

Tesis Doctoral

Olga Benavent Casanova



VNIVERSITAT  
DE VALÈNCIA (Q̄ ʌ)  
Facultat de Medicina i Odontologia

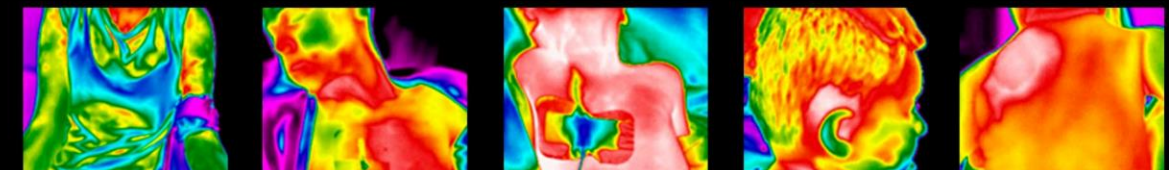
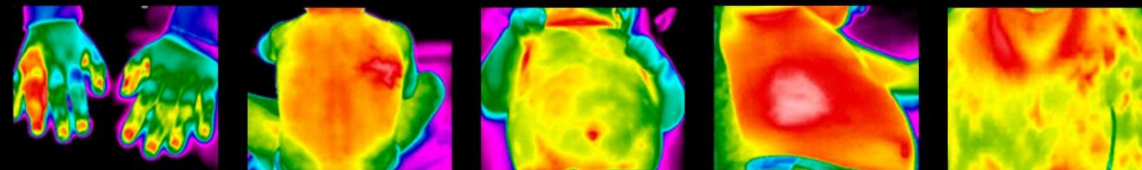
Departamento de Fisiología  
Programa de Doctorado en Fisiología

## Aplicación de la Termografía Infrarroja en Pediatria: Análisis de las alteraciones de la microcirculación cutánea

Tesis Doctoral

Presentada por:  
Olga Benavent Casanova

Dirigida por:  
Dra. M.<sup>a</sup> Rosario Salvador Palmer  
Dra. Rosa M.<sup>a</sup> Cibrián Ortiz de Anda  
Dr. Francisco Núñez Gómez



2020

Valencia, enero de 2020





VNIVERSITAT  
DE VALÈNCIA

Facultad de Medicina y Odontología

Departamento de Fisiología

Programa de Doctorado en Fisiología

# **Aplicación de la Termografía Infrarroja en Pediatría: Análisis de las alteraciones de la microcirculación cutánea**

Tesis Doctoral presentada por:

**Olga Benavent Casanova**

Dirigida por:

**M.<sup>a</sup> Rosario Salvador Palmer  
Rosa M.<sup>a</sup> Cibrián Ortiz de Anda  
Francisco Núñez Gómez**

Valencia, enero 2020





VNIVERSITAT  
DE VALÈNCIA

Facultad de Medicina y Odontología

Departamento de Fisiología

Programa de Doctorado en Fisiología

# **Aplicación de la Termografía Infrarroja en Pediatría: Análisis de las alteraciones de la microcirculación cutánea**

Tesis Doctoral presentada por:

**Olga Benavent Casanova**

Dirigida por:

**M.<sup>a</sup> Rosario Salvador Palmer  
Rosa M.<sup>a</sup> Cibrián Ortiz de Anda  
Francisco Núñez Gómez**

Valencia, enero 2020



**Dña. M.<sup>a</sup> Rosario Salvador Palmer**, Doctora en Física y Profesora Titular del Departamento de Fisiología de la Universidad de Valencia.

**Dña. Rosa M.<sup>a</sup> Cibrián Ortiz de Anda**, Doctora en Física y Catedrática del Departamento de Fisiología de la Universidad de Valencia.

**D. Francisco Núñez Gómez**, Doctor en Medicina y Profesor Asociado del Departamento de Pediatría, Obstetricia y Ginecología de la Universidad de Valencia.

CERTIFICAN:

Que la presente memoria, “**Aplicación de la Termografía Infrarroja en Pediatría: Análisis de las alteraciones de la microcirculación cutánea**”, corresponde al trabajo realizado bajo su dirección por **Dña. Olga Benavent Casanova** y constituye su Tesis para optar al grado de Doctor.

Y para que conste y en cumplimiento de la legislación vigente, firman el presente certificado en Valencia, a treinta de enero de dos mil veinte.

Fdo.: M.<sup>a</sup> Rosario Salvador Fdo.: Rosa M.<sup>a</sup> Cibrián Fdo.: Francisco Núñez





*A mis niñas y niños y a sus familias.*

*A mi familia, sin la que nada hubiera sido posible.*



# AGRADECIMIENTOS

---

En primer lugar, me gustaría dedicar esta tesis y agradecer su colaboración a todas las luchadoras y luchadores que me he encontrado en el camino durante estos años como pediatra y también a sus familias. De ellos he aprendido lo fundamental para la vida y para cualquier profesión, el coraje para luchar ante las adversidades, el relativizar la importancia de las cosas y disfrutar de cada momento. En fin, para todos los pequeños que están y para los que nos acompañan desde más lejos, me gustaría dedicar este trabajo.

También me gustaría dedicarla a mi familia, sobre todo a mis padres por su apoyo incondicional durante toda la vida, por inculcarme el espíritu del esfuerzo y la disciplina, sin los que esta tesis no hubiese sido posible. También a mi hermano, por enseñarme a mirar las cosas desde otras perspectivas y por estar siempre cerca, incluso estando lejos. A Patri, a Irene y a Pablo, por estar también a mi lado y compartir tantos buenos momentos. A mis abuelas, por mirarme siempre con tan buenos ojos. En especial a Toli, por estar a mi lado para todo y a todas horas, por sacarme una sonrisa cuando más lo necesito, por darme todo su amor y entenderme con paciencia, gracias por apoyarme y ayudarme en todas las decisiones. A Ona que, aunque ha llegado hace poco, nos ha cambiado la vida a todos, haciéndonos más felices.

A Rosa, Rosario y Paco, mis directores, por ponerme las cosas tan fáciles siempre, dándome su confianza y ayuda desde el primer momento y siempre animándome a emprender nuevos proyectos. Hay pocas personas así en la vida, para mí ha sido un regalo encontrarlos.

También me gustaría dedicarla a mis amigas y amigos, cuya alegría y consejos me han acompañado durante estos años.

También agradecer a José Ignacio Priego y Ricardo Vardasca, su ayuda y consejos en el campo de la Termografía Infrarroja.

A todas y todos los pediatras, enfermeros, auxiliares de enfermería, residentes y médicos de las diferentes especialidades que se han cruzado en mi camino durante estos años y que, sin duda, han aportado su granito de arena para enriquecerme como persona y profesional. Y en especial, a los que se han quedado como amigas y amigos y siguen a mi lado cada día.

Por último, quiero finalizar mis agradecimientos, con las instituciones que han apoyado esta tesis doctoral, el Instituto de investigación INCLIVA y la Universitat de València, que nos han concedido el proyecto de investigación VLC-Bioclinic-A-2017-Pediatern (INCLIVA/UV).

