendirme yapılmak üzere kaydedildi. Muayeneden sonra radyal gerilim ve gerilim hızlarının belirlenmesi için kaydedilen 6 ardışık kardiyak siklusun her birinde kalp kasının diyastol sonu endokardiyal sınırı manuel olarak belirlendi ve işaretlendi. İşaretlenen alanların tüm kardiyak siklus sırasında miyokardiyal hareketle senkronize hareket edip etmediği kontrol edildi. Ardından kullanılan cihazın yazılım programı otomatik olarak epikard sınırındaki noktaları belirledi. Bu belirlemeden sonra yazılım programı ventrikülü eşit altı bölüme ayırdı ve bu bölümleri mid anteroseptal (MAS), mid anterior (MA), mid lateral (ML), mid posterior (MP), mid inferior (MI) ve mid septal (MS) olarak isimlendirdi (Şekil 1). Endokard ve epikardda belirlenen beneklerin kardiyak siklus sırasındaki hareketlerinin yazılım tarafından takip edilebilir olduğunu anlamak için test uygulandı. Yazılım programı tarafından yetersiz izleme kalitesi gösteren bölümler manuel olarak düzeltildi. Düzeltme girişimi üç kez başarısız olduğunda tüm görüntü analizden çıkarıldı. Sadece kardiyak siklus sırasında açıkça takip edilebilen benek hareketleri çalışmaya dâhil edildi. BTE muayeneleri sonrası sol ventrikül radyal gerilim ve gerilim hızı ile ilgili ölçümler ve hesaplamalarda Echolab DAS-RS1 programı kullanıldı. Bölgelerin her birinin verileri yazılım tarafından xml formatına aktarıldıktan sonra segmentlerin pik seviyelerinin ortalaması alındı. Dakikada 54 frame altı olan görüntüler çalışmaya dâhil edilmedi. Çalışma Laboratuvar Hayvanlarının Bakım ve Kullanımı Kılavuzuna göre planlanmış olup hayvanlar, insancıl muameleye tabi tutuldu. Ayrıca araştırma, Ankara Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu (tarih: 17 Ekim 2018; no:2018-20-129) izni ile gerçekleştirildi.



Şekil 1: MAS, MA, ML, MP, MI ve MS bölgelerinin gösterimi.

Figure 1: Demonstration of MAS, MA, ML, MP, MI and MS regions.

İstatistiksel analiz

Elde edilen tüm değişkenler önemlilik testlerine geçilmeden önce normallik yönünden parametrik test varsayımlarından Shapiro Wilk ile, varyansların homojenliği yönünden ise Levene testi ile incelendi. Tüm değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler hesaplandı ve tablo şeklinde gösterildi. Parametrik varsayımların sağlandığı durumda tam kan, gerilim, gerilim hızı ve M-Mod parametrelerinin gruplar arası (hasta-sağlıklı ve yaşayan-ölen) farklılığın istatistiksel açıdan belirlenmesi Student t test ile, varsayımların sağlanmadığı durumda ise Mann-Whitney U testinden

yararlanıldı. Ölçülen parametreler arasındaki ilişkinin gücü ve yönü parametrik test varsayımların sağlandığı durumda Pearson korelasyon katsayısı, varsayımların sağlanmadığı durumda ise Spearman korelasyon katsayısı ile belirlendi. Tüm istatistiksel analizlerde anlamlılık $p < 0,05$ olarak kabul edildi. Tüm analizler Stata 12/MP4 (Lisans No: 50120500264) istatistik paket programı ile yapıldı.

3. Bulgular

Grup A'daki köpeklerde en yaygın klinik belirtilerin kusma, kanlı ishal, mental depresyon ve anoreksi olduğu görüldü. Fiziksel muayenede ise şiddetli dehidrasyon, ateş, mukozalarda solgunluk, takipne ve taşikardi belirlendi. Grup A'daki köpeklerden 9'u (%56,25) iyileşirken 7'si (%43,75) farklı gün ve saatlerde öldüler.

Grup A'da yaşayan ve ölen köpeklerin yaş, vücut sıcaklığı, canlı ağırlık, solunum ve kalp frekansları karşılaştırıldığında sadece yaş ve canlı ağırlık değerlerinin anlamlı fark (sırasıyla $p=0,046$ ve $p=0,036$) oluşturduğu ve ölen hayvanların yaşayanlara kıyasla daha genç ve daha zayıf oldukları tespit edildi. Grup A'daki köpeklerin Grup B'deki köpeklerden anlamlı şekilde ($p=0,001$) daha yüksek vücut sıcaklığı, daha yüksek solunum ve kalp frekanslarına sahip oldukları belirlendi.

