

## Ratlarda Propofol ve Ketamin Anestezisinin Kızılötesi Termografik Görüntüleme ile Farklı Bölgelerde Belirlenen Lokal Sıcaklık Değişimlerine ve Reflekslere Etkileri

### Effects of Propofol and Ketamine Anesthesia on Local Temperature Changes Determined in Different Regions by Infrared Thermographic Imaging and Reflexes in Rats

<sup>1,2</sup>Mehmet Zeki Yılmaz DEVECİ, <sup>1</sup>Cafer Tayer İŞLER, <sup>1</sup>Halil ALAKUŞ

<sup>1</sup>Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Cerrahi A.D., Tayfur Sökmen Yerleşkesi, Hatay, Türkiye

<sup>2</sup>University of Florida, College of Veterinary Medicine, Department of Small Animal Clinical Sciences, Gainesville, Florida, USA

Mehmet Zeki Yılmaz Deveci: <https://orcid.org/0000-0002-9532-247X>

Cafer Tayer İşler: <https://orcid.org/0000-0002-1910-8316>

Halil Alakuş: <https://orcid.org/0000-0001-9265-2310>

#### ÖZ

**Amaç:** Bu çalışmada iki farklı genel anestezi uygulanan ratlarda indüksiyon ve uyanma dönemlerinde hareket ve reflekslerin, ayrıca farklı vücut bölgelerinde kızılötesi termografik görüntüleme (KTG) ile lokal sıcaklık ölçümlerinin anestezi ve lokalizasyonlar açısından incelenmesi amaçlandı.

**Materyal ve Metot:** Çalışmada 20 adet Wistar rat kullanıldı. Ksilazin hidroklorür ile sedasyon uygulamasından sonra ratlar iki gruba (n=10) ayrılarak Grup 1 ketamin hidroklorür, Grup 2 ise propofol ile genel anesteziye alındı. Anestezi süresince hareket ve reflekslerin kayboluşu, uyanma döneminde ise bunların dönüş süreleri kaydedildi. KTG incelemesinde ağız, burun, göz, kulak ve rektum bölgelerinde anestezi öncesi, sırası ve sonrasında belirli sürelerde lokal sıcaklıklar kaydedildi.

**Bulgular:** Uyanma döneminde Grup 2'de duyu, hareket ve reflekslerde dönüş süreleri Grup 1'e göre anlamlı derecede fazla bulundu (p<0,05). KTG ölçümlerinde anestezi sırasında lokal sıcaklıklarda gruplar arasında anlamlı istatistiksel farklılıklar bulundu (p<0,05). Grup içi lokal sıcaklık karşılaştırmasında her iki grupta tüm bölgelerde önemli istatistiksel farklar bulundu (p<0,05).

**Sonuç:** Ratlarda KTG ile anestezi ve uyanma sürecinde değişen lokal sıcaklık dereceleri ve farklılıklar belirlendi. Her iki grup verilerine dayanarak en uygun lokal KTG alanının oküler bölge olduğu değerlendirildi. Gelecek çalışmalarda farklı patolojik lezyonların tanı ve iyileşme süreçlerinde KTG ile incelenmesinin faydalı olacağı düşünüldü.

**Anahtar Kelimeler:** Anestezi, ısı, kızılötesi termografik görüntüleme, uyanma, rat

#### ABSTRACT

**Objective:** This study aimed to investigate Infrared thermography (IRT) temperature measurements in rats administered two different anesthetics in terms of anesthetics and localizations.

**Materials and Methods:** Twenty Wistar rats were used in the study. After sedation with xylazine hydrochloride, the rats were divided into two groups (n=10). Group 1 was anesthetized with ketamine hydrochloride and Group 2 with propofol. The disappearance of movements and reflexes during the anesthesia and their return times during the awakening period were recorded. IRT recorded local temperatures before, during, and after anesthesia, including the mouth, nose, eye, ear, and rectum regions.

**Results:** It was determined that the return times in sense, movement, and reflexes were significantly longer in Group 2 than in Group 1 during the awakening period (p<0.05). IRT measurements during anesthesia revealed significant differences between groups (p<0.05). Statistically significant differences were found between all regions of both groups in-group comparison (p<0.05).

**Conclusion:** In rats, varying local temperatures and differences were determined during anesthesia and awakening with IRT. Both groups' data showed that the ocular region was the most suitable local IRT area. Further studies are needed to examine different pathological lesions by IRT in the diagnosis and healing processes.

**Keywords:** Anesthesia, heat, infrared thermographic imaging, rat, recovery

#### Sorumlu Yazar / Corresponding Author:

Mehmet Zeki Yılmaz Deveci

Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Tayfur Sökmen Kampüsü Veteriner Fakültesi Cerrahi Anabilim Dalı Antakya/HATAY, Türkiye

Tel: +90536 812 8294

E-mail: zekideveci@gmail.com

#### Yayın Bilgisi / Article Info:

Gönderi Tarihi/ Received: 10/01/2022

Kabul Tarihi/ Accepted: 23/07/2022

Online Yayın Tarihi/ Published: 01/09/2022

**Atf / Cited:** Deveci MZY ve ark. Ratlarda Propofol ve Ketamin Anestezisinin Kızılötesi Termografik Görüntüleme ile Farklı Bölgelerde Belirlenen Lokal Sıcaklık Değişimlerine ve Reflekslere Etkileri. *Online Türk Sağlık Bilimleri Dergisi* 2022;7(3):399-406. doi: 10.26453/otjhs.1055661

## GİRİŞ

Sağlık alanında kullanılan kızılötesi termografik görüntüleme (KTG), vücut yüzeyindeki sıcaklık desenlerini termogram adı verilen görüntü ile gösteren ve kaydeden yardımcı bir muayene yöntemidir. Çalışma ilkesi ısı yansımalarının görüntülenmesine dayanır. İyonize radyasyon veya zararlı başka bir etki söz konusu olmadan yangı veya ağrının bulunduğu yerdeki değişikliklerin belirlenmesine yardımcı olur.<sup>1</sup>