# ABREVIATURAS

---

**CVC:** Catéter venoso central

**DE:** Desviación estándar

**Dx:** Diagnóstico

**Eco:** Ecografía.

**IT:** Índice térmico.

**ITI:** Imagen térmica infrarroja

**LOE:** Lesión ocupante de espacio

**ECN:** Enterocolitis necrotizante.

**OMS:** Organización mundial de la salud.

**PAC:** Tipo de catéter Port- a-cath

**PICC:** Catéter central de inserción periférica

**ROI:** Región de interés

**RM:** Resonancia magnética

**Rx:** Radiografía

**S:** Seguimiento.

**TAM:** Diferencia de temperatura media ROI afecta menos sana.

**TAMáx:** Diferencia temperatura máxima ROI afecta menos sana.

**TC:** Tomografía computarizada

**TI:** Termografía infrarroja.

**TS:** Tiempo que ha pasado hasta el primer control de seguimiento.

**Tto:** Tratamiento

**TVP:** Trombosis venosa profunda

**UV:** Radiación ultravioleta.

**VCS:** Vena cava superior



# ÍNDICE DE CONTENIDO

---

<b>1. RESUMEN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. RESUMEN .....</b>	<b>3</b>
<b>1.2. RESUM .....</b>	<b>5</b>
<b>1.3. ABSTRACT .....</b>	<b>7</b>
<b>2. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>9</b>
<b>2.1. MICROCIRCULACIÓN CUTÁNEA .....</b>	<b>11</b>
<b>2.2. LA IMAGEN MÉDICA EN PEDIATRÍA .....</b>	<b>15</b>
<b>2.3. TERMOGRAFÍA INFRARROJA .....</b>	<b>21</b>
<b>2.3.1. Aplicaciones de la Termografía Infrarroja en el campo de la Pediatria 24</b>	
<b>3. HIPÓTESIS.....</b>	<b>45</b>
<b>4. OBJETIVOS.....</b>	<b>51</b>
<b>5. MATERIAL Y MÉTODOS .....</b>	<b>55</b>
<b>5.1. TIPO DE ESTUDIO.....</b>	<b>57</b>
<b>5.2. PACIENTES.....</b>	<b>58</b>
<b>5.2.1. Criterios de inclusión y exclusión.....</b>	<b>58</b>
<b>5.2.2. Grupos de pacientes y características según patologías .....</b>	<b>59</b>
<b>5.3. MATERIAL .....</b>	<b>63</b>
<b>5.3.1. Cámara termográfica .....</b>	<b>63</b>
<b>5.4. MÉTODO .....</b>	<b>66</b>
<b>5.4.1. Recogida de datos .....</b>	<b>66</b>
<b>5.4.2. Protocolo de toma de imágenes .....</b>	<b>68</b>
<b>5.4.3. Análisis de datos .....</b>	<b>71</b>
<b>5.4.4. Análisis estadístico.....</b>	<b>74</b>
<b>5.4.5. Integración del registro de las termografías en el proceso de diagnóstico clínico.....</b>	<b>75</b>
<b>6. RESULTADOS.....</b>	<b>77</b>
<b>6.1. ESTUDIO DEL USO DE LA TERMOGRAFÍA INFRARROJA EN PATOLOGÍAS VASCULARES EN LA EDAD PEDIÁTRICA .....</b>	<b>79</b>

6.1.1. Catéteres venosos centrales .....	79
6.1.2. Anomalías vasculares .....	89
<b>6.2. TERMOGRAFÍA INFRARROJA COMO TÉCNICA COMPLEMENTARIA DE DIAGNÓSTICO Y SEGUIMIENTO .....</b>	<b>101</b>
6.2.1. Catéteres venosos centrales .....	101
6.2.1.1. <i>Controles</i> .....	102
6.2.1.2. <i>Infección y seguimiento</i> .....	106
6.2.2. Anomalías vasculares .....	109
6.2.2.1. <i>Hemangiomas</i> .....	110
6.2.2.2. <i>Malformaciones vasculares</i> .....	115
<b>7. DISCUSIÓN .....</b>	<b>123</b>
7.1. Catéteres venosos centrales.....	126
7.2. Anomalías vasculares.....	131
<b>8. CONCLUSIONES.....</b>	<b>143</b>
<b>9. LIMITACIONES DEL ESTUDIO Y MIRADA HACIA EL FUTURO .....</b>	<b>149</b>
<b>10. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>155</b>
<b>11. ANEXOS.....</b>	<b>169</b>
<b>ANEXO 1: Aprobación del Comité Ético de Investigación Científica INCLIVA-Hospital Clínico Universitario Valencia .....</b>	<b>171</b>
<b>ANEXO 2: Modelo de consentimiento informado .....</b>	<b>172</b>
<b>ANEXO 3: Hoja de recogida de datos.....</b>	<b>176</b>
<b>ANEXO 4: Protocolo de toma de imágenes termográficas en pediatría .....</b>	<b>178</b>
<b>ANEXO 5: Base de datos catéteres venosos centrales .....</b>	<b>179</b>
<b>ANEXO 6: Base de datos hemangiomas .....</b>	<b>183</b>
<b>ANEXO 7: Base de datos malformaciones vasculares .....</b>	<b>189</b>
<b>ANEXO 8: Imágenes termográficas.....</b>	<b>191</b>
<b>12. PUBLICACIONES DERIVADAS DE LOS RESULTADOS DE LA TESIS.....</b>	<b>211</b>



# 1. RESUMEN

---



## **1.1. RESUMEN**

La Termografía Infrarroja es una técnica de imagen que consiste en el registro de la temperatura de la piel, mostrando el mapa térmico de una zona concreta de un individuo. Es una técnica inocua, ya que se basa en captar la emisión de radiación del infrarrojo que emite el cuerpo, es rápida de realizar y accesible, pues se puede realizar cerca del paciente, sin necesidad de desplazamientos ni sedación. Todas estas características hacen que sea una técnica ideal para utilizar en la población pediátrica que, por su corta edad, es más vulnerable a las radiaciones ionizantes, a la separación de sus padres y a la necesidad de sedación, y es sobre todo útil en patologías que alteran de una forma u otra la microcirculación cutánea. Este trabajo revisa en primer lugar las bases fisiológicas de la microcirculación cutánea, las limitaciones de la imagen médica convencional empleada en Pediatría, los aspectos básicos de la Termografía Infrarroja y sus aplicaciones en el campo de la Pediatría.

Se realiza un estudio prospectivo en población pediátrica en el Hospital Clínico Universitario de Valencia, que se centra en analizar la correlación que existe entre la información que ofrece la Termografía Infrarroja con la clínica del paciente y con las técnicas de imagen estandarizadas utilizadas, en 2 patologías que alteran la microcirculación cutánea, la infección de catéteres venosos centrales y las anomalías vasculares.