Grup A'da yaşayan ve ölen köpeklerin tam kan verileri karşılaştırıldığında ölen hayvanların yaşayanlara göre daha düşük hemoglobin ve hematokrit değerlerine sahip oldukları ve bu farkın anlamlı (sırasıyla $p=0,031$ ve $p=0,034$) olduğu tespit edildi. Grup A ve Grup B'deki köpeklerin hematolojik muayene verilerinin karşılaştırılması Tablo 2'de gösterildi.

Tablo 2: Grup A ve Grup B'deki köpeklerin hematolojik muayene verilerinin karşılaştırılması

Table 2: Comparison of hematologic evaluation values of dogs in Group A and Group B

Parametre	Grup	Arit. Ort.	Std. Hata	Std. Sapma	Medyan	Minimum	Maksimum	p
WBC ($10^9/l$)	A	4,06	1,26	5,05	2,75	0,70	22,00	<0,001
	B	11,35	0,59	2,35	11,25	6,00	16,20	
LYM ($10^9/l$)	A	0,86	0,15	0,61	0,70	0,40	3,00	<0,001
	B	2,64	0,26	1,03	2,90	0,90	4,10	
MONO ($10^9/l$)	A	0,33	0,15	0,59	0,20	0,00	2,50	<0,001
	B	0,99	0,07	0,29	0,90	0,40	1,50	
NEUT ($10^9/l$)	A	2,68	0,98	3,93	1,45	0,10	16,50	<0,001
	B	7,54	0,55	2,21	7,00	3,60	11,70	
RBC ($10^{12}/l$)	A	6,50	0,22	0,89	6,56	5,00	8,34	<0,001
	B	4,35	0,39	1,57	4,44	0,00	7,55	
HGB (g/dl)	A	15,06	0,56	2,22	14,90	11,20	20,40	<0,001
	B	10,05	0,72	2,90	10,20	4,25	16,10	
HCT (%)	A	41,43	1,42	5,67	41,10	33,10	51,90	<0,001
	B	28,04	2,01	8,04	28,90	8,70	43,90	
MCV (fl)	A	62,78	1,29	5,15	63,25	55,10	70,00	0,477
	B	63,98	1,06	4,24	63,80	53,80	71,00	
MCH (pg)	A	22,79	0,43	1,72	23,25	19,50	24,70	0,381
	B	22,52	0,37	1,48	23,25	19,30	24,40	
MCHC (g/l)	A	36,38	0,45	1,80	36,15	32,90	39,40	0,043
	B	35,24	0,29	1,17	35,35	33,50	36,80	
RDW (fl)	A	17,14	1,17	4,68	15,85	13,00	31,00	0,305
	B	17,31	0,64	2,56	17,30	13,50	22,80	
PLT ($10^9/l$)	A	339,31	37,21	148,83	349,50	37,00	632,00	0,037
	B	468,19	45,88	183,54	482,00	45,00	775,00	
MPV (fl)	A	8,20	0,36	1,46	8,05	5,50	10,40	0,047
	B	9,28	0,37	1,49	9,05	6,40	12,00	

WBC;total lökosit, LYM;lenfosit, MONO;monosit, NEUT;nötrofilik lökosit, EOS;eozinofilik lökosit, RBC; eritrosit, HGB;hemoglobin, HCT;hematokrit, MCV;ortalama eritrosit hacmi, MCH;eritrositlerdeki hemoglobin miktarı, MCHC;eritrositlerdeki ortalama hemoglobin konsantrasyonu, RDW;eritrositlerin dağılım genişliği, PLT; platelet, MPV;ortalama trombosit hacmi.

Grup A ve Grup B'deki köpeklerin elektrokardiyografilerinde herhangi bir anormalliğe rastlanmadı. Grup A'daki yaşayanların ölenlere kıyasla daha yüksek sol ventrikül serbest duvarı diyastol sonu kalınlığına (LVPWd) sahip oldukları belirlenirken ($p=0,016$), ölen ve yaşayanların M-mod ile elde edilen EF ve FS değerleri arasında önemli bir fark olmadığı görüldü.