Geçmişten günümüze sağlık, askeri, endüstriyel, inşaat ve ısının olduğu birçok farklı çalışma alanında KTG kullanımı yaygınlık bulmuştur. Temas veya herhangi bir istenmeyen etki olmaksızın gerçek zamanlı görüntü sağlaması ile önemli üstünlükleri vardır. Sağlık alanında kızılötesi termal görüntüleme 1959 yılından beri kullanılmaktadır.<sup>2</sup> Ölçümler direkt veya indirekt temas olmadan, ilaçsız ve invazif hiçbir işlem yapılmadan kızılötesi kameralarla gerçekleştirilir.<sup>2,3</sup> Deri ve derialtında 6mm derinliğe kadar algılama sağlayan termografik görüntülerle vücuttaki yüzey sıcaklıkları belirlenir.<sup>4</sup> Anatomik ve fizyolojik simetriklerle benzer olarak vücutta termal simetri de vardır.<sup>5</sup> Dolayısıyla asimetric sıcaklık farkları belirlenerek anlamlı derecedeki farkların patolojik olduğu değerlendirilebilir. KTG'de aslanan sıcaklık şiddetinin ölçümünden ziyade sıcaklık değişimlerinin ölçülmesidir ve sağlık alanındaki araştırmalarda sıklıkla bu amaçla kullanılır. KTG ile 0.1°C gibi küçük lokal sıcaklık farklılıkları belirlenebilmesi çeşitli hastalıkların erken teşhisinde faydalı olmaktadır. Özellikle göreceli bir bulgu olan ağrının yeri ve yoğunluğunu gösteren bir tanı yöntemi olması önemlidir.<sup>1-3,6</sup>

KTG'nin en önemli üstünlüklerinden biri belirli bir mesafeden yapılabilen temassız bir yöntem olmasıdır. Böylece gerek diğer insanlardan bulaşabilecek COVID-19 gibi bulaşıcı hastalıklar, gerek ise hayvanlardan gelebilecek çeşitli zararların engellenmesi mümkün olabilir. KTG'nin bir diğer üstünlüğü ise, anatomik bütünlüğü bozulmamış doku ve organlardaki asemptomatik patolojilerden kaynaklanan fizyolojik değişimleri belirlemede yardımcı olmasıdır. Zira radyografiler, ultrasonografi, manyetik rezonans ve bilgisayarlı tomografi gibi görüntüleme yöntemleri doku ve organlardaki anatomik incelemeye odaklanmaktadır.

Genel anestezi uygulamaları cerrahi girişimlerde çoğu zaman gerekli olması nedeniyle yoğun araştırmalar yapılan bir alandır. Hayvanlarda ve insanlarda birçok genel anestezi uygulaması çeşitli yönlerden araştırılmıştır ve yeni çalışmalar yapılmaktadır.<sup>2,3,6-10</sup> Lidokain ve bupivakain gibi bazı lokal anesteziklerin lokal sıcaklıkları artırdığı bilinmektedir.<sup>11</sup> Yayınlanmış araştırmalar incelendiğinde ratlarda ksilazin premedikasyonu sonrasında ketamin ve propofol

genel anesteziinde duyu, hareket ve reflekslerin belirlendiği bir çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle bilimsel özgün veriler sağlanması için anestezi maddeleri olarak ketamin ve propofol çalışmamızda tercih edilmiştir. Bu bağlamda, birçok etken ile değişim gösteren KTG ölçüm sonuçları olmasına dayanarak, çalışmamızda ketamin ve propofol kullanılan iki farklı genel anestezi protokolü uygulanan ratlarda induksiyon ve uyanma dönemlerinde refleksler ve anestezi öncesi, sırası ve sonrasında farklı vücut bölgelerinde KTG sıcaklık ölçümlerinin anestezi ve lokalizasyonlar açısından incelenmesi amaçlanmıştır.

## MATERYAL VE METOT

**Çalışmanın Etik Durumu:** Çalışmada 20 adet 8-9 aylık yaşta, erkek, 330-450 g ağırlıkta Wistar albino ratlar kullanıldı. Çalışma planı ve yönteminin etik uygunluğu Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu kararı ile onaylanmıştır (Tarih: 18.03.2021, karar no: 2021/02-10).

Çalışma başlangıcından bir hafta önce deney hayvanları rutin sağlık kontrollerinden geçirildi. Her kafeste 4-5 birey olacak şekilde standartlara uygun şeffaf mika duvarlı kafeslerde ad libitum yem ve su alımı ile barındırıldı. Ortamda %50-55 nem oranı, 23 ± 2°C ortam sıcaklığı, 12/12 saat aydınlık/karanlık döngü ritmi ve yeterli havalandırma sistemi şartlarında adaptasyonları sağlandı. KTG ölçümlerinin yapılmasında Trotec EC 060 V (Heinsberg, Almanya) kızılötesi termografi cihazı kullanıldı. Çalışmada kullanılan deney hayvanları için dışlama kriterleri; 8 aydan küçük ve 9 aydan büyük yaşta olması, dişi olması, 330 g'dan düşük veya 450 g'dan yüksek ağırlıkta olması, sağlık durumunda genel veya lokal patoloji bulunmasıdır.