Se valoran las asimetrías térmicas entre la zona patológica y la sana, de manera cualitativa, y también cuantitativa, mediante 3 parámetros: TAM (diferencia entre temperaturas medias de la zona afecta y la sana); TAM<sub>máx</sub> (diferencia entre temperaturas máximas de la zona afecta y la sana), ambos en grados centígrados; e Índice Térmico (diferencia entre temperaturas medias entre la zona afecta y la sana, dividido entre la temperatura media de la frente), en porcentaje. También se comparan las imágenes termográficas con fotografías y pruebas convencionales (Ecografía, Resonancia Magnética, Radiografía...).

Los resultados muestran asimetría térmica entre la zona patológica y la sana cuando existe patología que altera la microcirculación cutánea (infección de catéter venoso central y anomalías vasculares), que desaparece tras la instauración de un tratamiento cuando la evolución es favorable.

Los parámetros TAM, TAM<sub>máx</sub> e Índice Térmico permiten facilitar el uso de la Termografía Infrarroja en la práctica médica diaria y reducir la variabilidad inter e intraobservador. La comparación de las imágenes termográficas con las imágenes fotográficas y pruebas convencionales, muestra en general adecuada correlación y aporta en muchas ocasiones información complementaria.

## **1.2. RESUM**

La Termografia Infraroja és una tècnica d'imatge que consisteix en el registre de la temperatura de la pell, mostrant el mapa tèrmic d'una zona concreta d'un individu. És una tècnica innòcua, ja que es basa en captar l'emissió de radiació de l'infraroig que emet el cos, és ràpida de realitzar i accessible, doncs es pot realitzar prop del pacient, sense necessitat de desplaçaments ni sedació. Totes aquestes característiques fan que siga una tècnica ideal per a utilitzar en la població pediàtrica que, per la seua curta edat, és més vulnerable a les radiacions ionitzants, a la separació dels seus pares i a la necessitat de sedació, i és sobre tot útil en patologies que alteren d'una forma o altra la microcirculació cutània. Aquest treball revisa en primer lloc les bases fisiològiques de la microcirculació cutània, les limitacions de la imatge mèdica convencional emprada en Pediatria, els aspectes bàsics de la Termografia Infraroja i les seues aplicacions en el camp de la Pediatria.

Es realitza un estudi prospectiu en població pediàtrica en l'Hospital Clínic Universitari de València, que es centra en analitzar la correlació que existeix entre la informació que ofereix la Termografia Infraroja amb la clínica del pacient i amb les tècniques d'imatge estandarditzades utilitzades, en 2 patologies que alteren la microcirculació cutània, la infecció dels catèters venosos centrals i les anomalies vasculars.

Es valoren les asimetries tèrmiques entre la zona patològica i la sana, de manera qualitativa, i també quantitativa, mitjançant 3 paràmetres: TAM (diferència entre temperatures mitges de la zona afecta i la sana); TAMàx (diferència entre temperatures màximes de la zona afecta i la sana), ambdós amb graus centígrads; i l'Índex Tèrmic (diferència entre temperatures mitges entre la zona afecta i la sana, dividit entre la temperatura mitja del front), en percentatge. També es comparen les imatges termogràfiques amb fotografies i proves convencionals (Ecografia, Ressonància Magnètica, Radiografia ...).

Els resultats mostren asimetria tèrmica entre la zona patològica i la sana quan existeix patologia que altera la microcirculació cutània (infecció de catèters venosos centrals i anomalies vasculars), que desapareix després d'un tractament quan l'evolució és favorable.

Els paràmetres TAM, TAMàx i l'Índex Tèrmic permeten facilitar l'ús de la Termografia Infraroja en la pràctica mèdica diària i reduir la variabilitat inter/ intraobservador. La comparació de les imatges termogràfiques amb les imatges fotogràfiques i proves convencionals, mostra en general adequada correlació i aporta en moltes ocasions informació complementària.

### **1.3. ABSTRACT**

Infrared Thermography is an image technique that consists in recording the temperature of the skin, showing the thermal map of a particular area of an individual. It is an innocuous technique, which is based on capturing the emission of infrared radiation emitted by the body, is quick to make and accessible, as it can be performed near the patient, without the need for movement or sedation. All these characteristics make it an ideal technique for use in the paediatric population, which due to its short age, are more vulnerable to ionizing radiation, the separation of its parents and the need for sedation, and is especially useful in pathologies that alter the skin microcirculation in one or another way. This paper reviews first of all, the physiological bases of skin microcirculation, the limitations of the conventional medical image used in Paediatrics, the basic aspects of Infrared Thermography and its applications in the field of Paediatrics.

A prospective study was carried out in the paediatric population at the University Hospital Clinic of Valencia, which focuses on analysing the correlation that exists between the information offered by Infrared Thermography with the patient's clinic and the standardized image techniques used, in 2 pathologies that alter skin microcirculation, infection of central venous catheters and vascular anomalies.

The thermal asymmetries between the pathological zone and the healthy one are evaluated, qualitatively, and also quantitatively,

by means of 3 parameters: TAM (difference between average temperatures of the affected area and the healthy one); TAM<sub>max</sub> (difference between maximum temperatures of the affected area and healthy), both in degrees centigrade; and Thermal Index (difference between average temperatures of the affected area and healthy area, divided by the average temperature of the forehead), in percentage. Thermographic images are also compared with photographs and conventional tests (Ultrasound, Magnetic Resonance, X-rays...).

The results show thermal asymmetry between the pathological zone and the healthy one when there is pathology that alters the cutaneous microcirculation (infection of central venous catheter and vascular anomalies), which disappears after the initiation of a treatment when the evolution is favourable.

The parameters TAM, TAM<sub>max</sub> and Thermal Index allow to facilitate the use of Infrared Thermography in daily medical practice and reduce inter and intra-observer variability. The comparison of thermographic images with photographic images and conventional tests generally shows adequate correlation and often provides complementary information.



## **2. INTRODUCCIÓN**

---



## **2.1. MICROCIRCULACIÓN CUTÁNEA**

La piel humana es el órgano más grande del cuerpo, representando aproximadamente el 5% de nuestro peso y con una extensión de 1.8 m<sup>2</sup> en adultos. Entre sus funciones principales se encuentra la termorregulación (1), a través de los cambios del flujo sanguíneo de la piel que se producen ante las variaciones de temperatura interna y externa (1,2). La microcirculación cutánea se organiza anatómicamente en forma de una red de anastomosis de vasos de muy pequeño calibre (arteriolas, capilares y vénulas). Estos vasos se distribuyen en 2 plexos situados en horizontal, uno en la parte superior y otro en la inferior, que se comunican entre sí por arteriolas y vénulas. Una característica especial de la microcirculación cutánea son las anastomosis arterio-venosas o cuerpos glómicos presentes en las zonas de piel apical (manos, pies, orejas y labios) que juegan un papel crítico en la regulación de la temperatura (Figura 1) (1,3).

