



ARAŞTIRMA

F.Ü.Sağ.Bil.Vet.Derg.
2023; 37 (2): 98 - 106
<http://www.fusabil.org>

İshalli Neonatal Buzağılarda Kan Gazı Analizi ve Elektrokardiyografik Parametrelerin Araştırılması *

Ali Coşkun DEMİRTAŞ^{1, a}
Engin BALIKCI^{1, b}

¹ Fırat Üniversitesi,
Veteriner Fakültesi,
İç Hastalıkları Ana Bilim Dalı
Elazığ, TÜRKİYE

^a ORCID: 0000-0003-4036-8582

^b ORCID: 0000-0002-5548-1038

Bu çalışmanın amacı, yenidoğan ishalleri buzağılarda asidemi, hiperkalemi ve hiponatremi gibi metabolik ve elektrolit dengesizliklerin, EKG'deki değişikliklerle ilişkisini değerlendirmektir. Bu çalışmanın materyalini, 0-21 günlüğe kadar olan yaşta 30 adet ishalleri buzağı ve sağlıklı 10 adet buzağı olmak üzere toplam 40 adet buzağı oluşturdu. Çalışma materyali olan 30 adet ishalleri buzağı ise venöz kan pH seviyelerine göre G1 (7.30>pH), G2 (7.10<pH<7.30) ve G3 (pH <7.10) olmak üzere 3 deney ve sağlıklı 10 buzağıda Kontrol grubu (K) olarak ayrıldı. Tüm buzağılarda rutin klinik muayeneleri yapıldıktan sonra hematolojik, kan gazları ve biyokimyasal analizler için kan alındı ve EKG'leri çekildi. Sonuç olarak, artan potasyum konsantrasyonları, çalışma materyalimizde gözlemlenen EKG anormalliklerini kısmen açıklamıştır. Özellikle venöz kan pH'sının önemli ölçüde belirli EKG anormalliklerinin varlığıyla ilişkili olduğu, örneğin sabit ve pik şeklinde görülen T dalgası ve bu anormalliklerin asidik fakat hiperkalemik olmayan buzağılarda da görüldüğü bulguları, asideminin buzağılarda ishalde kardiyak iletim anormalliklerine zemin hazırlayan katkıda bulunan bir faktör olabileceği de dikkate alınmalıdır.

Anahtar Kelimeler: İshal, buzağı, asidemi, hiperkalemi, EKG

Investigation of Blood Gas Analysis and Electrocardiographic Parameters in Calves with Neonatal Diarrhea

The aim of this study is was to evaluate the relationship of between metabolic and electrolyte imbalances such as including hyperkalemia, acidemia, and hyponatremia with the presence of ECG abnormalities in calves with neonatal diarrhea. The material of this study consisted of 40 calves, including 30 calves with diarrhea, aged 0-21 days old, and 10 healthy calves. The study material, 30 calves with diarrhea, were divided into 3 experimental calves as G1 (7.30>pH), G2 (7.10<pH<7.30) and G3 (pH <7.10) according to their blood pH levels, and 10 healthy calves were divided into healthy group (K). After routine clinical examinations of all calves, blood was drawn for hematological, blood gases and biochemical analyzes and EKGs taken. In conclusion, increased potassium concentrations partially explained the ECG abnormalities observed in our study material. In particular, the fact that venous blood pH is significantly associated with the presence of certain ECG abnormalities, such as a steady and peaked T wave, and the findings that these abnormalities are also seen in acidic but non-hyperkalemic calves, should be taken into account that acidemia may be a contributing factor predisposing to cardiac conduction abnormalities in diarrhea in calves.

Key Words: Diarrhea, calf, acidemia, hyperkalemia, ECG

Giriş

Buzağılarda ishal neonatal dönemde ortaya çıkan hastalıklar içinde hem yavru kayıplarına hem de ekonomik kayıplara neden olan multifaktöriyel (*Enterotoksijenik E. coli*, rotavirüs, coronavirüs, *Cryptosporidium parvum*, *Salmonella enterica* ve beslenme) bir hastalıktır (1, 2).

Metabolik asidoz, ishalleri buzağılarda yaygın olarak görülür. İshalden ölen buzağılarda venöz kan pH'ları 6.50 ile 7.05 arasında olma eğilimindedir (3). Metabolik asidoz başlıca hiponatremi, laktoz ve glukozun D-laktat ve uçucu yağ asitlerine, ön mide ve bağırsak fermantasyonu ve bağırsak bikarbonat kaybından kaynaklanır (4, 5). Metabolik asidozu saptamak ve ölçmek için en iyi yöntemlerden biri kan gazı analizidir (pH, baz açığı) (6). Yenidoğan hayvanlarda sıvı kaybı sonucu olarak vücut ağırlığında en az %12'lik azalma genelde ölüme yol açar (7). Sıvı elektrolit bozukluklarının sonucuna bağlı olarak kalpte aritmilerin gözlemlenebileceği ve özellikle kandaki potasyum iyon artışına bağlı olarak hiperkalemi tablosu durumunda kalbin olumsuz etkilenerek aritmilerin görülebileceği farklı kaynaklarda ifade edilmiştir (8-10). Hiperkalemik buzağılarda Elektrokardiyografi'de (EKG) şiddetli bradikardi ile karakterize olarak atriyal iletimdeki azalma ve P dalgasının oluşmadığı saptanabilir. Bunun haricinde hiperkalemiye bağlı olarak AV blok, kaçış ritimleri, ventriküler fibrilasyon, asistoli ve ölüm tablosu da meydana gelebilir (11). Şiddetli akut ishalleri buzağılarda EKG'lerinde P dalgasının yassılaşıp amplitüdünde azalma, QRS kompleksinde uzama ve T

Geliş Tarihi : 21.02.2023
Kabul Tarihi : 27.03.2023

Yazışma Adresi Correspondence

Engin BALIKCI
Fırat Üniversitesi,
Veteriner Fakültesi,
İç Hastalıkları Ana Bilim Dalı
Elazığ – TÜRKİYE

ebalikci@firat.edu.tr

* Bu çalışma; Ali Coşkun DEMİRTAŞ'ın yüksek lisans tezinden özetlenmiştir.

dalgasının pik yaptığı bildirilmiştir (9, 10, 12). Yenidoğan ishali buzağılarının EKG'sinde ritim bozukluklarının fazla şekillenmediği ve bu tür bozuklukların da bilhassa kan potasyum seviyesinin 8 mEq/L'yi geçtiği zamanlarda meydana gelebileceği ifade edilmiştir (13).

Elektrokardiyografi, kalp içindeki elektriksel uyarılar kaydedilerek, kalp yetmezliğine yol açabilen ritim bozuklukları ve kalp damar hastalıklarının teşhisinde kullanılabilir (14). Tüm evcil hayvanlarda kalp aritmilerinin tanısında özellikle II. derivasyon yaygın olarak tercih edilmektedir. Veteriner hekimlikte diğer hayvan türlerinde çekilen standart ekstremita derivasyonlarından olan II. derivasyon, ruminantlarda base-apeks (BA) derivasyonu olarak revize edilmiştir (15).

Bu çalışmanın amacı, yenidoğan ishali buzağılarda asidemi ve hiperkalemi gibi metabolik ve elektrolit dengesizliklerin, EKG'deki değişikliklerle ilişkisini değerlendirmektir.

Gereç ve Yöntem

Bu araştırma Fırat Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurul Başkanlığı tarafından 30.06.2021 tarih ve 11 nolu etik kurulu kararı ile onaylanmıştır.