Grup A ve Grup B'deki köpeklere ait ekokardiyografik veriler karşılaştırıldığında ise diyastol sonu sol ventrikül iç çapı (LVIDd) ve LVPWd'de anlamlı fark belirlenirken (sırasıyla $p=0,003$ ve $p=0,007$), her iki grubun EF ve FS değerleri arasında önemli bir farklılığa rastlanmadı.

Grup A ve Grup B'deki köpeklerin sol ventrikül radyal gerilim verileri kıyaslandığında ise sadece MI ile ifade edilen bölgede anlamlı bir fark olduğu belirlendi ($p=0,039$) (Tablo 3).

Tablo 3: Grup A ve Grup B'deki köpeklerin MAS, MA, ML, MP, MI ve MS bölgelerindeki radyal gerilim verilerinin karşılaştırılması.

Table 3: Comparison of radial strain values in the MAS, MA, ML, MP, MI and MS regions of dogs in Group A and Group B.

Bölge	Grup	Arit. Ort.	Std. Hata	Std. Sapma	Medyan	Minimum	Maksimum	p
MAS	A	24,40	3,70	14,81	23,16	4,80	61,14	0,119
	B	30,91	2,72	10,88	29,40	18,40	50,65	
MA	A	24,76	4,43	17,71	19,45	3,58	62,68	0,613
	B	27,68	3,62	14,48	27,58	3,45	55,84	
ML	A	26,26	2,77	11,08	25,67	9,44	46,82	0,232
	B	31,52	3,30	13,22	29,88	12,81	59,33	
MP	A	26,84	2,83	11,31	26,97	8,28	44,33	0,086
	B	33,90	2,78	11,14	31,88	22,19	64,70	
MI	A	25,21	2,85	11,39	21,51	10,48	53,30	0,039
	B	34,08	2,97	11,87	36,88	15,29	53,87	
MS	A	27,57	3,38	13,53	26,84	5,75	59,44	0,143
	B	35,63	4,15	16,60	32,83	11,67	76,06	

Grup A'daki ölen ve Grup B'deki sağlıklı köpeklerin sol ventrikül radyal gerilim verilerinin ve Grup A'daki ölen ve yaşayan köpeklerin sol ventrikül radyal gerilim verilerinin karşılaştırılması Tablo 4 ve Tablo 5'te gösterildi.

Sol ventrikül radyal gerilim hızları gruplar (Grup A'daki yaşayan ve ölen köpekler; Grup A ve Grup B'deki köpekler; Grup A'daki ölen köpekler ve Grup B'deki köpekler) arasında karşılaştırıldığında ise herhangi bir anlamlı fark bulunamadı.

Tablo 4: Grup A'daki ölen köpeklerin ve Grup B'deki sağlıklı köpeklerin MAS, MA, ML, MP, MI ve MS bölgelerinin gerilim verilerinin karşılaştırılması.**Table 4:** Comparison of the strain values of MAS, MA, ML, MP, MI and MS regions of deceased dogs in Group A and healthy dogs in Group B.

Bölge	Grup	Arit. Ort.	Std. Hata	Std. Sapma	Medyan	Minimum	Maksimum	p
MAS	B	30,91	2,72	10,88	29,40	18,40	50,65	0,004
	Ölen	15,22	2,84	7,52	15,07	4,80	25,58	
MA	B	27,68	3,62	14,48	27,58	3,45	55,84	0,011
	Ölen	11,46	2,82	7,45	9,59	3,58	26,17	
ML	B	31,52	3,30	13,22	29,88	12,81	59,33	0,026
	Ölen	18,54	3,05	8,08	18,67	9,44	33,97	
MP	B	33,90	2,78	11,14	31,88	22,19	64,70	0,008
	Ölen	20,09	4,37	11,55	16,93	8,28	42,31	
MI	B	34,08	2,97	11,87	36,88	15,29	53,87	0,010
	Ölen	20,12	2,81	7,43	18,26	10,48	31,75	
MS	B	35,63	4,15	16,60	32,83	11,67	76,06	0,027
	Ölen	23,02	3,26	8,63	21,46	9,69	34,71	

Tablo 5: Grup A'daki ölen ve yaşayan köpeklerin MAS, MA, ML, MP, MI ve MS bölgelerinin gerilim verilerinin karşılaştırılması.**Table 5:** Comparison of strain values of MAS, MA, ML, MP, MI and MS regions of living and deceased dogs in Group A.