Hay 2 regiones en la piel, diferenciables con respecto a los mecanismos de control vascular: las zonas con pelo y las zonas sin pelo; sin embargo, no hay una función discernible que se pueda atribuir a una u otra región (2). Podemos distinguir 3 mecanismos de control del flujo sanguíneo: neural, local y endotelial (2).

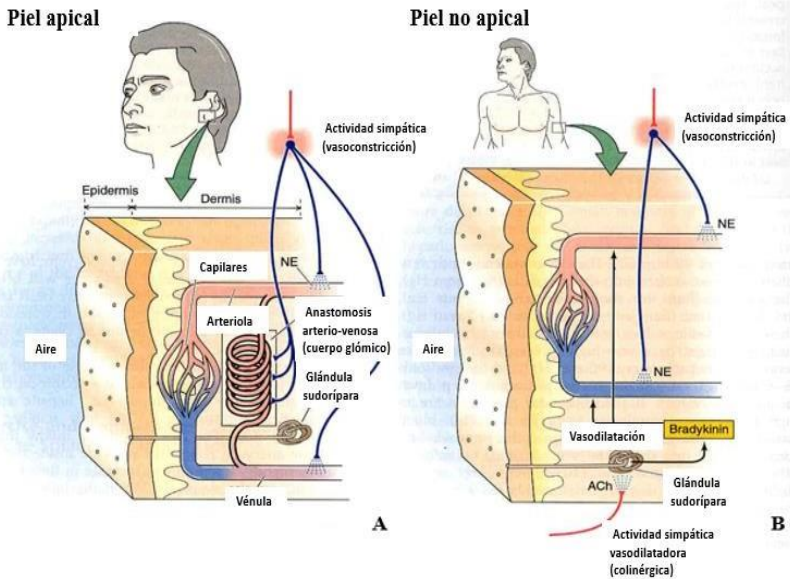


Figura 1: Microcirculación cutánea. A. Piel apical: con anastomosis arterio-venosas (cuerpos glómicos). B. Piel no apical: sin anastomosis arterio-venosas. ACh: Acetilcolina. NE: Norepinefrina. Adaptado de Segal SS (3).

Los mecanismos de termorregulación autonómicos en la edad pediátrica son similares a los de los adultos, aunque existen algunos patrones que son únicos en niños (4).

Los recién nacidos pierden rápidamente calor después del nacimiento, si no son asistidos. Esto es debido a la mayor relación entre la superficie corporal y el peso, a la evaporación del líquido amniótico, a la pérdida de calor por conducción ya que se suelen colocar sobre superficies húmedas y frías, y a la pérdida de calor por convección al estar en salas donde hay corriente de aire, entre otros (5). Esta rápida pérdida de calor tras el nacimiento, es uno de los motivos por los que se cree que existe mayor inestabilidad térmica en el recién nacido. Sin embargo, pasados los 2-3

primeros días tras el nacimiento, parece que el niño mantiene ya las características de homeotermo, siendo capaz de regular la temperatura corporal (4). Es importante mencionar que los **recién nacidos prematuros**, presentan ciertas peculiaridades en el sistema de termorregulación (5):

- El centro termorregulador es más inmaduro.
- La capa de tejido celular subcutáneo es muy delgada, lo cual hace que la capacidad aislante entre órganos internos y la piel sea menor.
- Presentan una franja termo neutra estrecha. Es decir, para que la tasa de metabolismo y el consumo de oxígeno sean mínimos las variaciones de temperatura ambiental tienen que estar entre 34-36°C.
- Su piel es muy permeable, por lo que las pérdidas por evaporación son elevadas.

En cambio, los **recién nacido a término** presentan otras características sobre la termorregulación (5):

- El centro termorregulador es maduro.
- El tejido celular subcutáneo es menos efectivo como aislante que el del adulto, debido a que es más delgado.
- La proporción entre superficie corporal y su peso es entre 2-2.5 veces mayor a la del adulto. Por tanto, tienen menor masa corporal, que conlleva a menor producción de calor, y una superficie corporal mayor, que se traduce en una mayor área para perder calor.

- A diferencia de los adultos, no tienen el mecanismo de termogénesis por escalofrío a través de la contracción de la musculatura esquelética. Por lo que en el recién nacido la termogénesis química sin escalofrío a través del metabolismo de la grasa parda juega un papel relevante.

Los **niños** tienen menor tasa de evaporación del calor debido a que transfieren menos calor desde los órganos internos hasta la piel que los adultos, y por tanto, su capacidad para disipar el calor disminuye (6). Sin embargo, no se ha demostrado que los niños tengan mayores enfermedades que los adultos relacionadas con este hecho, por lo que se piensa que lo disipan a través de otras estrategias como la convección o la radiación (6). La sudoración también disminuye en el niño pequeño, aumentando en el adolescente hasta tasas similares a las de los adultos (7). La grasa parda o marrón tiene la máxima actividad tras el nacimiento, disminuye progresivamente con el crecimiento, con un repunte en la pubertad (alrededor de los 13 años) y un descenso progresivo en la edad adulta (8,9).

En general, bajo circunstancias ambientales neutras, no existen diferencias entre los patrones de termorregulación de adultos y niños. Sin embargo, cuando existen condiciones ambientales extremas, los niños toman más rápidamente estas temperaturas, debido a que tienen una mayor superficie de exposición en relación a su tamaño que los adultos y esto hace que se adapten peor a situaciones más extremas, por ejemplo muy calurosas (4).

Entre el adolescente y el adulto, no existen prácticamente diferencias en cuanto a los mecanismos de termorregulación (10).

La microcirculación cutánea puede expresar diferentes estados de salud o enfermedad. Con el fin de registrar estos cambios en el flujo sanguíneo cutáneo existen varios métodos, como la Flujiometría mediante Láser Doppler y la Termografía Infrarroja (2). Existen estudios que reflejan que los valores obtenidos mediante imagen termográfica se correlacionan con los obtenidos mediante Flujiometría de Láser Doppler, con la ventaja de mayor rapidez en la obtención de información (11).

## **2.2. LA IMAGEN MÉDICA EN PEDIATRÍA**

En los últimos años, ha tenido lugar un importante avance tecnológico en las técnicas de imagen, extendiendo su uso a múltiples aplicaciones clínicas diagnósticas y terapéuticas. El empleo quizás desmesurado, sobre todo de las técnicas de imagen que utilizan radiación ionizante, capaces de ocasionar daño a corto y largo plazo sobre el ser humano, ha suscitado alarma en las principales sociedades científicas (12,13). Esto ha supuesto la implementación de estrategias científicas y legislativas, para concienciar a profesionales sanitarios y población general sobre el uso apropiado de la radiación ionizante (14). También ha fomentado la protección radiológica, en especial en la población pediátrica, que por sus peculiaridades (crecimiento, maduración

y desarrollo biológico, fisiológico y social), constituye un período determinante para el desarrollo del ser humano (12,13,15,16).