Bu çalışmanın materyalini, Elazığ yöresinde ve Fırat Üniversitesi Hayvan Hastanesi'ne getirilen 0-21 günlüğe kadar olan yaşta 30 adet ishali buzağı ve Elazığ yöresinde bulunan işletmelerdeki sağlıklı 10 adet buzağı olmak üzere toplam 40 adet buzağı oluşturdu. Çalışma materyali olan 30 adet ishali buzağı ise venöz kan pH seviyelerine göre G1 (7.30>pH), G2 (7.10<pH<7.30) ve G3 (pH <7.10) olmak üzere 3 gruba ve sağlıklı 10 adet buzağıda Kontrol grubu (K) olarak ayrıldı.

Çalışmadaki buzağılardan taşınabilir bir elektrokardiyograf (ECG-1103LW Vet Model, Shenzhen Carewell Electronics Co., Ltd., Çin) yardımıyla BA derivasyonunda EKG'ler elde edildi (11, 15). Kayıtlar ısıya hassas milimetrik kâğıda 25 mm/sn hızla ve 1 mV'luk ayarlar ile alındı.

Klinik muayeneler yapıldıktan sonra hematolojik ve kan gazı analizleri için kan örnekleri hayvanların vena jugularis'lerinden etilendiamin tetraasetik asitli (EDTA) tüplere ve steril heparinli enjektörlere 2 mL'lik kan örnekleri alındı. Örnekler bekletilmeden pH, pCO₂, pO₂, Na⁺, K⁺, iCa²⁺, Cl⁻, HCO₃⁻, BE, anyon açığı kan gazı analizörü (ABL80 FLEX CO-OX; Radiometer Medical, Brønshøj, Danimarka) ile 15 dk içerisinde ölçüldü (16). Mikrohematokrit kılcal tüplere alınan kandan manuel olarak ısı presipitasyon yöntemi ile fibrinojen tayin edildi (17).

Veriler IBM®SPSS 22 paket programı kullanılarak önce normallik analizi yapıldı. Klinik muayenelerinin istatistiksel analizlerinde ANOVA *post hoc* Tukey Test analizine tabi tutuldu. EKG muayenelerinde P (mV), Q (mV), P (sn), PQ (sn), QRS (sn), ST (sn), QT (sn), T (sn) değerlerinin istatistiksel analizlerinde Kruskal-Wallis *post hoc* Dunn Test testleri kullanıldı. R (mv), S (mV), T (mV)

değerleri ise ANOVA *post hoc* Tukey Test analizine tabi tutuldu. Hematolojik muayenelerinde pH, K⁺, pCO₂, Cl⁻, HCO₃⁻ değerlerinin istatistiksel analizlerinde ANOVA *post hoc* Tukey Test, Ca²⁺ ANOVA *post hoc* Duncan Test, Fibrinojen, pO₂, Na⁺, anyon açığı, tCO₂, Base (Bc) değerlerinin istatistiksel analizlerinde Kruskal-Wallis *post hoc* Dunn Test kullanıldı. Ek olarak aynı değerler arasındaki ilişkinin varlığı Pearson Korelasyon kullanılarak ortaya kondu. Varyans analizi için veriler ortalama ± standart hatanın ortalaması, korelasyon analizinde Pearson korelasyon katsayıları olarak (-1 ile +1 aralığında) sunuldu. İstatistiksel anlamlılık düzeyi P<0.05 olarak kabul edildi.

Bulgular

Hasta grupları incelendiğinde G1; 7 buzağının mukoza ve konjunktivaları hiperemik, 1 buzağının iktirik, 1 buzağının anemik ve 1 buzağının da normal olduğu saptanmıştır. Ayrıca 6 buzağının dışkı kıvamı gevşek, 3 buzağının aşırı sulu ve 1 buzağının gevşek ve sulu olduğu bulunmuştur. 3 buzağının dehidrasyon derecesi 9-10 iken 7 buzağının dehidrasyon derecesi 7-8 olarak saptanmıştır. Buzağılardan 4 tanesi hareketli ve ayakta 3 tanesi hafif depresif ve diğer 3'ünde şiddetli depresif hal gözlemlenmiştir. 3 buzağının iştahının iyi olduğu, 3 buzağıda iştahta azalma olduğu ve 4 buzağıda ise iştah olmadığı saptanmıştır. 10 buzağıda da öncesinde herhangi bir antiparaziter uygulama yapılmamış olup 8 buzağı kolostrum alırken 2 buzağı kolostrum alamamıştır.

G2'de; 5 buzağının mukoza ve konjunktivasi hiperemik, 2 tanesinin iktirik, 2 tanesinin anemik ve 1 tanesinin ise normal olduğu saptanmıştır. 7 buzağıda dışkı kıvamı gevşek, 1 gevşek-sulu, 2 buzağıda aşırı sulu olduğu saptanmıştır. 1 buzağının dehidrasyon derecesi 5-6, 7 buzağının 7-8, 2 buzağının dehidrasyon derecesi ise 9-10 olarak saptanmıştır. 1 buzağının depresif olmadığı, 8 buzağının hafif depresif, 1 buzağının ise aşırı depresif olduğu gözlemlenmiştir. 3 buzağıda iştah durumu iyi iken 4 buzağıda iştahın azaldığı, 3 buzağıda ise iştahın tamamen kaybolduğu tespit edilmiştir. 10 buzağıda da öncesinden antiparaziter uygulama yapılmamıştır. Bunlardan 9 tanesi kolostrum almış 1 tanesi ise alamamıştır.

G3'de; 6 buzağının mukoza ve konjunktivaları hiperemik, 3 buzağının anemik ve 1 buzağının normal olduğu saptanmıştır. 3 buzağının dışkı kıvamı gevşek, 3 buzağının gevşek-sulu ve 4 buzağının dışkı kıvamı ise aşırı sulu olduğu belirlenmiştir. 1 buzağının dehidrasyon derecesi 5-6, 1 buzağının 7-8, 8 buzağının ise 9-10 olduğu tespit edilmiştir. 4 buzağıda hafif depresif hal, 6 buzağıda şiddetli depresif hal saptanmıştır. 2 buzağının iştahının iyi olduğu, 4 buzağıda iştahta azalma ve 4 buzağıda iştah kaybı olduğu ortaya konmuştur. 10 buzağıda daha öncesinden antiparaziter uygulama yapılmamıştır. 9 buzağı kolostrum almış 1 tanesi kolostrum almamıştır.

Çalışmaya alınan grupların klinik muayene bulgularının aritmetik ortalamaları ve gruplar arasındaki istatistiksel farklar Tablo 1'de sunuldu. Tablo 1

incelendiğinde rektal sıcaklıkta; G3'te diğer gruplara göre istatistiksel olarak anlamlı bir azalma ($P<0.05$) belirlenmiştir. Ayrıca G2'de G1'e göre istatistiksel olarak anlamlı bir azalma ($P<0.05$) saptanmıştır. Kalp atım sayısında; G2'de G1 ve K'ya göre istatistiksel olarak anlamlı bir azalma ($P<0.05$) belirlenmiştir. Solunum frekansında; G2 ve G3'de G1 ve K'ya göre istatistiksel olarak anlamlı bir azalma ($P<0.05$) saptanmıştır.