Bölge	Grup A	Arit. Ort.	Std. Hata	Std. Sapma	Medyan	Minimum	Maksimum	p
MAS	Yaşayan	31,54	5,14	15,42	33,06	8,92	61,14	0,023
	Ölen	15,22	2,84	7,52	15,07	4,80	25,58	
MA	Yaşayan	35,10	5,49	16,47	38,50	17,11	62,68	0,003
	Ölen	11,46	2,82	7,45	9,59	3,58	26,17	
ML	Yaşayan	32,27	3,14	9,41	31,11	19,25	46,82	0,008
	Ölen	18,54	3,05	8,08	18,67	9,44	33,97	
MP	Yaşayan	32,08	2,77	8,30	31,07	20,15	44,33	0,030
	Ölen	20,09	4,37	11,55	16,93	8,28	42,31	
MI	Yaşayan	29,17	4,23	12,70	28,77	12,81	53,30	0,117
	Ölen	20,12	2,81	7,43	18,26	10,48	31,75	
MS	Yaşayan	31,11	5,33	15,98	30,72	5,75	59,44	0,248
	Ölen	23,02	3,26	8,63	21,46	9,69	34,71	

4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada parvoviral enteritisli sepsis ve SİYS bulguları gösteren yavru köpekler ile sağlıklı köpeklerin sol ventrikül sistolik fonksiyonları, standart ekokardiyografi ve 2DBTE metodu kullanılarak karşılaştırıldı. Parvoviral enteritisten ölen köpeklerin sol ventrikül kısa eksen radyal gerilim değerlerinde sağlıklılara kıyasla anlamlı bir düşüş olduğu görüldü. Gerilim hızının ise gruplar arasında bir fark oluşturmadığı belirlendi.

Abreu ve ark. (24), parvoviral enteritisli köpekleri enfeksiyonun şiddetine göre üç gruba ayırmış ve bu gruplarda 2DBTE ile sistolik disfonksiyonu araştırmışlardır. Araştırmanın sonucunda sağlıklılara kıyasla hasta köpeklerde radyal gerilim ve gerilim hızlarının azaldığını bildirmişlerdir. Altı bölümde incelenen kalp kasında, her bir grupta farklı sayıda bölümün etkilendiği, hafif enfeksiyon görülen grupta kalp kasının dört bölümünün, şiddetli enfeksiyon görülen grupta altı bölümünün ve ölen grupta beş bölümünün radyal geriliminin azaldığını bildirmişlerdir.

Bu çalışmada da ölen hayvanların sol ventrikül radyal gerilimlerinin sağlıklılara kıyasla azalması söz konusu araştırma ile uyumlu bulunmuştur. Ancak yapılan bu çalışmada hasta ve sağlıklı gruplar arasında sol ventrikül radyal gerilimde anlamlı bir fark olmadığı da belirlenmiştir. Çalışmalar arasındaki bu farkın enfeksiyonun aşamasına ve şiddetine bağlı olarak şekillendiği düşünülmektedir.

Sepsis ve septik şok görülen insanlarda miyokardiyal disfonksiyonun belirlenmesi için yapılan bir çalışmada hastalarda sadece uzunlamasına gerilimin azaldığı, radyal ve çevresel gerilimin değişmediği ve EF'nin sistolik disfonksiyonun tespitinde yetersiz olduğu belirtilmiştir (26). Araştırmacılar radyal ve çevresel miyokardiyal liflerin kompenzasyona uğradığını ve bu nedenle bu yönlerdeki gerilimin değişmediğini bildirmişlerdir.