Çalışmanın iki farklı genel anestezi prosedürü ile yapılması planlandı. Genel anestezi öncesi sedasyon amacıyla ksilazin hidroklorür (10 mg/kg IM, Alfazyn® %2 Egevet, İzmir, Türkiye) uygulandıktan sonra ratlar iki gruba (her grupta 10 hayvan) ayrılarak Grup 1 ketamin hidroklorür (40 mg/kg IM, Alfamine® %10 Egevet, İzmir, Türkiye), Grup 2 ise propofol (20 mg/kg IM, Propofol %2 Fresenius® Fresenius Kabi, Graz, Austria) ile genel anesteziye alındı. Anesteziye giriş aşamasında sternal yatış pozisyonu alma, baş hareketi, ağrı duyusu, palpebral refleks ve yutkunma refleksi süreleri kaydedildi. Anesteziden uyanmada kuyruk refleksi, baş hareketi, ağrı duyusu, palpebral refleks, yutkunma refleksi, ayağa kalkma çabası ve ayağa kalkma süreleri kaydedildi. KTG ölçümleri cihaz için en uygun mesafe ve açı olarak yaklaşık 0,3-0,5 m mesafeden ve 70-90° açı ile yapıldı.

Termografik incelemede ağız, burun, göz, kulak ve rektum bölgelerini içeren çekimlerle anestezi öncesi,

anestezi sırası 10., 20 ve 30. dakikalar, anestezi sonrasında ise 10., 20. ve 30. dakikalarda ölçülen lokal sıcaklıklar kaydedildi.

**İstatistiksel Analiz:** İstatistiksel analizde gruplar arası karşılaştırmalarda One Way ANOVA ve Post-Hoc Tukey, grup içi karşılaştırmalarda Student-t ve Mann Whitney U testleri kullanıldı.  $p < 0,05$  değeri istatistiksel anlamlı fark olarak değerlendirildi.

## BULGULAR

Grup 1'de (ketamin) anestezi indüksiyonunda gözlerin açık kaldığı, Grup 2'de (propofol) ise yeterli analjezik etkinin oluşmadığı muayenelerle belirlendi. Anesteziye girişte kuyruk refleksi, baş hareketi,

ağrı duyusu, palpebral refleks ve yutkunma refleksi kaybolma sürelerinde gruplar arasında anlamlı farklılık görülmedi. Deney hayvanı gruplarının anesteziye girişte hareket ve reflekslerin kaybolma süreleri Tablo 1'de sunuldu.

Uyanma döneminde Grup 2'de ağrı duyusu, palpebral refleks ve yutkunma refleksi dönüş sürelerinin anlamlı derecede (sırasıyla  $p=0,001$ ,  $p=0,002$ ,  $p=0,004$ ) daha uzun olduğu belirlendi. Deney hayvanlarının gruplara göre anesteziye uyanmada kuyruk refleksi, baş hareketi, ağrı duyusu, palpebral refleks ve yutkunma refleksi dönüş süreleri Tablo 2'de sunuldu.

**Tablo 1.** Anesteziye girişte deney hayvanı gruplarının hareket ve reflekslerinde kaybolma süreleri (dk).

Anesteziye Giriş	Kuyruk Refleksi	Baş Hareketi	Ağrı Duyusu	Palpebral Refleks	Yutkunma Refleksi
Grup 1 (n:10)	4,20±1,38	5,30±4,40	5,80±4,32	5,80±3,82	6,60±4,95
Grup 2 (n:10)	5,30±0,77	7,00±3,65	7,20±2,53	6,70±4,35	7,50±4,01
p	0,052	0,089	0,075	0,436	0,123

**Tablo 2.** Anesteziye uyanma döneminde deney hayvanı gruplarının hareket ve reflekslerinde dönüş süreleri(dk).

Anesteziye Uyanma	Kuyruk Refleksi	Baş Hareketi	Ağrı Duyusu	Palpebral Refleks	Yutkunma Refleksi
Grup 1 (n:10)	73,00±8,82	46,30±6,16	24,30±2,85	36,20±3,92	46,67±4,41
Grup 2 (n:10)	92,11±15,75	90,11±19,93	103,77±15,83	112,33±16,58	126,00±19,67
p	0,292	0,063	<b>0,001</b>	<b>0,002</b>	<b>0,004</b>

Uyanma döneminde Grup 2'de sternal yatış pozisyonu alma, ayağa kalkma çabası ve ayağa kalkma sürelerinin anlamlı derecede (sırasıyla  $p=0,043$ ,  $p=0,022$ ,  $p=0,022$ ) daha uzun olduğu belirlendi. Deney hay-

vanlarının gruplara göre anesteziye uyanmada sternal yatış, ayağa kalkma çabası ve ayağa kalkma dönüş süreleri Tablo 3'te sunuldu.

**Tablo 3.** Anesteziye uyanma döneminde deney hayvanı gruplarının yatış ve kalkma hareketlerinde dönüş süreleri (dk).

Anesteziye Uyanma	Sternal Yatış	Ayağa Kalkma Çabası	Ayağa Kalkma
Grup 1 (n:10)	82,80±11,49	85,60±11,03	93,30±10,77
Grup 2 (n:10)	134,67±20,51	146,22±19,85	156,78±21,87
p	<b>0,043</b>	<b>0,022</b>	<b>0,022</b>

Lokal KTG incelemelerinde her iki grupta anestezi öncesi, sırası ve sonrasında ölçüm yapılan aynı bölgelere ait gruplar arası karşılaştırmalarda istatistiksel olarak anlamlı farklar bulundu ( $p < 0,05$ ). Grup içi farklı vücut bölgelerine ait lokal sıcaklık ölçümlerinin karşılaştırmalarında da tüm bölgeler arasında istatistiki açıdan önemli farklar bulundu ( $p < 0,05$ ). KTG ölçümlerinde Grup 2 anestezi sırasında ağız bölgesinde 30. dakika, burun bölgesinde 20. dakika, kulak bölgesinde 20. ve 30. dakika ölçümlerinde

lokal sıcaklıklar istatistiki açıdan anlamlı derecede (sırasıyla  $p=0,022$ ,  $p=0,002$ ,  $p=0,036$ ) Grup 1'e göre yüksek bulundu. Anestezi sonrasında Grup 2 sonuçları burun bölgesinde 10., 20. ve 30. dakikalardaki lokal sıcaklık ölçümleri anlamlı derecede (sırasıyla  $p=0,009$ ,  $p=0,001$ ,  $p=0,008$ ) yüksek bulundu. Grup içi lokal sıcaklık karşılaştırmasında da tüm bölgeler arasında istatistiki açıdan önemli farklar bulundu ( $p < 0,05$ ). KTG ölçümlerine göre her iki grupta lokal sıcaklıkların oküler bölgede en yüksek,