Çalışmaya alınan grupların EKG bulguları aritmetik ortalamaları ve gruplar arasındaki istatistiksel farklar Tablo 2'de verildi. P (mV) dalgasının amplitüdünde G1'de diğer gruplara göre istatistiksel olarak anlamlı bir artış ($P<0.05$) bulunmuştur. R (mV) ve S (mV) dalgalarının amplitüdünde G1, G2 ve G3'de K'ya göre istatistiksel olarak anlamlı bir artış ($P<0.05$) saptanmıştır. T (mV) dalgasının amplitüdünde G3'te K'ya göre istatistiksel olarak anlamlı bir artış ($P<0.05$) saptanırken, G1 ve G2'de ise K'ya göre istatistiksel olarak anlamlı olmayan artış ($P>0.05$) bulunmuştur. PQ (sn) aralığının süresinde G2 ve G3'te K ve G1'e göre istatistiksel olarak anlamlı bir artış ($P<0.05$) bulunmuştur. QRS (sn) dalgasının süresinde K'ya göre diğer gruplarda istatistiksel olarak anlamlı bir artış ($P<0.05$) saptanmıştır. QT (sn) aralığının süresinde K'ya göre diğer gruplarda istatistiksel olarak anlamlı bir artış ($P<0.05$) saptanmıştır. T (sn) dalgasının süresinde K'ya göre G2 ve G3'te istatistiksel olarak anlamlı bir artış ($P<0.05$) bulunmuştur.

Çalışmaya alınan yenidoğan ishalli buzağılarda çekilen EKG'lerinde saptanan bazı önemli değişiklikler Şekil 1-6'da gösterilmiştir.

Çalışmaya alınan grupların kan gazı ve bazı biyokimyasal parametrelerin aritmetik ortalamaları ve gruplar arasındaki istatistiksel farklar Tablo 3'de verildi. Fibrinojen düzeyinde K'ya göre G3'te istatistiksel olarak anlamlı bir artış ($P<0.05$) bulunmakla birlikte, K'ya göre G1 ve G2'de ise istatistiksel olarak anlamlı olmayan bir artış ($P>0.05$) saptanmıştır. pH açısından bakıldığında K'ya göre G2 ve G3'de istatistiksel olarak anlamlı bir azalış ($P<0.05$) G1'de ise istatistiksel olarak anlamlı olmayan bir azalış ($P>0.05$) saptanmıştır. K^+ ortalamalarında K'ya göre G3'te istatistiksel olarak anlamlı bir artış ($P<0.05$) saptanırken, G1 ve G2'de ise istatistiksel olarak anlamlı olmayan bir artış ($P>0.05$) bulunmuştur. iCa^{+2} ortalamalarında K, G1 ve G2'ye göre G3'te istatistiksel olarak anlamlı bir artış ($P<0.05$) saptanmıştır. HCO_3^- ortalamalarında K ve G1'e göre G2 ve G3'te istatistiksel olarak anlamlı bir azalış ($P<0.05$) bulunmuştur. Anyon açığı ortalamalarında K'ya göre G2 ve G3'te istatistiksel

olarak anlamlı bir artış ($P<0.05$) saptanmış bununla birlikte, K'ya göre G1'de ve G2'ye göre G3'te istatistiksel olarak anlamlı olmayan bir artış ($P>0.05$) bulunmuştur. tCO_2 ortalamalarında K ve G1'e göre G3'te istatistiksel olarak anlamlı bir azalış ($P<0.05$) bulunmuştur. Bununla birlikte, K'ya göre G1 ve G2'de istatistiksel olarak anlamlı olmayan bir azalış ($P>0.05$) saptanmıştır. Baz açıklığı (B) ortalamalarında K ve G1'e göre G2 ve G3'te istatistiksel olarak anlamlı bir azalış ($P<0.05$) bulunmuştur.

Buzağılarda klinik muayene bulguları, hematolojik muayene bulguları ve elektrokardiografik değerleri arasındaki Pearson korelasyon katsayıları Tablo 4'de gösterilmiştir. Fibrinojen ile QRS (sn), anyon açığı ile arasında pozitif korelasyon, B, pH, HCO_3^- ile arasında negatif korelasyon saptanmıştır. pH ile HCO_3^- , B, tCO_2 , rektal sıcaklık, kalp atım sayısı, solunum sayısı arasında pozitif korelasyon, K^+ , iCa^{+2} , anyon açığı, R (mv), T (mv), P (sn), PQ (sn), QRS (sn), T (sn), S (mv), QT (sn) ile arasında negatif korelasyon bulunmuştur. pCO_2 ile K^+ arasında pozitif, Na^+ , Cl^- , rektal sıcaklık ve solunum sayısı ile arasında negatif korelasyon saptanmıştır. pO_2 ile iCa^{+2} arasında pozitif, rektal sıcaklık, HCO_3^- , B, tCO_2 ile arasında ise negatif korelasyon bulunmuştur. Na^+ ile Cl^- , rektal sıcaklık, kalp atım sayısı ile pozitif, K^+ , T (mv), T (sn), R (mv), S (mv), P (sn), PQ (sn), QT (sn) ile arasında ise negatif korelasyon saptanmıştır. K^+ ile anyon açığı, T (mv), T (sn), R (mv), S (mv), PQ (sn) ile arasında pozitif, Cl^- , B, rektal sıcaklık, solunum sayısı, HCO_3^- , tCO_2 ile arasında ise negatif korelasyon bulunmuştur. iCa^{+2} ile anyon açığı arasında pozitif, HCO_3^- , B, tCO_2 , Q (mv), rektal sıcaklık ile arasında ise negatif korelasyon saptanmıştır. Cl^- ile rektal sıcaklık ve solunum sayısı pozitif, R (mv), S (mv), T (mv), PQ (sn), T (sn) ile arasında ise negatif korelasyon ortaya konulmuştur. HCO_3^- ile Base (B), tCO_2 , Q (mv), rektal sıcaklık, kalp atım sayısı, solunum sayısı arasında pozitif, anyon açığı, T (mv), P (sn), PQ (sn), QRS (sn), T (sn), R (mv), S (mv), QT (sn) ile arasında negatif korelasyon bulunmuştur. Anyon açığı ile R (mv), S (mv), T (mv), P (sn), PQ (sn), QRS (sn), T (sn) arasında pozitif korelasyon, B, tCO_2 , solunum sayısı, rektal sıcaklık ile arasında ise negatif korelasyon saptanmıştır. tCO_2 ile B, solunum sayısı, Q (mv), rektal sıcaklık arasında pozitif, QRS (sn), T (sn), S (mv), R (mv), T (mv), PQ (sn) ile arasında ise negatif korelasyon bulunmuştur. B ile rektal sıcaklık, solunum sayısı, Q (mv), kalp atım sayısı arasında pozitif, T (mv), PQ (sn), QRS (sn), T (sn), P (sn), QT (sn) ile arasında ise negatif korelasyon saptanmıştır.

Tablo 1. Sağlıklı (K, n=10) ve Hasta (G1, n=10; G2, n=10; G3, n=10) buzağılarda genel klinik muayene bulgularının ortalamaları ve gruplar arasındaki farkların önemi

Klinik Bulgular	Gruplar				P-değeri
	K	G1	G2	G3	
Rektal sıcaklık (°C)	37.84±0.14 ^{ab}	38.97±0.20 ^a	37.55±0.30 ^b	35.52±0.61 ^c	<0.0001 ¹
Kalp atım sayısı (adet/dk)	132.80±5.30 ^a	133.60±6.37 ^a	112.00±5.13 ^b	114.20±9.08 ^{ab}	0.0407 ¹
Solunum sayısı (adet/dk)	75.60±2.83 ^a	68.60±9.49 ^a	40.40±1.63 ^b	32.80±2.97 ^b	<0.0001 ¹

Veriler ortalama ve standart hata olarak sunulmuştur.