Standart ekokardiyografide M-Mod ile elde edilen EF ve FS değerleri köpeklerde miyokardiyal performansı değerlendirmek için en sık kullanılan parametrelerdir (27). EF ve FS değerlerinin kalp atım sayısından, ön ve ard yükten etkilenmeleri ve FS'nin standart ekokardiyografik metod ile elde edildiğinde sadece radyal yönü yansıtmaması bu parametrelerin kullanımını kısıtlamaktadır (6,25,28-30). Yapılan bu çalışmada standart ekokardiyografimj ile elde edilen EF ve FS'nin gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşturmadığı ve sistolik disfonksiyonu değerlendirmede tek başına yeterli olmadıkları kanısına varıldı. Bu durumun söz konusu parametrelerin ön ve ard yük gibi çeşitli faktörlerden etkilenmelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Abreu ve ark. (24) da benzer şekilde parvoviral enteritisli köpeklerde EF ve FS'nin sistolik disfonksiyonu değerlendirmede yetersiz kaldığını ve dehidre hayvanlarda ön yükün bu parametreler üzerinde etkili olduğunu bildirmişlerdir. SIYS görülen köpeklerde yapılan başka bir çalışmada da benzer şekilde EF ve FS'nin sağlıklı ve hasta hayvanlar arasında herhangi bir fark oluşturmadığı bildirilmiştir (6). İnce ve ark. (31), şiddetli sepsis ve septik şokun sistolik ve diyastolik fonksiyonlara etkisini araştırdıkları çalışmalarında ise hasta köpeklerde EF değerinin normal aralıkta olduğunu belirlemişlerdir. Bunun nedeninin azalan ön ve ard yük, düşük kan basıncı ve adrenerejik uyarımdan kaynaklandığını, düşük EF değerinin normal vasküler tonusu gösterdiğini ve iyi bir prognostik indikatör olduğunu öne sürmüşlerdir. Sepsisli ve ağır travmalı insanlarda sistolik fonksiyonları değerlendiren araştırmacılar standart ekokardiyografi ile elde edilen EF değerinin gruplar arasında anlamlı fark oluşturmadığını ancak hastaların uzunlamasına gerilim ve gerilim hızlarının kontrol grubuna kıyasla daha düşük olduğu bildirilmişlerdir (32). Araştırmacılar EF değerinin tek başına değerlendirilmesinin sistolik disfonksiyonu göstermede yetersiz olacağını öne sürmüşlerdir. Septik şok görülen insanlarla sağlıklı insanların miyokardiyal performansının karşılaştırıldığı bir çalışmada, EF ve FS değerlerinin iki grup arasında farklı olmadığı, uzunlamasına ve çevresel gerilim değerlerinin septik şok görülenlerde sağlıklılara kıyasla daha az olduğu bildirilmiştir (33).

Kontrol grubu köpeklerde LVIDd'nin parvoviral enteritisli köpeklerden daha fazla, LVPWd'nin ise hasta köpeklerde kontrol grubu köpeklere göre daha fazla olduğu belirlendi. Bu farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,05$) olduğu görüldü. Hestenes ve ark. (29), sepsis ile ilgili yaptıkları deneysel çalışmada farelerde sistol sonu ve diyastol sonu duvar kalınlıklarının arttığını, Nielsen ve ark. (34) ise sepsise bağlı olarak akciğer, bağırsak ve kaslarda ödem şekillenebileceğini göstermişlerdir. Benzer şekilde kalp kasında da ödem şekillenebileceği ve bunun miyokardiyal performansı etkileyebileceği ileri sürülmektedir (29,34). Sol ventrikül duvar kalınlıklarının, sepsis sırasında kapillar geçirgenliğin artmasıyla şekillenen ödeme bağlı olarak artacağı düşünülse de sol ventrikül hacminin azalması ve sistemik vasküler direncin azalması gibi hemodinamik değişikliklerin de sürece katkıda bulunduğu düşünülmektedir.

Bu çalışmada 2DBTE ile miyokardiyal radyal gerilim değerlendirildiğinde, hasta grubun gerilim verilerinin sağlıklılara kıyasla daha düşük olduğu ancak anlamlı bir fark ifade etmediği belirlendi. Ölen köpeklerle sağlıklı köpeklerin gerilim verileri kıyaslandığında ise ölenlerin daha düşük radyal gerilime sahip oldukları ve bu farkın istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,05$) olduğu tespit edildi. Bu farkın temel nedeninin, hastalığın ilerleyen evrelerinde sepsis ve hemodinamik instabilitenin miyokardiyal fonksiyon üzerindeki etkilerinin artması olduğu düşünülmektedir. Sepsis sırasında SIYS'e bağlı olarak vazodilatasyon, hipovolemi ve hipotansiyon gelişebilir (34). Bu durum, koroner perfüzyonun azalmasına, miyokardiyal oksijen ihtiyacının artmasına ve sonuç olarak miyokardiyal disfonksiyonun derinleşmesine neden olabilir (29). Özellikle ileri evrelerdeki hastalarda kardiyak depresyonun daha belirgin hale gelmesi, ölen gruptaki düşük radyal gerilim değerlerini açıklayabilir. Daha önce yapılan çalışmalar da sepsisin erken