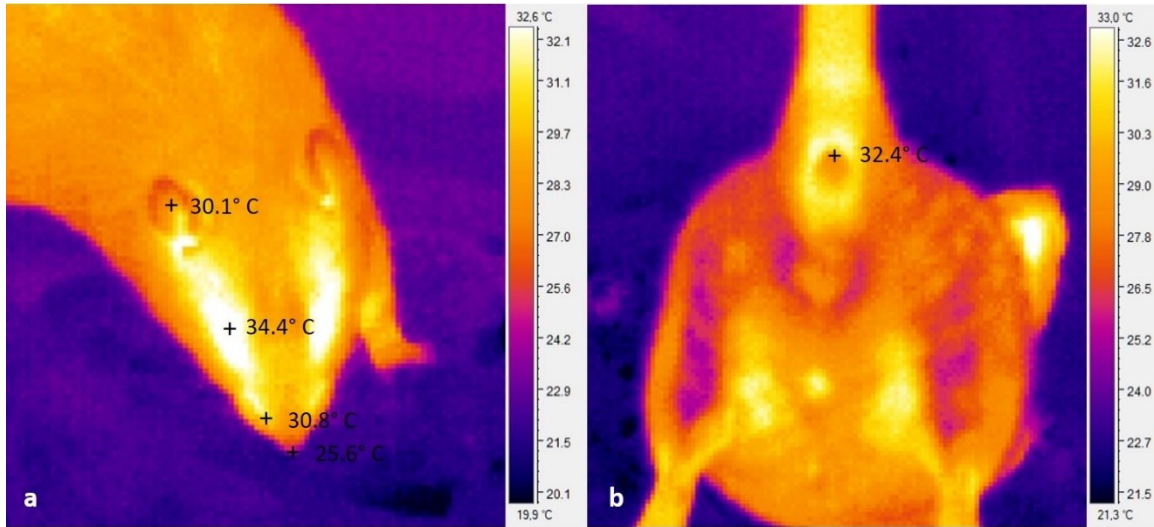
nazal bölgede ise en düşük olduğu belirlendi. Deney hayvanı gruplarının anestezi öncesi, anestezi sırası 10., 20. ve 30. dakikalar, anestezi sonrasında ise 10., 20. ve 30. dakikalarda ağız, burun, göz, kulak ve

rektum bölgelerinin lokal sıcaklıklarının ölçümlerini içeren KTG incelemesi sonuçları Tablo 4'te sunuldu. KTG ile lokal sıcaklık ölçümlerini gösteren örnek görüntüler Şekil 1'de gösterildi.

**Tablo 4.** Grupların anestezi öncesi, sırası ve sonrasında farklı bölgelerden ölçülen kızılötesi termografik görüntüleme sonuçları.

Ölçüm Zamanı	Grup	Oral*	Nazal*	Oküler*	Kulak*	Rektal*
Anestezi Öncesi	Grup 1 (n:10)	30,94±0,51 <sup>ab</sup>	29,00±0,36 <sup>a</sup>	34,59±0,24 <sup>d</sup>	32,06±0,88 <sup>bc</sup>	33,52±0,31 <sup>cd</sup>
	Grup 2 (n:10)	31,99±0,30 <sup>a</sup>	29,65±0,37 <sup>c</sup>	34,18±0,72 <sup>b</sup>	33,77±0,76 <sup>ab</sup>	33,26±0,46 <sup>ab</sup>
	p	0,103	0,222	0,598	0,165	0,637
Anestezi Sırası 10, dk	Grup 1 (n:10)	33,29±0,41 <sup>a</sup>	29,22±0,44 <sup>b</sup>	34,72±0,30 <sup>a</sup>	30,50±0,84 <sup>b</sup>	33,22±0,38 <sup>a</sup>
	Grup 2 (n:10)	33,84±0,58 <sup>a</sup>	30,67±0,77 <sup>b</sup>	34,08±0,63 <sup>a</sup>	32,13±1,02 <sup>ab</sup>	33,81±0,40 <sup>a</sup>
	p	0,435	0,133	0,549	0,243	0,299
Anestezi Sırası 20, dk	Grup 1 (n:10)	33,05±0,49 <sup>a</sup>	29,24±0,48 <sup>b</sup>	33,75±0,35 <sup>a</sup>	29,86±0,96 <sup>b</sup>	30,56±0,95 <sup>b</sup>
	Grup 2 (n:10)	33,57±0,32 <sup>ab</sup>	31,72±0,47 <sup>b</sup>	34,61±0,38 <sup>a</sup>	32,88±0,91 <sup>ab</sup>	32,06±0,57 <sup>b</sup>
	p	0,399	<b>0,002</b>	0,102	<b>0,036</b>	0,207
Anestezi Sırası 30, dk	Grup 1 (n:10)	32,21±0,53 <sup>ab</sup>	29,17±0,51 <sup>bc</sup>	32,69±1,12 <sup>a</sup>	29,60±1,04 <sup>abc</sup>	30,77±0,66 <sup>ab</sup>
	Grup 2 (n:10)	34,06±0,49 <sup>a</sup>	30,40±1,67 <sup>bc</sup>	33,78±0,68 <sup>a</sup>	32,89±0,72 <sup>ab</sup>	31,29±0,33 <sup>abc</sup>
	p	<b>0,022</b>	0,450	0,430	<b>0,021</b>	0,507
Anestezi Sonrası 10, dk	Grup 1 (n:10)	32,41±0,51 <sup>a</sup>	28,37±0,56 <sup>b</sup>	33,82±0,58 <sup>a</sup>	31,56±0,62 <sup>a</sup>	31,79±0,56 <sup>a</sup>
	Grup 2 (n:10)	32,90±0,43 <sup>a</sup>	30,74±0,57 <sup>b</sup>	33,47±0,29 <sup>a</sup>	32,39±0,64 <sup>ab</sup>	31,42±0,67 <sup>ab</sup>
	p	0,478	<b>0,009</b>	0,597	0,368	0,676
Anestezi Sonrası 20, dk	Grup 1 (n:10)	32,38±0,52 <sup>a</sup>	27,34±0,47 <sup>b</sup>	33,70±0,51 <sup>a</sup>	31,48±0,66 <sup>a</sup>	31,64±0,55 <sup>a</sup>
	Grup 2 (n:10)	32,18±0,35 <sup>a</sup>	30,26±0,51 <sup>b</sup>	33,58±0,21 <sup>a</sup>	32,32±0,57 <sup>a</sup>	31,67±0,58 <sup>ab</sup>
	p	0,755	<b>0,001</b>	0,827	0,354	0,974
Anestezi Sonrası 30, dk	Grup 1 (n:10)	32,66±0,49 <sup>ab</sup>	27,98±0,62 <sup>c</sup>	34,59±0,59 <sup>a</sup>	33,00±0,59 <sup>ab</sup>	32,03±0,73 <sup>b</sup>
	Grup 2 (n:10)	32,88±0,48 <sup>ab</sup>	30,71±0,67 <sup>b</sup>	34,24±0,36 <sup>a</sup>	33,06±0,71 <sup>ab</sup>	31,86±0,71 <sup>ab</sup>
	p	0,756	<b>0,008</b>	0,315	0,952	0,867