^{a,b,c}: Aynı satırda farklı harfi taşıyan gruplara ait ortalamalar arası fark istatistiki olarak anlamlıdır ($P<0.05$). ¹ANOVA post hoc Tukey Test

Tablo 2. Sağlıklı (K, n=10) ve Hasta (G1, n=10; G2, n=10; G3, n=10) buzağlarının EKG bulgularının ortalamaları ve gruplar arasındaki farkların önemi

Amplitüt	Gruplar				P-değeri
	K	G1	G2	G3	
P (mV)	0.170±0.011 ^b	0.230±0.017 ^a	0.167±0.017 ^b	0.167±0.014 ^b	0.0300 ³
Q (mV)	0.085±0.020	0.065±0.008	0.050±0.000	0.065±0.011	0.2990 ³
R (mV)	0.97±0.09 ^b	1.61±0.06 ^a	1.66±0.12 ^a	1.61±0.12 ^a	<0.0001 ¹
S (mV)	0.97±0.11 ^b	1.64±0.73 ^a	1.71±0.13 ^a	1.61±0.13 ^a	0.0001 ¹
T (mV)	0.315±0.046 ^b	0.475±0.062 ^{ab}	0.525±0.083 ^{ab}	0.740±0.093 ^a	0.0027 ¹
Süre					
P (sn)	0.046±0.003	0.046±0.003	0.060±0.006	0.060±0.007	0.0700 ³
PQ (sn)	0.112±0.004 ^b	0.118±0.002 ^b	0.147±0.016 ^a	0.144±0.009 ^a	0.0044 ³
QRS (sn)	0.036±0.003 ^b	0.052±0.004 ^a	0.052±0.004 ^a	0.064±0.005 ^a	0.0016 ³
ST (sn)	0.128±0.005	0.114±0.009	0.136±0.005	0.134±0.011	0.2039 ³
QT (sn)	0.184±0.009 ^b	0.240±0.008 ^a	0.268±0.021 ^a	0.252±0.021 ^a	0.0021 ³
T (sn)	0.058±0.005 ^b	0.074±0.005 ^{ab}	0.092±0.007 ^a	0.094±0.010 ^a	0.0024 ³

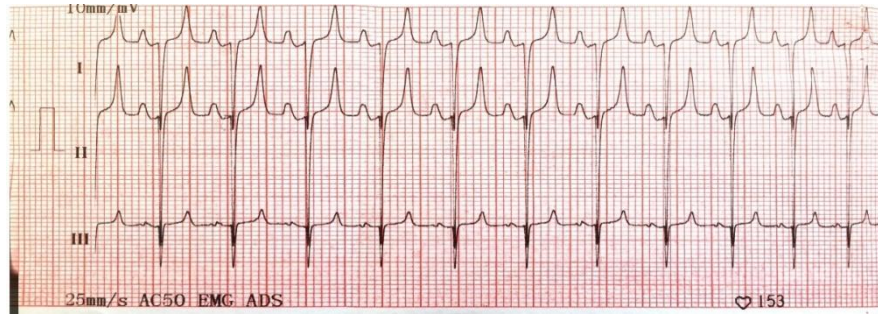
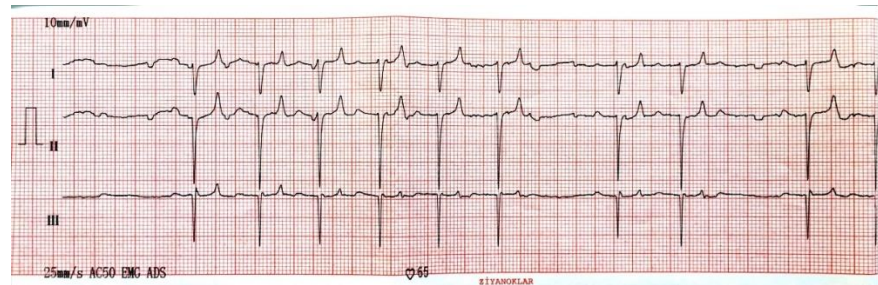
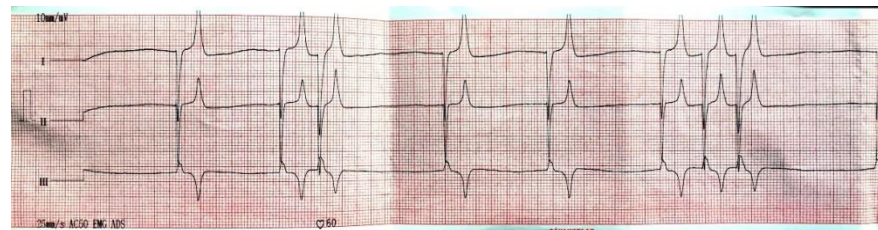
Veriler ortalama ve standart hata olarak sunulmuştur.

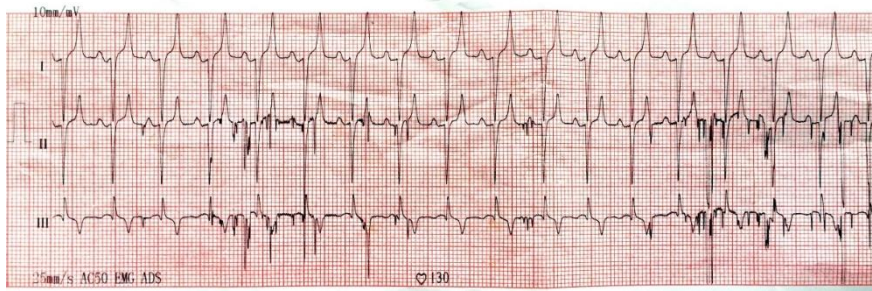
^{a,b} Aynı satırda farklı harfi taşıyan gruplara ait ortalamalar arası fark istatistiki olarak anlamlıdır (P<0.05).

¹ANOVA *post hoc* Tukey Test

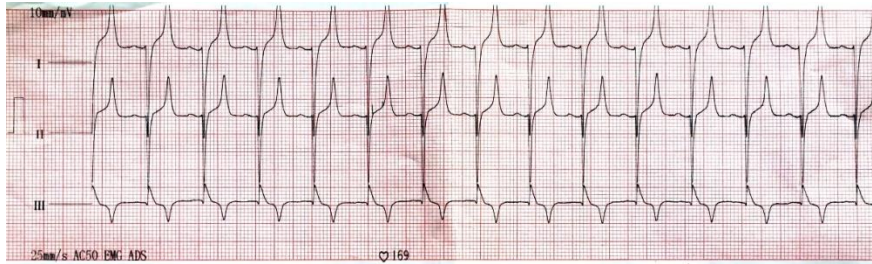
²ANOVA *post hoc* Duncan Test;