evrelerinde miyokardiyal kompenzasyon mekanizmalarının devrede olduğunu, ancak hastalığın ilerlemesiyle birlikte miyokardiyal kontraktilitenin giderek bozulduğunu göstermektedir (6). Dolayısıyla, çalışmamızda hasta ve sağlıklı gruplar arasında belirgin bir fark görülmemesi, hastalığın erken ve orta evrelerinde miyokardiyal fonksiyonların korunabilmesine bağlı olabilir. Ancak hastalık ilerledikçe miyokardiyal yetmezlik belirgin hale gelmekte ve bu durum ölen hayvanlarda daha düşük radyal gerilim değerleri ile yansımaktadır. Radyal gerilim değerinin klinik kararları etkileyecek eşik değerinin belirlenmesi ve prognostik öneminin gösterilmesi için daha geniş çaplı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Çalışmamızın sonuçları, ileriye dönük daha büyük hasta gruplarında kritik eşik değerlerin belirlenmesine zemin hazırlayacak niteliktedir.

Bu çalışmada sağlıklı ve hasta köpeklerin radyal gerilim hızları karşılaştırıldığında gruplar arasında anlamlı bir fark olmadığı belirlendi. Corda ve ark. (6) da SİYS olan köpeklerde gerilim hızının sağlıklılarla anlamlı bir fark oluşturmadığını bildirmişlerdir. Bu durumu, kullanılan teknolojinin, SİYS'e bağlı olarak artan kalp atım sayısı nedeniyle yeterli zamansal çözünürlüğe erişememesiyle açıklamışlardır. CPV-2 görülen köpeklerde kalp kasının sistolik fonksiyonunu değerlendiren bir çalışmada (24) sol ventrikül radyal gerilim hızının, enfeksiyonun şiddetine göre sınıflandırılan gruplarda daha çok bölgesel etkilendiği bildirilmiştir. Aynı çalışmada parvoviral enteritisli tüm gruplarda ortak olarak endokardiyal ve epikardiyal seviyede uzunlamasına gerilim hızının azaldığını belirtmişlerdir. Sol ventrikül çevresel ve radyal gerilim hızı farklı gruplarda ve farklı bölgelerde azalmıştır. Tüm gruplarda ortak olarak görülen uzunlamasına gerilim hızının azalmasının nedeni ise uzunlamasına liflerin diğer liflere kıyasla kardiyak hasara daha duyarlı olmalarıdır. Chetboul ve ark. (35), miyokardiyal disfonksiyonun tespitinde gerilimin, gerilim hızından daha duyarlı bir ölçek olduğunu ifade etmişlerdir. Bu çalışmada da gerilim hızlarının gruplar arasında fark oluşturmaması bu görüşü destekler niteliktedir.

Mevcut çalışmada parvoviral enteritise bağlı sepsisin, miyokardiyal hasara neden olarak ölümün nedenlerinden biri olduğu görüldü. Ayrıca standart ekokardiyografi ile elde edilen verilerin gruplar arasında fark oluşturmaması, 2DBTE metodunun sol ventrikül sistolik fonksiyonlarını değerlendirmede daha hassas bir yöntem olduğunu gösterdi. Ölen köpeklerde radyal gerilim değerlerinin anlamlı derecede düşük olması, düşük radyal gerilim değerlerinin mortalite ile ilişkili olabileceğini düşündürmektedir. Ancak, tek bir ölçüm değerine dayanarak hasta yönetimini değiştirmek yerine, hastaların seri ölçümlerle takip edilmesi gerektiği düşünülmektedir. Sepsis gelişen hastalarda düşük radyal gerilim tespit edildiğinde, bu hastaların daha yakından izlenmesi ve inotropik destek ihtiyacının değerlendirilmesi önerilebilir. Bu çalışma, parvoviral enteritise bağlı sepsis ile ilişkili kardiyak komplikasyonların daha iyi anlaşılmasına ve uygun tedavi stratejilerinin geliştirilmesine yardımcı olacağı düşünülmektedir.

Teşekkür

Araştırmanın istatistiksel analizlerindeki katkılarından dolayı Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Veteriner Fakültesi Zootekni ve Hayvan Besleme Ana Bilim Dalı Öğretim Üyesi Sayın Doç. Dr. Ufuk Kaya'ya ve ekokardiyografik muayenelerdeki desteklerinden dolayı Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi İç Hastalıkları Ana Bilim Dalı Öğretim Üyesi Sayın Doç. Dr. Ekrem Çağatay Çolakoğlu'na teşekkürlerimizi sunarız.