Por este motivo, cada vez más se promueven hábitos de vida saludables y se hace hincapié en la prevención de factores de riesgo. Se valora cuidadosamente la necesidad de realizar procedimientos invasivos y de sus posibles efectos secundarios, a corto y a largo plazo. En este sentido, cada vez tienen más interés las técnicas diagnósticas que no utilizan radiación ionizante (12,15,17). También se busca una atención clínica eficaz, que permita detectar la enfermedad en fases muy tempranas. Esto resulta complicado en niños, especialmente en aquellos muy pequeños, que no suelen expresar mediante lenguaje lo que les ocurre. Y finalmente, se tiende a ofrecer a los niños y a sus familias, una asistencia médica más humanizada, centrada en el paciente y evitando en la medida de lo posible la separación del niño de sus progenitores y/o cuidadores para la realización de pruebas y para la administración de tratamientos (18,19).

Estos aspectos animan a la investigación médica hacia el empleo de técnicas diagnósticas que sean eficaces, poco agresivas sobre el paciente y permitan una alerta temprana, a la vez que se puedan realizar junto a los padres y/o familiares. Esto se recoge en el punto 3 de los objetivos de desarrollo sostenible de la UNESCO, que incluye “*garantizar una vida sana y promover el bienestar de todos a todas las edades*” (20).



En la población pediátrica se suelen utilizar las mismas técnicas de imagen que en la población adulta. En el niño, el uso de la mayoría de estas técnicas supone varios inconvenientes debido, bien a la utilización de radiación ionizante (12,15), o también en el caso de las no ionizantes, a la necesidad del empleo de sedación para mantener una determinada postura durante algunas técnicas, al traslado de los pacientes por el hospital con posibilidad de riesgo infeccioso, la separación de sus familiares...

En la Tabla 1 se recogen las principales técnicas utilizadas en Pediatría, según el tipo de radiación, con las principales ventajas, inconvenientes e indicaciones.

Tabla 1: Clasificación de las pruebas de imagen utilizadas en pediatría según el tipo de radiación utilizada. Adaptado de Cañas Maciá T (15).

<b>RADIACIÓN IONIZANTE</b>			
<b>Técnicas</b>	<b>Indicaciones</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<b>Radiografía simple (Rx)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Primera prueba para valoración patología torácica y ósea.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Rápida.</li> <li>-Amplia disponibilidad</li> <li>-Bajo coste.</li> <li>-Móvil.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Limitación estudio partes blandas.</li> <li>-Retraso detección lesiones óseas.</li> <li>-Escasa capacidad multiplanar.</li> </ul>
<b>Estudios fluoroscópicos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Estudio tracto digestivo superior o gastroduodenal.</li> <li>-Tránsito digestivo completo.</li> <li>-Enema opaco.</li> <li>-Uretrocistografía.</li> <li>-Procedimientos intervencionistas guiados por escopia (catéteres, drenajes...).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Estudio dinámico de los órganos.</li> <li>-Bajo coste.</li> <li>-Accesibilidad.</li> <li>-Posibilidad de procesos percutáneos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Limitación estudio partes blandas.</li> </ul>
<b>Tomografía Computarizada (TC)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Diagnóstico urgente.</li> <li>-Estudios neuroimagen, cardiovascular, tórax, hígado, sistema gastrointestinal, sistema musculoesquelético y oncología.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Rápida.</li> <li>-Buen detalle anatomía.</li> <li>-Imágenes 3 planos y volumétricas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Alta exposición a radiación ionizante.</li> <li>-Sedación en niños pequeños.</li> <li>-Si contraste intravenoso: posibilidad de reacciones alérgicas o daño renal.</li> </ul>

<b>RADIACIÓN NO IONIZANTE</b>			
<b>Técnicas</b>	<b>Indicaciones</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<b>Ecografía</b>	-Estudio partes blandas.	-Portátil.  -Información dinámica (uso procedimientos intervencionistas)  -No sedación.  -Buena resolución anatómica.	-Gas, grasa y hueso son malos transmisores.  -Resultado explorador dependiente (larga curva aprendizaje).
<b>Resonancia magnética (RM)</b>	-Estudios neuroimagen, cardiovascular, tórax, hígado, sistema gastrointestinal, sistema musculoesquelético y oncología.	-Imágenes en 3 planos.  -Estudio vascular sin uso de contraste intravenoso.  -Estudios funcionales.	-Larga duración, pueden requerir anestesia.  -Alto coste.  -Ruidosa.  -Claustrofobia.  -Susceptibilidad artefactos ferromagnéticos.  -Contraindicada en portadores de dispositivos electrónicos (marcapasos, implantes cocleares metálicos).

Conviene analizar el documento de la Organización Mundial de la Salud (OMS) “*Comunicando los riesgos de la radiación en radiodiagnóstico pediátrico*” (12) en el que se refleja que a día de hoy, la TC es una fuente relevante de exposición a radiación

ionizante para adultos y niños. Más de un 10% de exploraciones TC en todo el mundo, se realizan en pacientes menores de 18 años.

La exposición a la radiación en población pediátrica, tiene especial interés debido a dos razones fundamentales (15):

- Los niños son más sensibles a la radiación que los adultos, como se muestra en estudios epidemiológicos.
- Su esperanza de vida es mayor, teniendo, por tanto, un período de tiempo más prolongado para que aparezcan los efectos de la radiación.

Por estos motivos, la realización de imágenes médicas en niños se rige por los criterios **ALARA**, que es la abreviatura inglesa de “*As Little As Reasonably Achievable*”, es decir “tan baja como razonablemente sea alcanzable”. Para reducir la radiación es importante tener en cuenta las siguientes consideraciones (12,15):

- Conocer las indicaciones de cada prueba, de manera que esté justificada su realización.
- Conocer las dosis efectivas de las diferentes pruebas.
- Si es posible, utilizar pruebas alternativas que no utilicen radiación ionizante, o utilizar las de menor dosis efectiva.
- Entrenar al personal con protocolos adaptados a Pediatría y concienciarlo para centrar la exploración en el área de interés, proteger las zonas más radiosensibles con bandas

plomadas y utilizar material de sujeción para evitar repetir la exploración por mala calidad debido al movimiento.

### **2.3. TERMOGRAFÍA INFRARROJA**

La relación entre temperatura corporal y enfermedad es casi tan antigua como la medicina (21). En la Tabla 2 se describen los hitos históricos más relevantes (22). Desde Hipócrates ya se reconoció la importancia del aumento de la temperatura (21). También Celso, que describió los signos cardinales de la inflamación, incluyó entre ellos el calor, la tumefacción, el rubor y el dolor. Más tarde, Virchow añadiría el quinto signo cardinal, la pérdida o disminución de la función. Inicialmente la medición de la temperatura fue de manera subjetiva, hasta el siglo XVI que se desarrolló el concepto de medir la temperatura (21). Después de que Galileo introdujese el termoscopio, la termometría evolucionó de manera lenta, consiguiendo establecerse en la medicina gracias al trabajo de Carl Wunderlich en el siglo XIX.