³Kruskal-Wallis *post hoc* Dunn Test

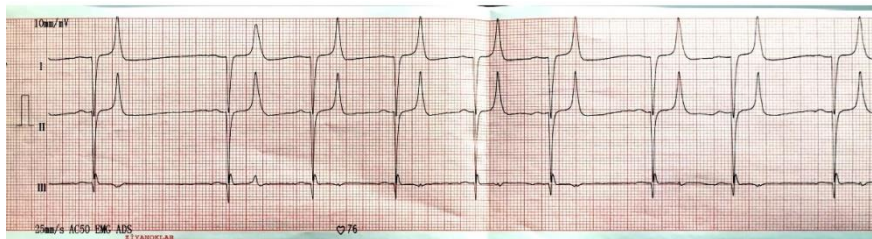
**Şekil 1.** G2 Grubunda 3 nolu vakanın EKG'sinde 1. derece AV blok, T dalgası sivrileşmesi, ST yükselmesi ($K^+ = 7.20$ mmol/L).**Şekil 2.** G2 Grubunda 4 nolu vakanın EKG'sinde sinoatriyal blok ve P dalgası amplitüdünde azalma ($K^+ = 4.90$ mmol/L).**Şekil 3.** G3 Grubunda 5 nolu vakanın EKG'sinde sinus bradikardi, sinoatriyal blok, P dalgası yok, T dalgası sivrileşmesi ($K^+ = 9.45$ mmol/L)



Şekil 4. G3 Grubunda 7 nolu vakanın EKG'sinde sinus taşikardi, T dalgası sivrileşmesi ($K^+ = 8.80$ mmol/L)



Şekil 5. G3 Grubunda 8 nolu vakanın EKG'sinde sinüs taşikardi, T dalgası sivrileşmesi, ST yükselmesi, P dalgası amplitüdünde azalma ($K^+ = 8.01$ mmol/L)



Şekil 6. G3 Grubunda 9 nolu vakanın EKG'sinde düzensiz ritm, P dalgası amplitüdünde azalma, T dalgası sivrileşmesi ($K^+ = 7.58$ mmol/L)

Tablo 3. Sağlıklı (K, n=10) ve Hasta (G1, n=10; G2, n=10; G3, n=10) buzağılarda hematolojik, kan gazı ve bazı biyokimyasal parametrelerin ortalamaları ve gruplar arasındaki farkların önemi

Parametreler	Gruplar				P-değeri
	K	G1	G2	G3	
Fibrinojen (g/dL)	0.540±0.05 ^b	0.700±0.095 ^{ab}	0.750±0.073 ^{ab}	0.920±0.080 ^a	0.0120 ³
pH	7.42±0.01 ^a	7.37±0.02 ^a	7.17±0.02 ^b	6.98±0.03 ^c	<0.0001 ¹
pCO ₂ (mmHg)	41.0±2.5	38.7±3.0	43.7±2.3	45.3±3.9	0.4280 ¹
pO ₂ (mmHg)	52.2±11.8	38.8±5.9	44.3±7.9	79.0±19.1	0.1358 ³
Na ⁺ (mmol/L)	135.6±0.7	136.2±1.8	130.0±2.5	132.5±2.7	0.1537 ³
K ⁺ (mmol/L)	4.59±0.10 ^b	4.89±1.16 ^b	5.80±0.50 ^{ab}	6.98±0.62 ^a	0.0009 ¹
iCa ²⁺ (mmol/L)	1.27±0.03 ^b	1.22±0.04 ^b	1.29±0.04 ^b	1.40±0.04 ^a	0.0106 ²
Cl ⁻ (mmol/L)	104.7±0.9	100.0±2.2	97.2±2.5	99.5±2.1	0.0844 ¹
HCO ₃ ⁻ (mmol/L)	26.97±1.71 ^a	22.69±2.07 ^a	16.27±1.01 ^b	10.65±0.81 ^b	<0.0001 ¹
Anyon açığı (mmol/L)	8.60±1.22 ^c	18.65±2.08 ^{bc}	22.83±3.14 ^{ab}	30.36±1.27 ^a	<0.0001 ³
ctCO ₂ (mmol/L)	27.25±1.84 ^a	22.86±2.27 ^a	20.81±3.72 ^{ab}	12.03±0.90 ^b	<0.0001 ³
Baz açığı (mmol/L)	1.36±1.97 ^a	-1.14±2.00 ^a	-12.16±1.07 ^b	-19.46±1.00 ^c	<0.0001 ³

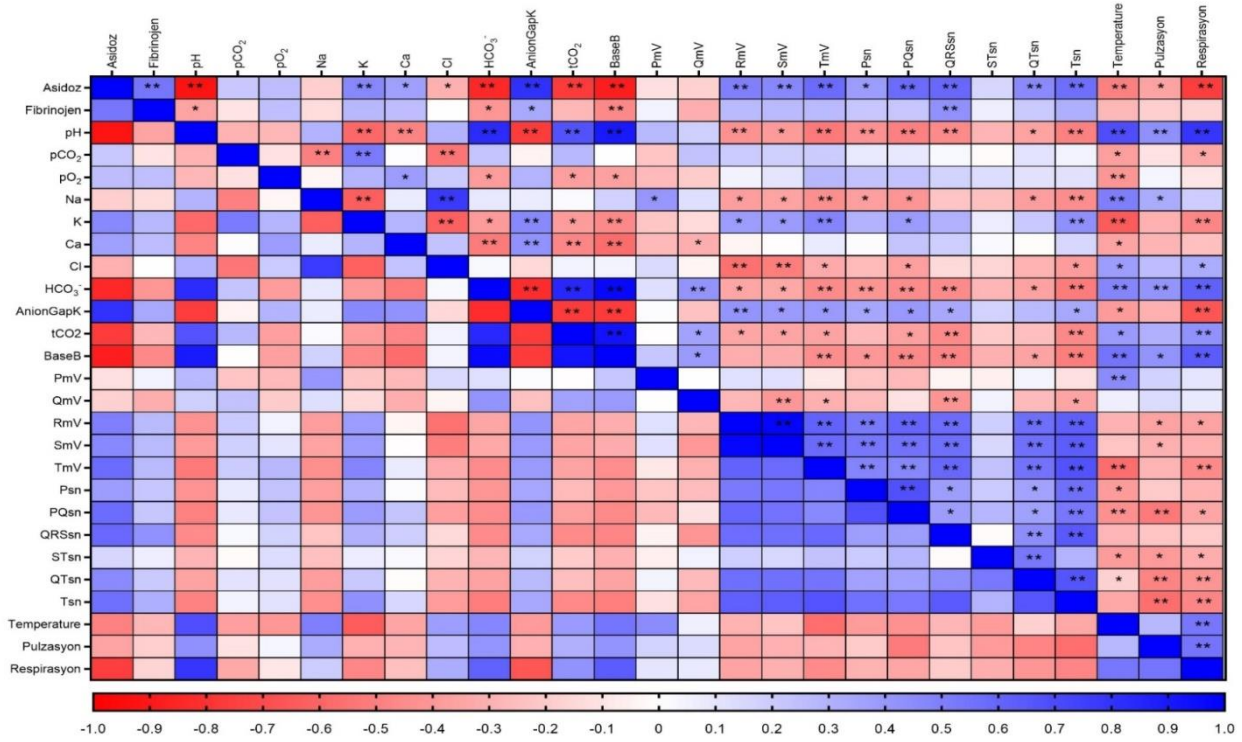
Veriler ortalama ve standart hata olarak sunulmuştur.

^{a,b,c}: Aynı satırda farklı harfi taşıyan gruplara ait ortalamalar arası fark istatistiki olarak anlamlıdır (P<0.05).

¹ANOVA post hoc Tukey Test

²ANOVA post hoc Duncan Test

³Kruskal-Wallis post hoc Dunn Test

Tablo 4. Parametreler arasındaki pearson korelasyon katsayıları

*0.05, **0.01, ***0.001 düzeyindeki Korelasyon önemlilik düzeylerini göstermektedir.