Çıkar Çatışması Beyanı

Bu çalışma ile ilgili olarak yazarların ve/veya aile bireylerinin çıkar çatışması potansiyeli olabilecek bilimsel ve tıbbi komite üyeliği veya üyeleri ile ilişkisi, danışmanlık, bilirkişilik, herhangi bir firmada çalışma durumu, hissedarlık ve benzer durumları yoktur.

Finansal Kaynak Beyanı

Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya herhangi bir ticari firmadan,

çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.

Yazar Katkısı Beyanı

Fikir/kavram: Mehmet Kazim BÖRKÜ
Deney tasarımı: Mehmet Kazim BÖRKÜ, Kadir SEVİM
Denetleme/Danışmanlık: Mehmet Kazim BÖRKÜ
Veri toplama: Kadir SEVİM
Veri analizi ve yorum: Mehmet Kazim BÖRKÜ, Kadir SEVİM
Kaynak taraması: Mehmet Kazim BÖRKÜ, Kadir SEVİM
Makalenin yazımı: Mehmet Kazim BÖRKÜ, Kadir SEVİM
Eleştirel inceleme: Mehmet Kazim BÖRKÜ

Etik Onay

Bu çalışma, Ankara Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu (tarih: 17 Ekim 2018; no:2018-20-129) izni ile gerçekleştirilmiştir.

Kaynaklar

1. Goddard A, Leisewitz AL. Canine parvovirus. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 2010;40:1041-53.
2. Mylonakis ME, Kalli I, Rallis TS. Canine parvoviral enteritis: an update on the clinical diagnosis, treatment, and prevention. *Vet Med.* 2016;7:91-100.
3. Decaro N, Buonavoglia C. Canine parvovirus—a review of epidemiological and diagnostic aspects, with emphasis on type 2c. *Vet Microbiol.* 2012;155:1-12.
4. Yılmaz Z, Şentürk S. Characterisation of lipid profiles in dogs with parvoviral enteritis. *J Small Anim Pract.* 2007;48:643-50.
5. Miranda C, Thompson G. Canine parvovirus: the worldwide occurrence of antigenic variants. *J Gen Virol.* 2016;97:2043-57.
6. Corda A, Pinna Parpaglia ML, Sotgiu G, Zobba R, Gomez Ochoa P, Prieto Ramos J, et al. Use of 2-dimensional speckle-tracking echocardiography to assess left ventricular systolic function in dogs with systemic inflammatory response syndrome. *J Vet Intern Med.* 2019;33:423-31.
7. Kocatürk M, Martinez S, Eralp O, Tvarijonaviciute A, Ceron J, Yılmaz Z. Tei index (myocardial performance index) and cardiac biomarkers in dogs with parvoviral enteritis. *Res Vet Sci.* 2012;92:24-9.
8. L'heureux M, Sternberg M, Brath L, Turlington J, Kashiouris MG. Sepsis-induced cardiomyopathy: a comprehensive review. *Curr Cardiol Rep.* 2020;22:35.
9. Atwell RB, Kelly WR. Canine parvovirus: a cause of chronic myocardial fibrosis and adolescent congestive heart failure. *J Small Anim Pract.* 1980;21:609-20.
10. Ford J, Mcendaffer L, Renshaw R, Molesan A, Kelly K. Parvovirus infection is associated with myocarditis and myocardial fibrosis in young dogs. *Vet Pathol.* 2017;54:964-71.
11. Sime TA, Powell LL, Schildt JC, Olson EJ. Parvoviral myocarditis in a 5-week-old Dachshund. *J Vet Emerg Crit Care.* 2015;25(6):765-9.
12. Alves F, Prata S, Nunes T, Gomes J, Aguiar S, Aires Da Silva F, et al. Canine parvovirus: a predicting canine model for sepsis. *BMC Vet Res BioMed.* 2020;16:1-11.
13. Çağatay A, Başaran S, Saribuğa A. Sepsis: genel kavramlar ve epidemiyoloji. *Türkiye Klin J Emerg Med-Special Top.* 2015;3:1-10.