La Termografía Infrarroja (TI), se define como *“el registro gráfico de la distribución de la temperatura superficial de un cuerpo utilizando la radiación infrarroja emitida por la superficie del mismo cuerpo”* (23).

La imagen termográfica se inició en el siglo XIX con los trabajos de William y John Herschel, pero no se desarrolló comercialmente hasta la segunda guerra mundial.

Tabla 2: Hitos históricos más relevantes relativos a la medida de la temperatura. Adaptado de Ring E *et al* (22).

Año	Científico	Acontecimiento
400 A.C.	Hipócrates	Temperatura detectada por el tacto
1592 D.C.	Galileo	Primer termoscopio
1630	Jean Rey	Termómetro líquido
1702	Roemer	Termómetro calibrado
1714	Fahrenheit	Termómetro de mercurio
1742	Celsius	Termómetro centígrado
1800	William Herschel	Infrarrojos
1825	Seebeck	Par termoeléctrico
1840	John Herschel	Imagen infrarroja
1871	Wunderlich	Termómetro clínico
1881	Langley	Bolómetro
1929	Czerny	Evaporógrafo
1956	Lawson	Primer termograma médico
Hasta actualidad: desarrollo de técnicas modernas y aumento de investigaciones.		

El calor se puede transferir mediante tres mecanismos distintos: conducción, convección y radiación (24). En la TI es este tercer mecanismo, el calor radiado, el que va a jugar un papel importante. Las leyes físicas que rigen la TI se fundamentan en la **ley de Wien** que relaciona la longitud de onda de máxima emisión de radiación en función de la temperatura del objeto, y que para el rango de temperaturas de 30 a 50°C se sitúa en el infrarrojo, pero sobre todo, en la **ley de Stefan-Boltzmann**, que explica que pequeños cambios en la temperatura,  $T$ , dan por resultado grandes cambios en el poder emisor del cuerpo,  $W$ , es decir, la energía emitida por unidad de superficie emisora y tiempo (23–25).

$$W = \varepsilon \sigma T^4$$

donde  $\varepsilon$  es la emisividad de objeto, con valor 1 para el cuerpo negro y 0,98 para la piel humana; y  $\sigma=5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$  es la constante de Stefan-Boltzmann.

El uso de la TI ha tenido utilidad en diferentes áreas como industria, astronomía y militar, pero ha sido en los últimos 50 años cuando ha cobrado importancia en el campo de la medicina. A ello ha contribuido innegablemente la evolución tecnológica, que ha conseguido mejorar las cualidades de las cámaras termográficas (calidad de imagen, velocidad de captura, tamaño...) y moderar su coste, facilitando su uso en el campo biomédico y en otros ámbitos (23,26). Se ha descrito su aplicabilidad con éxito en el diagnóstico de cáncer de mama, la neuropatía diabética, trastornos vasculares periféricos, lesiones musculoesqueléticas, diagnóstico de la fiebre y en definitiva, todas aquellas patologías que afectan de una forma u otra a la vascularización periférica (27). En la Tabla 3, se recogen algunas de las aplicaciones médicas más conocidas (28).

Tabla 3: Aplicaciones médicas de la Termografía Infrarroja. Adaptado de Diakides N *et al* (28).

<b>Aplicaciones médicas</b>
Oncología (mama, piel...)
Dolor
Alteraciones vasculares (diabetes, trombosis venosa profunda)
Artritis/Problemas reumatológicos
Neurología
Cirugía
Oftalmología
Viabilidad de tejidos (quemaduras...)
Problemas dermatológicos
Monitorización de la eficacia de fármacos
Tiroides
Odontología
Respiratorio (alergias, SARS)
Deportes y medicina rehabilitadora

### **2.3.1. Aplicaciones de la Termografía Infrarroja en el campo de la Pediatría**

El aumento de investigaciones sobre las aplicaciones médicas de la TI ha sido más que reseñable en los últimos años. Sin embargo, destaca el escaso número de publicaciones referentes a la población pediátrica, cuyas peculiaridades, no permiten extrapolar directamente todos los resultados obtenidos en la población adulta.

Destacan algunas publicaciones sobre las aplicaciones de la TI en la edad pediátrica, como la de *Saxena et al* en 2008 (29) y la de *Owen et al* en 2017 (30).



### **Temperatura de la piel:**

Existen algunas publicaciones que revelan la utilidad de la TI para medir la temperatura de la piel en niños, mostrando que dicha técnica tiene mayor precisión en los niños que en los adultos.

En el estudio de Kolosovas-Machuca ES *et al* (31) realizado en 25 niños mexicanos sanos se hizo un registro de la temperatura corporal en 84 puntos. Los resultados mostraron que las mayores temperaturas medias se encontraban en la frente, el cuello y la clavícula, y que no existían diferencias entre chicos y chicas. Además, había un máximo de diferencias de temperatura de 5,1°C en el eje “y” del cuerpo y de 0,7°C en el eje “x”, en contraste con los estudios en adultos, que mostraban diferencias mayores (32).

Symonds ME *et al* (33) realizaron un estudio en 26 participantes, incluyendo niños, adolescentes y adultos sanos con índice de masa corporal normal, en los que midieron la temperatura en la región supraclavicular antes y después de someterlos a un estrés frío. Los resultados objetivaron que el mayor aumento de temperatura se produjo en la cohorte de los niños, y también mostraron la utilidad de la TI para valorar la grasa parda y su papel en la termogénesis.

### **Detección de la fiebre:**

Existen múltiples publicaciones acerca del uso de la TI en la detección de fiebre y su posible utilidad como método rápido de

cribado en gran volumen de pacientes, sobre todo en las urgencias pediátricas o en caso de pandemias. El empleo de algunos dispositivos de TI sobre zonas concretas del cuerpo (canto interno ojo, oído...) se correlaciona bastante bien con las técnicas de termometría estándar, aunque todavía la TI no alcanza la precisión para llegar a sustituir por completo a los métodos convencionales. En 2017 se publicaron 2 documentos a través de la Organización Internacional de Estandarización (ISO), que describían el despliegue, la implementación y las pautas operativas para la identificación de personas con fiebre mediante la TI (34), y los requisitos para la seguridad básica y el rendimiento de la TI en esta aplicación (35).

En el estudio de Ring FJ *et al* (36) realizado en 402 niños, algunos con fiebre y otros sin fiebre, se compararon las temperaturas obtenidas mediante el termómetro axilar con las obtenidas por TI en 3 localizaciones (canto interno ojos, frente y oído). Los resultados demostraron que en niños con fiebre la mejor correlación se establecía entre la temperatura axilar y la del canto interno de los ojos ( $P=0,00$ ), mientras que en frente y oído la correlación fue menor ( $P=0,02$  y  $P=0,267$  respectivamente).