\*: °C, ortalama ± standart hata; Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel anlamlı farklılık bulunduğunu belirtir.



**Şekil 1.** Örnek KTG lokal sıcaklık ölçümleri a: Önden; b: Arkadan.

Önden yapılan KTG çekimlerinde oral, nazal, oküler ve kulak bölgelerinin, arkadan yapılan çekimde ise rektal bölgenin örnek ölçümleri °C değerleriyle birlikte gösterilmiştir. Her görüntünün termografik renk

skalası çekime özeldir ve her çekimde cihaz yeni skala oluşturur.

## TARTIŞMA VE SONUÇ

KTG temassız olarak dokulardaki yüzeysel sıcaklık değişimlerini değerlendirmeyi sağlar. Gerçek zamanlı, non-invaziv ve yan etkisi olmayan bir yöntem olması önemli avantajlarıdır. KTG'nin belki de en önemli üstünlüğü asemptomatik patolojik durumlarda sıcaklık değişikliklerine karşı yüksek hassasiyete sahip olmasıdır.<sup>2,3,6</sup> Ölçümlerde yaş, cinsiyet, kilo, metabolizma, ölçülen doku bölgesinin topografyası ve kan dolaşımına bağlı olarak vücut yüzey sıcaklığı değişiklik gösterebilir.<sup>2-4,6</sup> Lokal lezyonlar veya sistemik hastalıkların tanısında KTG insanlarda ve hayvanlarda birçok türde kullanılmaktadır. Son yıllarda KTG ile özellikle cerrahi işlemler, anestezi ve ağrıya ilişkin araştırmalar yapılmıştır.<sup>11-13</sup> Kızılötesi termografik görüntüleme gibi temassız yöntemler kontaminasyon riskini azaltması, hızlı ve gerçek zamanlı sonuç vermesi, ağrı gibi göreceli bir bulguyu sıcaklık derecesiyle kantitatif olarak belirleyebilmesi, ekonomik, noninvazif, kolay ve güvenli olması gibi önemli üstünlükleriyle öne çıkmaktadır. Çalışma hipotezimizde ksilazin premedikasyonu ile ketamin veya propofol olmak üzere iki farklı genel anestezi uygulamasında sıçanlarda reflekslerin ve lokal sıcaklıkların karşılaştırmalı değerlendirilmesi amaçlandı. Böylece hem anesteziklerin etkileri hem de farklı vücut bölgelerindeki KTG ölçümleri karşılaştırıldı. Kızılötesi termografik görüntüleme ısı enerjisi ölçüldüğü için ortamdaki ışık miktarı veya yoğunluğu sonuçları etkilemez.<sup>2,3</sup> Ancak KTG çekimleri sırasında güneş ışınları, hava şartları, nem gibi ortam şartları vücutta genel veya lokal sıcaklık değişimlerine yol açabilir.<sup>5,14</sup> Fizyolojisi değiştirecek etkinlikler ve çevresel faktörler olmamalıdır. Kötü hava, doğrudan güneş ışığı, stres, beslenme ve benzeri şartlarda doğru sonuçlar vermemesi KTG'nin kısıtlamalarıdır. Belirli standartlardaki ortam şartlarında deney hayvanlarında gerçekleştirilen araştırmalarda güneş, hava şartları ve beslenme değişimleri söz konusu olmadığından bunun dezavantaj olmayacağı düşünüldü. Çalışmamızda deney hayvanları standart koşullarda aynı ortamda adaptasyon ve akabinde genel anestezi ile KTG ölçümleri yapılması sayesinde bu faktörler söz konusu olmamıştır. Genel anestezi uygulaması sayesinde stres faktörleri minimize edilmiş ve hem anestezi maddeye göre sıcaklık değişimleri hem de farklı bölgelerdeki sıcaklık değişimleri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Ölçümlerin hassasiyetini etkileyecek kalın tüy örtüsü olması durumunda tıraşlanması gerekir.<sup>14,15</sup> Çalışmamızda ölçümlerin yapıldığı bölgelerin genel olarak tüysüz veya az tüylü olması da tüy örtüsü handikapı olmasını sağlamıştır.