14. Singer M, Deutschman CS, Seymour CW, Shankar-Hari M, Annane D, Bauer M, et al. The third international consensus definitions for sepsis and septic shock (Sepsis-3). *JAMA*. 2016;315:801-10.
15. Karaali R, Tabak F. Sepsis patogenezi. *Klin Gelişim*. 2009;22:71-6.
16. Yorganci K. Sepsis patofizyolojisi. *Yoğun Bakım Derg*. 2005;5:80-4.
17. Naseri A, Akyuz E, Turgut K, Guzelbektes H, Sen I. Sepsis-induced cardiomyopathy in animals: from experimental studies to echocardiography-based clinical research. *Can Vet J*. 2023;64:871-7.
18. Kocatürk M, Tvarijonaviciute A, Martinezsubiela S, Tecles F, Eralp O, Yilmaz Z, et al. Inflammatory and oxidative biomarkers of disease severity in dogs with parvoviral enteritis. *J Small Anim Pract*. 2015;56:119-24.
19. Otto CM. Clinical trials in spontaneous disease in dogs: a new paradigm for investigations of sepsis. *J Vet Emerg Crit Care*. 2007;17:359-67.
20. Goggs R, Letendre J. Evaluation of the host cytokine response in dogs with sepsis and noninfectious systemic inflammatory response syndrome. *J Vet Emerg Crit Care*. 2019;29:593-603.
21. Lv X, Wang H. Pathophysiology of sepsis-induced myocardial dysfunction. *Mil Med Res*. 2016;3:1-9.
22. Florence B, Nadia A, Jingling B. Septic cardiomyopathy: diagnosis and management. *J Intensive Med*. 2022;2:8-16.
23. Antonucci E, Fiaccadori E, Donadello K, Taccone FS, Franchi F, Scolletta S. Myocardial depression in sepsis: from pathogenesis to clinical manifestations and treatment. *J Crit Care*. 2016;29:500-11.
24. de Abreu CB, Muzzi RAL, de Oliveira LED, Schulien T, Coelho MR, Alves LA, et al. Systolic dysfunction by two-dimensional speckle tracking echocardiography in dogs with parvoviral enteritis. *J Vet Cardiol*. 2021;34:93-104.
25. Amzulescu MS, De Craene M, Langet H, Pasquet A, Vancraeynest D, Pouleur AC, et al. Myocardial strain imaging: review of general principles, validation, and sources of discrepancies. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2019;20:605-19.
26. Shahul S, Gulati G, Hacker MR, Mahmood F, Canelli R, Nizamuddin J, et al. Detection of myocardial dysfunction in septic shock: a speckle-tracking echocardiography study. *Anesth Analg*. 2015;121:1547-54.
27. Madron E. Global left ventricular systolic function assessment. In: Madron E, Chetboul V, Bussadori C, editors. *Clinical echocardiography of the dog and cat*. 1st ed. Riverport Lane: Elsevier; 2015. p. 112-24.
28. Borlaug BA, Paulus WJ. Heart failure with preserved ejection fraction: pathophysiology, diagnosis, and treatment. *Eur Heart J*. 2011;32:670-9.
29. Hestenes SM, Halvorsen PS, Skulstad H, Remme EW, Espinoza A, Hyler S, et al. Advantages of strain echocardiography in assessment of myocardial function in severe sepsis: an experimental study. *Crit Care Med*. 2014;42:432-40.
30. Kim YH, Kim JH, Park C. Evaluation of tissue doppler ultrasonographic and strain imaging for assessment of myocardial dysfunction in dogs with type 1 diabetes mellitus. *Am J Vet Res*. 2018;79:1035-43.
31. İnce ME, Turgut K, Naseri A. Echocardiographic assessment of left ventricular systolic and diastolic functions in dogs with severe sepsis and septic shock; longitudinal study. *Animals*. 2021;11:2011.
32. Dalla K, Hallman C, Bech Hanssen O, Haney M, Ricksten SE. Strain echocardiography identifies impaired longitudinal systolic function in patients with septic shock and preserved ejection fraction. *Cardiovasc Ultrasound*. 2015;13:30.
33. Basu S, Frank LH, Fenton KE, Sable CA, Levy RJ, Berger JT. Two-dimensional speckle tracking imaging detects impaired myocardial performance in children with septic shock, not recognized by conventional echocardiography. *Pediatr Crit Care Med*. 2012;13:259-64.
34. Nielsen EW, Hellerud BC, Thorgersen EB, Castellheim A, Pharo A, Lindstad J, et al. A new dynamic porcine model of meningococcal shock. *Shock*. 2009;32:302-9.
35. Chetboul V, Serres F, Gouni V, Tissier R, Pouchelon JL. Radial strain and strain rate by two-dimensional speckle tracking echocardiography and the tissue velocity based technique in the dog. *J Vet Cardiol*. 2007;9:69-81.