Tartışma

Yenidoğan ishali buzağlarda açık sarımtırak renkten beyaza kadar değişim gösteren sulu, kanlı, mukus ve fibrin içeren bir ishal tablosu görülebilir. Rektal sıcaklığı ilk etapta yüksek olsa da ilerleyen sürelerde düşüş eğiliminde olduğu bildirilmektedir. Depresyon, halsizlik, yem yememe iştahtan kesilme söz konusudur. Yenidoğan buzağı ishallerinde sıvı kaybına bağlı olarak dehidrasyon şekillendiği, buna bağlı olarak enoftalmi, deri elastikiyetinde azalma, kapillar dolum süresinde artış, duruş bozukluğu, ayakta durmada zorluk ve hareket isteksizliği görüldüğü bildirilmiştir. Önemli klinik bulgular arasında ağız ve bacaklarda soğukluk, mukozalarda solgun ve kahverengi görünüm ile emme refleksinde azalma hatta kaybolma söz konusudur. İdrar yapmada azalma, aritmi, zayıf nabız, ilerleyen süreçte ise solunum ve nabız frekansında artış ortaya çıkmaktadır (1, 18, 19). Bu çalışmada yenidoğan ishali buzağlarda da benzer klinik bulgular saptanmıştır.

Sıvı elektrolit bozukluklarının sonucuna bağlı olarak kalpte aritmilerin gözlenebileceği ve özellikle kanda ki potasyum iyon artışına bağlı olarak hiperkalemi tablosu durumunda kalbin olumsuz etkilenerek aritmilerin görülebileceği farklı kaynaklarda ifade edilmiştir (8-10). Hiperkalemi buzağlarda EKG'de şiddetli bradikardi ile karakterize olarak atriyal iletiminde yavaşlama ve P dalgasının oluşmadığı saptanabilir. Bunun haricinde hiperkalemiye bağlı olarak AV blok, kaçış ritimleri, ventriküler fibrilasyon, asistoli ve ölüm tablosu da meydana gelebilir (11). Yenidoğan ishali buzağlarda

kalp atım sayısında artışın (taşikardi) veya azalışın (bradikardi) olabileceği bildirilmiştir (1, 8, 10, 19). Bu çalışmada da G1'de 7 hastada, G2'de 3 ve G3'de 3 olmak üzere 13 hastada sinüs taşikardi saptanmıştır. Buna karşın G2'de 1 ve G3'de 1 olmak üzere 2 hastada sinüs bradikardi bulunmuştur. Sinüs bradikardi saptanan iki buzağıda ($K^+=9.45$ mmol/L, $K^+=7.98$ mmol/L) hiperkalemi saptanmıştır.

Yenidoğan buzağlarda ishale bağlı olarak, elektrolit ve asit-baz dengesizlikleri dahil olmak üzere metabolik düzensizliklere neden olabilir. Asidemi ve metabolik asidoz, ishali buzağlarda sıklıkla belgindir ve tipik olarak hiponatreminin ($Na^+<134$ mmol/L) (normokloremi veya hiperkloreminin eşlik ettiği) bir sonucu olarak düşük güçlü iyon farkı ve D-laktat gibi ölçülmemiş anyonların artması ile karakterize edilir (20, 21). Bununla birlikte sodyum konsantrasyonları G3'de 5, G2'de 4 ve G1'de 2 olmak üzere toplam 11 buzağıda referans değerlerin (16) altında bulunmuş, yani 11 hastada hiponatremi tespit edilmiştir. Potasyum konsantrasyonları G3'de 8, G2'de 5 ve G1'de 4 olmak üzere toplam 17 buzağıda referans değerlerin (16) üzerinde bulunmuş, yani 17 hastada hiperkalemi ($K^+>5.90$ mmol/L) şekillenmiştir. Klor konsantrasyonları G3'de 4, G2'de 3 ve G1'de 3 olmak üzere toplam 10 buzağıda referans değerlerin (16) altında bulunmuştur. Yenidoğan ishali olmasına rağmen buzağlar, bağırsak potasyum kayıpları ve düşük süt alımı nedeniyle negatif bir potasyum dengesine sahiptir (22), genellikle hipokalemi ($K^+<4.00$ mmol/L) nadiren gözlenmekle

birlikte, asidemi varlığında normokalemik veya hiperkalemik plazma konsantrasyonlarına sahiptirler (23, 24). Bu durum, hidrojen iyonlarının hücre içi tamponlanması ve potasyum iyonlarının hücre dışı boşluğa transselüler hareketi ile bozulmuş Na⁺/K⁺-ATPase aktivitesi ile asidik bir duruma olarak açıklanmıştır (25, 26). Düşük hücre içi pH ile TREK-1 adı verilen bir hücre zarı potasyum kanalının hücreden potasyum akışına neden olur (27, 28). İshalli buzağılarda hiperkalemik bir durumun varlığı kesinlikle mevcut bir asidozun doğasına bağlıdır, ancak kendi başına asidemiye değil, çünkü D-laktik asidoz, plazma potasyum konsantrasyonlarının artmasıyla nadiren ilişkilidir (23). Daha da önemlisi, ishalli buzağılarda artan plazma potasyum konsantrasyonları, şiddetli dehidrasyon ile yakından ilişkilidir, bu da azalmış glomerüler filtrasyon hızının, hiperkalemi gelişimde merkezi bir patofizyolojik rol oynadığını gösterir (23, 29, 30). Bu çalışmada da hiperkalemi saptanan buzağılarda yüksek derecelerde dehidrasyon bulunması bu tezi doğrulamaktadır.

Anormal plazma potasyum konsantrasyonları uyarılabilir dokular üzerinde derin bir etkisi olabilir, çünkü hücre dışı potasyum konsantrasyonunun hücre içi potasyum konsantrasyonuna oranı, iskelet kası zayıflığı ve kardiyak iletim anormallikleri ile sonuçlanan, istirahat membran potansiyelinin önemli bir belirleyicisidir (31). Ayrıca, hiperkaleminin kardiyotoksik etkileri genellikle yenidoğan ishalli buzağılarda bulunan hiponatremi ve metabolik asidoz koşullarının varlığı ile şiddetlenir (32, 33). Hiperkalemik buzağılarda EKG'de şiddetli bradikardi ile karakterize atriyal iletiminde yavaşlama ve P dalgasının olmaması saptanabilir. Ayrıca hiperkalemiye bağlı olarak AV blok, kaçış ritimleri, ventriküler fibrilasyon, asistoli ve ölüm de görülebilir (10, 34). P dalgasının yassılaşarak amplitüdünde azalma, QRS kompleksinin uzaması ve T dalgası pik yapması durumu şiddetli akut ishalli buzağılarda bildirilmiştir (9, 10, 12). Başka bir çalışmada (13) neonatal ishalli buzağılarda EKG'de ritim bozukluklarının fazla görülmediği ve bu tür bozuklukların da özellikle kandaki potasyum konsantrasyonu 8 mEq/L'yi aştığı zamanlarda meydana gelebileceği ifade edilmiştir. Hiperkalemi ile ilgili olarak depresyon, halsizlik, yatalaklık, kardiyak aritmiler ve özellikle serum potasyum konsantrasyonu 7 mEq/L'yi aştığında EKG'de anormallikler bulunmuştur (12). Başka bir çalışmada (19) Ortalama potasyum konsantrasyonları orta derecede dehidrasyon saptanan buzağılarda 8.33 mEq/L, hafif derecede dehidrasyon saptanan buzağılarda ise 6.3 mEq/L olarak belirlenmiştir. Hiperkalemik kabul edilen orta derecede dehidrasyon belirlenen ishalli buzağılarda EKG'sinde P dalgasının olmadığı ve T dalgasının pik yaptığı, hafif dehidre ve orta derecede hiperkalemili buzağılarda ise P dalgasının amplitüdünün kısaldığı, QRS kompleksinin uzadığı ve T dalgasının negatif yönlü pik yaptığı gözlenmiştir (19). Bu çalışmada EKG parametreleri ise G3'de hasta buzağılarda 2 tanesinde P dalgası amplitüdü azalmıştır. G2'de 1 hastanın EKG'sinde P dalgası şekillenmemiş olup, diğer hasta EKG'lerinde 2 tanesinde P dalgası amplitüdü azalmış bulunmuştur. R ve S dalga amplitüdüleri G3'de 5, G2'de 6 ve G1'de 6 hastanın