Erkek NMRI nude farelerde yapılan bir araştırmada subkutan, intraperitoneal ve rektal ölçümler yapılmıştır. Sonuç olarak farelerde KTG'nin kullanışlı ve güvenilir bir yöntem olduğu, ancak tüy örtüsü yoğun

alanlarda ek çalışmalar yapılması gerektiği bildirilmiştir.<sup>15</sup> Sıçanlarda ve tavşanlarda oküler bölge sonuçları rektal bölgeden önemli derecede yüksek bulunmuştur.<sup>16</sup> Tavşanlarda KTG ile değerlendirmeye en uygun alanlar oküler ve kulak (iç) olarak bildirilmiştir.<sup>17</sup> Domuzlarda anestezi kaynaklı vücut sıcaklık değişimlerinin KTG ile göz ve kulak gibi bölgelerden hassasiyetle ölçülebildiği gösterilmiştir.<sup>18</sup> Çalışmamızda yapılan ölçümler sonucunda ratlarda en uygun bölgeler baş bölgesinde oküler alan ve arka bölgede rektal alan olarak belirlendi. Ayrıca, bir çalışmada obez hastalarda deri altı yağ dokusunun daha fazla olması ve ısı yalıtımını artırması nedeniyle ölçümlerde dikkati çeken daha düşük lokal sıcaklıklar olabilir.<sup>19</sup> Çalışmamızdaki hayvanların obez olmaması ve ölçüm yapılan bölgelerin çok yağlı bölgeler olmaması nedeniyle böyle bir dezavantaj ortaya çıkmadı.

KTG'nin temassız gerçekleştirilmesi gerek muayeneler gerek deneysel çalışmalarda önemli üstünlük sağlamaktadır. KTG görüntüleri bölgenin hareketinden çok etkilenmez ve gerçek zamanlı değerlendirmeler yapılabilir. Vücutta bir bölgeye odaklanarak yapılan termal kamera ölçümlerinde çevredeki diğer anormal verilerin ortaya çıkışı azalacaktır.<sup>20</sup> KTG'de termal kamera ile ölçülecek bölge arasındaki mesafenin fazla olmaması gerekir. Bu mesafe ölçüm yapılan bölgeye ve cihazın özelliğine göre ortalama 0,5 - 1 m civarındadır. Ölçüm açısı ise 90°'ye yakın olmalıdır.<sup>2,3,21</sup> Açı olarak 90° en iyi olsa da  $\pm 20^\circ$ 'ye kadar (70-110° gibi) farklılıklar da uygundur.<sup>22</sup> Bazı araştırmacılar mesafenin bölgeye göre 0,5 m'ye kadar düşmesi gerektiğini söylemektedir.<sup>23,24</sup> Çalışmamızda KTG ölçümleri, denemelerle cihaz için en uygun bulunan 0,3 - 0,5 m mesafeden ve 70-90° açı ile yapıldı.

Lidokain ve bupivakain gibi bazı lokal anesteziklerin bölgesel blokaj veya lokal anestezi uygulamalarında sempatik blok ve vazodilatasyon etkisiyle lokal sıcaklıkları artırdığı belirtilmektedir.<sup>11</sup> Kan basıncını etkileyen faktörler kapillar damarlardaki kan akımını etkileyerek dolaylı yoldan vücut veya belirli bölgelerdeki doku sıcaklığını değiştirebilmektedir.<sup>25</sup> Bölgesel blok uygulamasının anestezi etkinliğini veya bölgesel analjeziyi belirlemede KTG güvenilir bir gösterge olarak kullanılmaktadır. Bu amaçla yapılan ve subjektif değerlendirmeler olan geleneksel sıcak-soğuk veya çimdikleme uyarımları göreceli olması ve hasta yanıtı gerektirmesi nedeniyle dezavantajlıdır. Genel anestezi uygulanan bireylerde bu geleneksel yöntemler etkin olmamaktadır.<sup>25,26</sup> Epidural analjezik uygulamalarında da benzer özellikler bildirilmiştir.<sup>27</sup> KTG, anestezi ve analjezi etkinliğini değerlendirmede başarılı bulunmakla birlikte, sedasyon ve anestezi uygulamalarında, özellikle farklı bölgelerde lokal sıcaklıkların arttığı ancak bölgenin kendi içinde merkezden periferik gidildikçe lokal

sıcaklıkların azaldığı belirtilmektedir.<sup>13</sup> Bir pilot çalışmada köpeklerde stresin KTG ile değerlendirilmesi yapılmıştır. Köpeklerdeki stres ve duygusal değişimlerin belirlenmesinde termografik görüntüleme kullanışlı bulunmuş fakat daha fazla araştırılması gerektiği vurgulanmıştır.<sup>28</sup> KTG ile laboratuvar hayvanlarında ağrı değerlendirmesi yapılan bir çalışmada değişimlerin en çok vazodilasyon ve vazokonstriksiyondan etkilendiği belirtilmiştir. KTG ağrı değerlendirmesinde oldukça kullanışlı bir yöntem olarak hem araştırmalarda hem de hayvan sağlığı uygulamalarında önerilmiştir.<sup>3</sup> Böylece, son yıllardaki araştırmalarla KTG mekanizmaları ve etkinliği hakkında oluşan bilimsel görüş birliği artmaktadır. Gerek laboratuvar hayvanları, gerek diğer canlılarda, KTG etkin ve birçok avantajıyla uygun bir yöntem olarak değerlendirilmektedir.<sup>29,30</sup> Çalışmamızda KTG'nin kullanışlılığına ek olarak ksilazin premedikasyonundan sonra deney hayvanlarının ketamin ve propofol genel anestezisi ile ayrı gruplarda hem anestezisi açısından hem de lokal sıcaklıklar açısından sonuçlar elde edilmesi özgün veriler sağlamıştır.