Selent MU *et al* (37) realizaron otro estudio en 855 niños atendidos en urgencias pediátricas, en el que se compararon 3 sistemas de detección térmica infrarroja (OptoTherm®, FLIR® y Thermofocus®), con el termómetro estándar (axilar, oral, rectal) y la valoración de los padres. Los resultados mostraron una

sensibilidad para la detección de la fiebre con los sistemas de detección infrarroja entre 76,8% (Thermofocus®) y 83,7 % (FLIR®), similar a la valoración paterna (83,9%); y una especificidad entre 79,4% (Thermofocus®) y 86,3% (OptoTherm®), frente al 70,8% de la valoración paterna. Ningún método de detección térmica infrarroja fue equivalente al termómetro estándar, aunque los dispositivos FLIR® y OptoTherm® fueron bastante precisos para detectar la fiebre en niños, y mejores que la valoración parental, pudiendo ser útiles en la detección masiva de fiebre en niños.

En el trabajo de Chang LS *et al* (38) con 176 sujetos incluyendo niños y adultos tanto sanos como hospitalizados, se midieron mediante TI las temperaturas de la parte frontal y lateral de la cara a diferentes distancias (0,5 y 1,5 metros), y se compararon con las mediciones de temperatura estándar (TI timpánica y termómetro de mercurio oral). Los resultados mostraron que los registros de la TI en la cara, sobre todo del oído a 0,5 metros, fueron los más precisos para predecir temperaturas de 38°C (sensibilidad 83% y especificidad 88%).

En la publicación de Fortuna EL *et al* (39), se incluyeron 200 niños atendidos en urgencias pediátricas y se comparó la temperatura detectada por la TI en la frente con la detectada por el termómetro rectal. Los resultados mostraron que la TI tendía a sobreestimar la temperatura en pacientes afebriles e

infraestimarla en pacientes febriles ( $P<0,01$ ), cuando se comparaba con la temperatura rectal.

### **Neonatología:**

Los signos vitales son monitorizados normalmente con parámetros fáciles de medir mediante intervalos regulares (temperatura, frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, tensión arterial...). Pero cada vez más, se hacen esfuerzos para explorar tecnologías que permitan la monitorización continua de estos parámetros, como la TI.

En el estudio de Heimann K *et al* (40) en 10 recién nacidos prematuros, se midió la temperatura en diferentes regiones corporales y en diferentes situaciones (incubadora y piel con piel). Los resultados fueron que la TI fue una herramienta efectiva para mostrar fluctuaciones en la temperatura corporal neonatal, con una diferencia significativa en pretérminos en diferentes situaciones ambientales (incubadora, piel con piel) ( $P<0,05$ ). En el trabajo previo de Anderson ES *et al* (41) que incluía a 2 niños durmiendo, ya habían llegado a una conclusión similar.

En estudios posteriores de Abbas AK *et al* (42,43) en los que se incluyeron softwares más sofisticados, encontraron que la TI podía ser prometedora en la monitorización de la respiración neonatal, pero los resultados fueron limitados por el pequeño tamaño muestral. La base de estos estudios fue el análisis de la

temperatura en la entrada de las fosas nasales en las diferentes fases de la respiración (inspiración, menor temperatura y espiración, mayor temperatura), relacionado con el resto de variables cardiorrespiratorias monitorizadas habitualmente en las unidades neonatales. En el estudio de Al-Khalidi F *et al* (44) realizado en 20 niños, se comparó la TI para medir la frecuencia respiratoria de los pacientes, con métodos estándares (CO<sub>2</sub> transcutáneo, pletismografía y termistor nasal). Los resultados objetivaron que había una correlación estrecha entre la TI y los métodos convencionales, con la ventaja de que en la TI no era necesario el contacto con el niño.

Dado que dichos estudios incluían pocos pacientes, se requieren investigaciones futuras sobre el papel de la TI en la monitorización respiratoria sin contacto.

También se ha utilizado la TI para el diagnóstico de enterocolitis necrotizante (ECN) en neonatos. En el trabajo de Rice HE *et al* (45) realizado en 13 neonatos con riesgo de esta enfermedad, encontraron que los que desarrollaron ECN tuvieron una temperatura más baja en la piel de la región abdominal ( $35,3 \pm 0,8^{\circ}\text{C}$ ) respecto a los que no la desarrollaron ( $36,6 \pm 0,9^{\circ}\text{C}$ ;  $P < 0,05$ ). Con estudios más extensos, la TI también podría ser incorporada en el manejo de esta enfermedad.

### **Traumatismos y cicatrización de heridas:**

Muchos estudios han explorado el potencial de la TI en la detección de los cambios de temperatura ocurridos durante traumatismos, quemaduras, cirugías o infecciones.

En el estudio de Sanchis-Sánchez E *et al* (46) realizado en 133 niños, utilizaron la TI en el diagnóstico de fracturas en pacientes con traumatismo, describiendo una sensibilidad de 91%, una especificidad de 88% y un valor predictivo negativo de 95%.

De manera similar, en otro estudio de Silva CT *et al* (47) realizado en 51 niños, examinaron el uso de TI en la localización de áreas de traumatismos. Encontraron que la TI seleccionó el lado de la lesión en el 73% de los casos.

Otra publicación de Ćurković S *et al* (48) en la que se incluían 19 niños con fractura de antebrazo, objetivó que la temperatura promedio del lado lesionado medida mediante TI fue 1,17°C más alta que la del lado sano después de 1 semana, y 0,84°C más alta después de 2 semanas. Sin embargo, dado el pequeño tamaño de la muestra, los resultados no fueron estadísticamente significativos.

En otro estudio, Saxena AK *et al* (29) recogieron la utilidad de la TI en diferentes procesos quirúrgicos. Por un lado, describieron la amputación de dedos en 6 pacientes, en los que la TI ayudó a guiar la evolución y la revascularización cuando se realizó reimplante tras la amputación. Por otro lado, describieron 18

recién nacidos con defectos de la pared abdominal (gastrosquisis y onfaloceles), que se cerraron mediante implantes biocompatibles. La TI se utilizó para monitorizar la evolución y la revascularización de dichos implantes. También utilizaron la TI en 56 niños intervenidos por deformidades en la pared torácica, identificando a un paciente que tuvo un aumento de temperatura de  $3,7^{\circ}\text{C}$  coincidiendo con la formación de un absceso esternal de la herida. Además, en 42 niños con diferentes tipos de infección (abscesos, gangrena, infección de quemaduras), la TI mostró un aumento de la diferencia de temperatura de  $3,6\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  en los abscesos y en las infecciones. En el caso de la gangrena gaseosa, la TI ayudó a guiar el nivel de amputación, que no era evidente clínicamente (29,49).