EKG'sinde artış bulunmuştur. T dalgası amplitüdü ise G3'de 7, G2'de 6 ve G1'de 2 hastanın EKG'sinde artış saptanmıştır. P dalgası süresi G3'de 8, G2'de 2 hastanın EKG'sinde artış saptanmıştır. PQ aralığı süresi G3'de 4, G2'de 3 hastanın EKG'sinde artış saptanmıştır. Buna bağlı olarak toplam 7 hastanın EKG'sinde 1. derece AV blok belirlenmiştir. QRS dalgası süresi toplam 6 hastada artarken 12 hastada azalmıştır. QTc aralığı ve T dalgası süreleri G3'de 4, G2'de 4 ve G1'de 2 hastanın EKG'sinde artış bulunmuştur. EKG parametreleri bakımından kontrol grubu ile karşılaştırıldığında G1, G2 ve G3 gruplarının EKG'lerinde R, S ve T dalgaları amplitüdüleri ortalamalarında istatistiksel olarak anlamlı bir artış saptanmış, P dalgası amplitüdü ise istatistiksel olarak anlamlı olmayan azalış bulunmuştur. Dalga ve dalga aralıkları süreleri açısından ise PQ, QRS, QTc ve T sürelerinde istatistiksel olarak anlamlı artış saptanmıştır.

Bu çalışmada, hiperkalemiyi düşündüren bazı EKG değişikliklerinin (geniş QRS, tepe T dalgaları, 1. derece AV bloğu ve bradikardi) şiddetli ve G2'de görülen hiperkalemik hastalarda önemli ölçüde daha yaygın olduğu saptanmıştır. Normokalemik ve orta derecede hiperkalemik hastalarda hiperkalemiyi düşündüren EKG değişikliklerinin sıklığı arasında anlamlı bir fark olmamasına rağmen, aynı anda mevcut olan hiperkalemiyi düşündüren EKG değişikliklerinin serum potasyum yüksekliğinin derecesi ile arttığı bulunmuştur. Bu bulgular, artan potasyum konsantrasyonları ile birlikte EKG değişikliklerinin daha sık görüldüğüne dair önceki çalışmalarla uyumludur (35, 36).

Sivri T dalgaları, yükselmiş serum potasyum konsantrasyonlarının tipik en erken EKG işaretleri olarak kabul edilir (35, 36). Çalışmamızda, şiddetli hiperkalemik hastalarda en yaygın EKG bulgusu sivri T dalgaları iken, geniş QRS en yaygın EKG değişikliği ve normal potasyum konsantrasyonu olan hastalara kıyasla tüm hiperkalemik hastalarda anlamlı olarak daha sık bulunmuştur. Çeşitli araştırmalarda hiperkalemiye QTc aralığının kısaldığı bildirilmiş olsa da (37, 38), hiperkalemiye uzamış QTc oluşma olasılığı da ortaya çıkmıştır (36, 39). Çalışmamızda şiddetli hiperkalemik hastalarda normokalemik hastalara göre uzamış QTc daha fazla görülmüştür.

Çalışmanın amaçlarından biride ishalli hastalarda kaydedilen metabolik değişikliklerle EKG bulguları arasında bulunan korelasyonu ortaya çıkarmaktır. Bu amaçla yapılan korelasyon analizi sonuçlar Tablo 4'de sunulmuştur. Buna göre; asidoz ile fibrinojen, K⁺, anyon açığı, R (mv), S (mv), T (mv), PQ (sn), QRS (sn), QT (sn), T (sn) arasında P<0.01 iCa²⁺, P (sn) ile arasında ise P<0.05 derece pozitif korelasyon bulunduğu ortaya konmuştur. Asidoz ile pH, HCO₃⁻, B, tCO₂, rektal sıcaklık, solunum sayısı ile arasında P<0.01 derece, Cl⁻, kalp atım sayısı ile arasında ise P<0.05 derece negatif korelasyon saptanmıştır. K⁺ ile anyon açığı, T (mv), T (sn) arasında P<0.01 derece pozitif korelasyon, R (mv), S (mv), PQ (sn) ile arasında ise P<0.05 derece pozitif korelasyon gösterdiği bulunmuştur. K⁺ ile Cl⁻, B, rektal sıcaklık, solunum sayısı ile arasında P<0.01 derece

negatif, HCO_3^- , tCO_2 ile arasında ise $P<0.05$ derece negatif korelasyon olduğu saptanmıştır.

Sonuç olarak, hiperkaleminin yenidoğan ishalleri buzağlarda klinik olarak anlamlı ve potansiyel olarak kardiyotoksik bir elektrolit dengesizliği olduğu kabul edilebilir. Bununla birlikte, artan potasyum konsantrasyonları, çalışma materyalimizde gözlemlenen EKG anormalliklerini kısmen açıklamıştır. Özellikle venöz kan pH'ının önemli ölçüde belirli EKG anormalliklerinin varlığıyla ilişkili olduğu, örneğin sabit ve pik şeklinde görünen T dalgası ve bu anormalliklerin asidik fakat hiperkalemik olmayan buzağlarda da görüldüğü bulguları, asidemini buzağlarda ishallerde kardiyak iletim anormalliklerine zemin hazırlayan katkıda bulunan bir faktör olabileceği de dikkate alınmalıdır. Bu çalışmada asidoz ile fibrinojen, K^+ , anyon açığı, R (mv),

S (mv), T (mv), PQ (sn), QRS (sn), QT (sn), T (sn) arasında $P<0.01$, iCa^{+2} , P (sn) ile arasında ise $P<0.05$ derece pozitif korelasyon bulunması ve K^+ ile anyon açığı, T (mv), T (sn) arasında $P<0.01$, R (mv), S (mv), PQ (sn) ile arasında ise $P<0.05$ derece pozitif korelasyon saptanması, ishalleri buzağlarda EKG değişikliklerinden hiperkalemi başta olmak üzere, asidemini sorumlu olduğu bununla birlikte, hiperkalsemi, dehidrasyon ve düşük rektal sıcaklığı EKG değişikliklerine neden olabileceği ifade edilebilir. Bu çalışma ile ishalleri yenidoğan buzağlarda EKG ve kan gazı parametrelerinin birlikte değerlendirilmesiyle, daha sonraki çalışmalarda hastalığın teşhis, prognoz ve tedavi planlaması yapılmasında katkı sağlayabileceği kanısına varılmıştır.