Deney hayvanlarında genel anestezide tek başına veya kombine olarak ketamin ve propofol kullanımının incelendiği araştırmalar kısıtlıdır.<sup>2,3,6-10</sup> Çalışmamızda anestezide giriş etkileri açısından ketamin ve propofol arasında belirgin fark olmaması geçmiş çalışmalarla benzer ve beklenen bir sonuçtur.<sup>7-9</sup> Anesteziden uyanmada ise ağrı duyusu, palpebral refleksi, yutkunma refleksi ve uyanma hareketlerinde Grup 2'de (propofol) daha uzun sürede dönüş olması dikkati çekmektedir. Geçmiş çalışmalar incelendiğinde ratlarda ketamin ve propofol genel anestezisinde anestezide giriş ve uyanmada belirtilen bu sürelerin incelenmediği ve ilk kez çalışmamızda ortaya konduğu görülmektedir. Bu bağlamda, çalışmamızda anestezisi uygulamalarında sıklıkla tercih edilen ketamin ve propofol etken maddelerinin reflekslere lokal sıcaklıklara etkilerinin karşılaştırılması hekim ve anestezistlerin tercihlerini etkileyebilecek özgün veriler sağlamaktadır.

Yapılan çalışmalarda ölçülen KTG değerleri arasında birçok faktöre bağlı farklılıklar olabilmektedir.<sup>3,15</sup> Çalışmamızda değerlendirilen bölgelerde genel anestezisi öncesi, sırası ve sonrasında termografik değişimler incelendiğinde değerlerde bölgelere göre farklı değişimler izlendi. Lokal sıcaklıkların anestezisi sırasında ve sonrasında oral bölgede arttığı, kulak ve rektal bölgede azaldığı, oküler bölgede belirgin değişim olmadığı ve daha stabil olduğu, nazal bölgede ise daha hafif değişimlerle hem artış hem azalış bildirildiği belirlendi. Verilerde istatistiksel olarak anlamlı değişimler içeren sonuçlar görülmektedir. Bu nedenle dokularda 2-3°C civarında oluşan sıcaklık değişimlerinin anlamlı kabul edilebileceği düşünüldü.

Çalışmamızın sınırlamaları olarak etik nedenlerle asgari sayıda deney hayvanında inceleme yapılması ve çalışmada sadece erkek hayvanlar olması nedeniyle dişi ve erkek hayvanlar arasındaki farkların değerlendirilmemesi belirtilebilir. Sonuç olarak ratlarda ksilazin premedikasyonuna eklenen ketamin veya propofol genel anestezisinde induksiyon ve uyanma sürecinde hareket ve reflekslerin süreleri belirlendi. Ayrıca bu süreçte değişen lokal sıcaklık dereceleri kızılötesi termografik görüntüleme ölçümleri ve bunların istatistiksel değerlendirmesi yapılarak en uygun lokal termografi alanının oküler bölge olduğu değerlendirildi. Gelecek çalışmalara bu anlamda ışık tutan mevcut verilerle farklı ilaçların veya anesteziklerin genel veya lokal sıcaklık değişimine etkilerinin araştırılmasına bir ön katkı sağlanmıştır. Gelecek çalışmalarda farklı anesteziklerin genel veya lokal sıcaklık değişimine etkileri, ya da bazı patolojik lezyonların tanı ve iyileşme süreçlerindeki sıcaklık değişimlerinin kızılötesi termografik görüntüleme yöntemiyle incelenmesinin faydalı olacağı düşünüldü.

**Etik Komite Onayı:** Çalışmamız Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu tarafından onaylandı (Tarih: 18.03.2021, karar no: 2021/02-10).

**Çıkar Çatışması:** Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

**Yazar Katkıları:** Fikir – CTİ; Denetleme-CTİ, MZYD; Malzemeler – CTİ, HA; Veri toplanması ve/veya işlenmesi- MZYD, HA; Analiz ve/veya yorum – MZYD, CTİ; Yazıyı yazan – MZYD, CTİ.

**Hakem Değerlendirmesi:** Dış bağımsız.

## KAYNAKLAR

1. Düzgün D, Or M. Termal kameraların tıpta veteriner hekimlikte kullanımı. TÜBAV Bilim Derg. 2009;2(4):468-475.
2. Khaksari K, Nguyen T, Hill BY, ve ark. Review of the efficacy of infrared thermography for screening infectious diseases with applications to COVID-19. J Med Imaging (Bellingham). 2021;8(Suppl 1):010901. doi:10.1117/1.JMI.8.S1.010901
3. Mota-Rojas D, Olmos-Hernández A, Verduzco-Mendoza A, ve ark. Infrared thermal imaging associated with pain in laboratory animals. Exp Anim. 2021;70(1):1-12. doi:10.1538/expanim.20-0052
4. Mike R, Dunbar MS. Use of infrared thermography to detect thermographic changes in Mule Deer (*Odocoileus Hemionus*) experimentally infected with foot and mouth disease. J Zoo Wildl Med. 2009;40(2):296-301. doi:10.1638/2008-0087.1
5. Alan A. Termografi ve veteriner hekimliğinde

- kullanımı. Erciyes Üniv Vet Fak Derg. 2012;9 (2):33-140.
6. Cai F, Jiang X, Hou X, ve ark. Application of infrared thermography in the early warning of pressure injury: A prospective observational study. *Journal of Clinical Nursing*. 2021;30(3-4):559-571. doi:10.1111/jocn.15576
  7. Brookes ZL, Reilly CS, Brown NJ. Differential effects of propofol, ketamine, and thiopental anesthesia on the skeletal muscle microcirculation of normotensive and hypertensive rats in vivo. *Br J Anaesth*. 2004;93(2):249-256. doi:10.1093/bja/aeh190
  8. Shiga Y, Minami K, Uezono Y, ve ark. Effects of the intravenously administered anaesthetics ketamine, propofol, and thiamylal on the cortical renal blood flow in rats. *Pharmacology*. 2003;68(1):17-23. doi:10.1159/000068728
  9. Tung A, Herrera S, Fornal CA, Jacobs BL. The effect of prolonged anesthesia with isoflurane, propofol, dexmedetomidine, or ketamine on neural cell proliferation in the adult rat. *Anesth Analg*. 2008;106(6):1772-1777. doi:10.1213/ane.0b013e31816f2004
  10. Molina AM, Moyano MR, Serrano-Rodriguez JM, Ayala N, Lora AJ, Serrano-Caballero JM. Analyses of anaesthesia with ketamine combined with different sedatives in rats. *Vet Med (Praha)*. 2015;60(7):368-375. doi:10.17221/8384-VETMED
  11. Holmes LC, Gaughan EM, Gorondy DA, Hogge S, Spire MF. The effect of perineural anesthesia on infrared thermographic images of the forelimb digits of normal horses. *Can Vet J*. 2003;44(5):392-396.
  12. Küls N, Blissittb KJ, Shaw DJ, Schoffmannb G, Clutton RE. Thermography as an early predictive measurement for evaluating epidural and femoral sciatic block success in dogs. *Vet Anaesth Analg*. 2017;44(5):1198-1207. doi:10.1016/j.vaa.2016.11.009
  13. Bruins AA, Kistemaker KRJ, Boom A, ve ark. Thermographic skin temperature measurement compared with cold sensation in predicting the efficacy and distribution of epidural anesthesia. *J Clin Monit Comput*. 2018;32(2):335-341. doi:10.1007/s10877-017-0026-y
  14. Kotrba R, Knizkova I, Kunc P, Bartosa L. Comparison between the coat temperature of the eland and dairy cattle by infrared thermography. *J Therm Biol*. 2007;32(6):355-359. doi:10.1016/j.jtherbio.2007.05.006
  15. Fiebig K, Jourdan T, Kock MH, Merle R, Thöne-Reineke C. Evaluation of infrared thermography for temperature measurement in adult male nmri nude mice. *J Am Assoc Lab Anim Sci*. 2018;57(6):715-724. doi:10.30802/AALAS-JAALAS-17-000137
  16. Vogel B, Wagner H, Gmoser J, ve ark. Touch-Free measurement of body temperature using close-up thermography of the ocular surface. *MethodsX*. 2016;3:407-416. doi:10.1016/j.mex.2016.05.002
  17. Luzi F, Carezzi C, Gargano M, Verga M, Ludwig N. Applicability of infrared thermography as a non invasive measurements of stress in rabbit. *World Rabbit Sci*. 2007;15(4):199-206.
  18. English J, Johnson A, Stalder K, Karriker L, Parris-Garcia M, Bruns C. Evaluation of how anesthesia affect body temperature in sows using infrared thermography. *Animal Industry Report*. 2018;15(1). doi:10.31274/ans\_air-180814-399
  19. Childs C, Soltani H. Abdominal cutaneous thermography and perfusion mapping after caesarean section: a scoping review. In *J Environ Res*. 2020;17(22):8693. doi:10.3390/ijerph17228693
  20. Narayan E, Perakis A, Meikle W. Using thermal imaging to monitor body temperature of koalas (*phascogaleos cinereus*) in a zoo setting. *Animals*. 2019;9(12):1094. doi:10.3390/ani9121094
  21. Mccafferty DJ. The value of infrared thermography for research on mammals: previous applications and future directions. *Mammal Review*. 2007;37(3):207-223. doi:10.1111/j.1365-2907.2007.00111.x
  22. Westermann S, Buchner HHF, Schramel JP, Tichy A, Stanek C. Effects of infrared camera angle and distance on measurement and reproducibility of thermographically determined temperatures of the distolateral aspects of the forelimbs in horses. *J Am Vet Med Assoc*. 2013;242(3):388-395. doi:10.2460/javma.242.3.388
  23. Durrant BS, Ravidia N, Spady T, Cheng A. New technologies for the study of carnivore reproduction. *Theriogenology*. 2006;66(6-7):1729-1736. doi:10.1016/j.theriogenology.2006.02.046
  24. Capraro GA, Coughlin BF, Mader TJ, Smithline HA. Testicular cooling associated with testicular torsion and its detection by infrared thermography: an experimental study in sheep. *J Urol*. 2008;180(6):2688-2693. doi:10.1016/j.juro.2008.08.004
  25. Casas-Alvarado A, Mota-Rojas D, Hernández-Ávalos I, ve ark. Advances in infrared thermography: surgical aspects, vascular changes, and pain monitoring in veterinary medicine. *J Therm Biol*. 2020;92:102664. doi:10.1016/j.jtherbio.2020.102664
  26. Freise H, Meissner A, Lauer S, ve ark. Thoracic epidural analgesia with low concentration of bupivacaine induces thoracic and lumbar sympathetic block: a randomized, double-blind clinical trial. *Anesthesiology*. 2008;109(6):1107-1112. doi:10.1097/ALN.0b013e31818db16c

27. Larsson J, Gordh TE. Testing whether the epidural works: too time consuming? *Acta Anaesthesiol Scand.* 2010;54(6):761-763. doi:10.1111/j.1399-6576.2009.02189.x
28. Travain T, Colombo ES, Heinzl E, Bellucci D, Previde, EP, Valsecchi, P. Hot dogs: thermography in the assessment of stress in dogs (*canis familiaris*)—a pilot study. *J Vet Behav.* 2015;10(1):17-23. doi:10.1016/j.jveb.2014.11.003
29. Datsenko AV, Kazmin VI. Use of a remote infrared thermography in experimental medicine at extreme influences (review). *Saratov J Med Sci Research.* 2016;12(4):685-691.
30. Travain T, Valsecchi P. Infrared thermography in the study of animals' emotional responses: a critical review. *Animals.* 2021;11(9):2510. doi:10.3390/ani11092510