Kaynaklar

1. Al M, Balıkcı E. Neonatal ishalleri buzağlarda Rotavirus, Coronavirus, *E. coli* K99 ve *Cryptosporidium parvum*'un hızlı test kitleri ile teşhisi ve enteropatojen ile maternal immünite ilişkisi. FÜ Sağ Bil Vet Derg 2012; 26(2): 73-78.
2. Donovan GA, Dohoo IR, Montgomery DM, Bennett FL. Calf and disease factors affecting growth in female Holstein calves in Florida, USA. Prev Vet Med 1998; 33: 1-10.
3. Naylor JM. Neonatal ruminant diarrhea. In: Smith BP (Editor). Large Animal Internal Medicine. 2nd Edition, St Louis: Mosby, 1996.
4. Kasari TR. Metabolic acidosis in calves. Vet Clin North Am Food Anim Pract 1999; 15: 473-486.
5. Constable PD. Clinical assessment of acid-base status: Comparison of the Henderson-Hasselbalch and strong ion approaches. Vet Clin Pathol 2000; 29: 115-128.
6. Sen İ, Constable PD. General overview to treatment of strong ion (metabolic) acidosis in neonatal calves with diarrhea. Eurasian J Vet Sci 2013; 29(3): 114-120.
7. Groutides CP, Michell AR. Changes in plasma composition in calves surviving or dying from diarrhea. Br Vet J 1990; 146(3): 205-210.
8. Başoğlu A, Turgut K. A case of ventricular flutter and fibrillation in a calf suffering from diarrhea. SÜ Vet Fak Derg 1999; 5: 375-377.
9. Epstein V. Relationship between potassium administration, hiperkalemia and electrocardiogram: An experimental study. Equine Vet J 1984; 16: 453-456.
10. Başoğlu A, Maden M, Turgut K. Neonatal ishalleri 5 buzağda gözlenen aritmilerin elektrokardiyografik değerlendirilmesi. Hay Araş Derg 1992; 2: 8-10.
11. Gökçe G. Veteriner Kardiyoloji. 1. Baskı, Malatya: Medipres Matbaacılık Yayıncılık Ltd, 2014.
12. Aiello SE. The Merck Veterinary Manual. 8th Edition, N.J. USA: Whitehouse Station, Merck&Co Inc, 1998.
13. Carlson GP. Fluid, electrolyte and acid-base balance. In: Kaneko JJ. (Editor). Clinical Biochemistry of Domestic Animals. 4th Edition, New York: Academic Press, 1989; 543-575.
14. Hanton G, Rabemampianina Y. The electrocardiogram of the beagle dog: Reference values and effect of sex, genetic strain, body position and heart rate. Lab Anim 2006; 40: 123-136.
15. Balıkcı E, Yılmaz K. Sığırların bazı ön mide hastalıklarının tanı ve prognozunda, kan elektrolit (Na^+ , K^+ , Cl^- , Ca^{++} , İnorganik P ve Mg^{++}) düzeyleri ve elektrokardiyogram bulgularının öneminin araştırılması. FÜ Sağlık Bil Derg 1999; 13(3): 349-358.
16. Radostits OM, Gay CC, Hinchcliff KW, Constable PD. Veterinary Medicine. A textbook of the diseases of cattle, sheep, pigs, goats, and horses. 10th Edition, London, England: WB Saunders Company, 2007.
17. Kalınbacak A. Laparotomi uygulanan köpeklerde plazma fibrinojen düzeyindeki değişiklikler. Ankara Üniv Vet Fak Derg 1996; 43: 99-102.
18. Civelek T, Bal D. Manisa Yöresinde Neonatal Buzağı İshalleri Üzerine Etiyolojik Araştırmalar. Yüksel Lisans Tez, Afyon: Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 2019.
19. Kızıl Ö, Başpınar B. Neonatal ishalleri buzağlarda potasyum düzeyleri ve kalbin elektrokardiyografisi. FÜ Sağ Bil Vet Derg 2016; 30 (2): 137-139.
20. Aydoğdu U, Yıldız R, Güzelbekteş H, Coşkun A, Şen İ. Yenidoğan ishalleri buzağlarda mortalite indikatörü olarak kan laktat, glikoz, total protein ve gama glutamil transferaz seviyeleri. FÜ Sağ Bil Vet Derg 2019; 33(3): 201-206.
21. Trefz FM, Lorenz I, Lorch A, Constable PD. Clinical signs, profound acidemia, hypoglycemia, and hypernatremia are predictive of mortality in 1,400 critically ill neonatal calves with diarrhea. PLOS ONE 2017; 12: e0182938.
22. Lewis LD, Phillips RW. Water and electrolyte losses in neonatal calves with acute diarrhea. Cornell Vet 1972; 62(4): 596-607.
23. Trefz FM, Constable PD, Sauter-Louis C, et al. Hyperkalemia in neonatal diarrheic calves depends on the degree of dehydration and the cause of the metabolic acidosis but does not require the presence of acidemia. J Dairy Sci 2013; 96: 7234-7244.
24. Trefz FM, Lorch A, Zitzl J, et al. Risk factors for the development of hypokalemia in neonatal diarrheic calves. J Vet Intern Med 2015; 29: 688-695.

25. Lewis LD, Phillips RW. Diarrheic induced changes in intracellular and extracellular ion concentrations in neonatal calves. *Ann Rech Vet* 1973; 4: 99-111.
26. Sweeney RW. Treatment of potassium balance disorders. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 1999; 15: 609-617.
27. Maingret F, Patel AJ, Lesage F, Lazdunski M, Honore E. Mechano acid stimulation, two interactive modes of activation of the TREK-1 potassium channel. *J Biol Chem* 1999; 274: 26691-26696.
28. Constable PD, Grunberg W. Hyperkalemia in diarrheic calves: Implications for diagnosis and treatment. *Vet J* 2013; 195: 271-272.
29. Trefz FM, Lorch A, Feist M, Sauter-Louis C, Lorenz I. The prevalence and clinical relevance of hyperkalaemia in calves with neonatal diarrhoea. *Vet J* 2012; 195(3): 350-356.
30. Trefz FM, Lorenz I. Plasma potassium concentrations in neonatal diarrhoeic calves are correlated with serum aldosterone concentrations but not with insulin concentrations. *Vet J* 2017; 230: 41-44.
31. Weisberg LS. Management of severe hyperkalemia. *Crit Care Med* 2008; 36: 3246-3251.
32. Fisch C. Relation of electrolyte disturbances to cardiac arrhythmias. *Circulation* 1973; 47: 408-419.
33. Garcia-Palmieri MR. Reversal of hyperkalemic cardiotoxicity with hypertonic saline. *Am Heart J* 1962; 64: 483-488.
34. Basoglu A, Aydogdu U. Terminal atrial standstill with ventricular escape rhythm in a neonatal calf with acute diarrhea. *Turk J Vet Anim Sci* 2013; 37: 362-365.
35. Montague BT, Ouellette JR, Buller GK. Retrospective review of the frequency of ECG changes in hyperkalemia. *Clin J Am Soc Nephrol* 2008; 3: 324-330.
36. Varga C, Kálmán Z, Szakáll A, et al. ECG alterations suggestive of hyperkalemia in normokalemic versus hyperkalemic patients, *BMC Emergency Medicine* 2019; 19: 33.
37. Levis JT. ECG diagnosis: Hyperkalemia. *Perm J* 2013; 17(1): 69.
38. Khan IA. Long QT syndrome: Diagnosis and management. *Am Heart J* 2002; 143(1): 7-14.
39. Joki N, Tokumoto M, Takahashi N, Nishimura M. Current perspectives on sudden cardiac death in hemodialysis patients. *Contrib Nephrol* 2018; 196: 5-12.