Otra aplicación que se ha descrito de la TI ha sido la evaluación de las lesiones por quemaduras en niños. Destaca el estudio de Medina-Preciado JD *et al* (50) en 13 niños, que demostró que la temperatura promedio de la superficie de las quemaduras dérmicas superficiales fue  $1,7^{\circ}\text{C}$  más alta que la del lado sano contralateral, mientras que en las quemaduras dérmicas profundas fue  $2,3^{\circ}\text{C}$  menor que la del lado contralateral ( $P<0,05$ ). Esto se podría explicar porque en las quemaduras superficiales el tejido es viable y tiene lugar una respuesta inmunitaria que produce un aumento de la inflamación y de la temperatura en esa zona. Sin embargo, en las quemaduras profundas se destruyen también los vasos sanguíneos, disminuyendo la perfusión sanguínea de la piel

de esa zona y, por tanto, disminuyendo la temperatura. Además, la TI identificó correctamente el 100% de los casos de quemaduras superficiales y profundas, mientras que la evaluación clínica identificó el 83,3% de las superficiales y el 42,85% de las profundas. Este resultado fue similar a estudios previos, que también informaron de una temperatura de  $2,8\pm 0,6^{\circ}\text{C}$  más alta en las quemaduras superficiales (29).

### **Hemangiomas y malformaciones vasculares:**

Respecto al uso de la TI en los hemangiomas en niños existen varias publicaciones, cuyo número ha ido aumentando en los últimos años. En general, describen que existe una disminución de temperatura asociada con la resolución del hemangioma y que la TI podría utilizarse para monitorizar la respuesta al tratamiento con propanolol.

En el estudio de Saxena AK *et al* (29) se obtuvieron imágenes de TI de 102 niños con hemangiomas, los 52 pacientes que presentaron un progreso rápido asociaron una diferencia de temperatura mayor ( $1,5\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ ), mientras que los que presentaron una resolución completa mostraron una diferencia de temperatura menor ( $<0,5^{\circ}\text{C}$ ).

En otro estudio, el de Mohammed JA *et al* (51) que se realizó en 42 niños con hemangioma, se comparó la capacidad de la TI con la escala analógica visual (-100 duplicación de la extensión, 0 sin



cambios y +100 resolución) para evaluar la progresión y la involución de los hemangiomas. Los resultados mostraron una diferencia media de temperatura basal de 1,9°F (equivalente a 1,05°C), con pico a los 3 meses de 2,5°F (equivalente a 1,4°C) y disminución progresiva a 0,2°F (equivalente a 0,1°C) a los 18,5 meses ( $P<0,01$ ). La puntuación media de la escala analógica visual aumentó progresivamente durante el mismo período y se correlacionó inversamente con la diferencia de temperatura media ( $r=-0,25$ ). También se realizó un estudio multivariante que objetivó que la localización en cara, el tipo, la edad y la superficie al diagnóstico fueron factores que afectaron significativamente a las diferencias de temperatura; pero solo el tipo de hemangioma (profundo menor tiempo, seguido de mixto y superficial el de mayor tiempo) y el tratamiento activo con propanolol afectaron al tiempo para conseguir la resolución del hemangioma.

El artículo de García-Romero MT *et al* (52) incluyó a 10 niños en tratamiento con propanolol, y mostró que había una correlación inversa entre las diferencias de temperatura y la reducción del hemangioma, siendo la temperatura un marcador útil de la actividad del hemangioma.

Recientemente, en la publicación de Strumila A *et al* (53) en la que se incluyeron 103 niños, se propuso un algoritmo para facilitar la decisión de tratamiento, que consistía en clasificar los hemangiomas en 3 grupos, relacionando la temperatura media inicial de su superficie y la capacidad de proliferación ( $P<0,01$ ).

Los grupos fueron: estable con temperatura de 36,7°C, ligero crecimiento con temperatura de 37°C y crecimiento con temperatura de 37,4°C. Las temperaturas iguales o mayores a 37,4°C mostraron una sensibilidad del 75%, una especificidad del 95%, un valor predictivo positivo del 81% y negativo del 95%. Los hemangiomas con estas temperaturas, se asociaron con alta capacidad de proliferación, y por tanto estaría indicado tratarlos con propanolol.

Sin embargo, en contraste con los hemangiomas, hay muy pocos estudios acerca de las malformaciones vasculares. La mayoría son publicaciones de casos, y tampoco se incluyen todos los tipos de malformaciones (54–56). En niños, solamente se describen 18 casos en el estudio de Saxena AK *et al* (29), concluyendo que en todas las malformaciones vasculares se produjo un aumento de la diferencia de temperatura entre el lado de la malformación y el sano ( $3,1 \pm 0,3^\circ\text{C}$ ), salvo en el síndrome del nevus azul en tetina de goma en el que se produjo un descenso de temperatura ( $2,1 \pm 0,4^\circ\text{C}$ ). Además, en un caso con angioma serpiginoso, la TI fue capaz de mostrar toda la extensión del angioma, que no era visible en la exploración clínica (29).

### **Varicocele:**

La TI se ha utilizado también en niños con varicocele, aunque la experiencia es muy escasa. En el estudio de Saxena AK *et al* (29) *al*

en 6 niños con varicocele, los resultados mostraron que había una diferencia de temperatura de  $4,1\pm 0,3^{\circ}\text{C}$  en el lado afecto, respecto al sano, que disminuyó significativamente tras la intervención quirúrgica. Este hallazgo fue similar al estudio de un caso previo de Iwata G *et al* (57), en el cuál tras la reparación del varicocele en un niño de 12 años, las temperaturas entre lado afecto y sano se igualaron.

### **Dermatología:**

La TI se ha utilizado en el campo de la Dermatología en niños sobre todo en 2 patologías, la esclerodermia (58,59) y la psoriasis (60). En ambas patologías parece que la TI juega un papel relevante en la valoración de la gravedad, permitiendo ajustar mejor los tratamientos según el estadio de enfermedad en el que se encuentren.

En la esclerodermia localizada destaca el estudio de Kashiwagi Y *et al* (58) que muestra el caso de una niña de 9 años en el que la TI permitió detectar la actividad de la enfermedad y ayudar de este modo a la elección del tratamiento. En el estudio previo de Martini G *et al* (59) realizado en 40 niños también con esclerodermia localizada, se analizaron 130 imágenes termográficas y se compararon con las descripciones de 2 clínicos. Los resultados obtenidos mostraron que la TI obtuvo una sensibilidad del 92% y una especificidad del 68%, con

concordancia con los 2 clínicos en el 91% de las lesiones (coeficiente kappa 0,82).

En la psoriasis, la publicación de Castillo-Martínez C *et al* (60) de un caso de un niño de 9 años también mostró la utilidad de la TI en la valoración de la severidad de la psoriasis.

### **Diabetes mellitus:**

Como ya es conocido, el efecto de la diabetes mellitus en la perfusión de la piel es a menudo sólo clínicamente evidente después de décadas de enfermedad. Existen múltiples estudios en adultos sobre el papel de la TI en la valoración de pacientes diabéticos, con complicaciones como el pie diabético.

Sin embargo, en el estudio de Zotter H *et al* (61) realizado en 25 adolescentes, encontraron que la TI identificó una diferencia de temperatura significativa entre adolescentes afectados por diabetes tipo 1 aún sin sintomatología de neuropatía periférica y controles sanos ( $P < 0,05$ ). Los mejores sitios para la detección de estas diferencias de temperatura fueron el 1r y 5º dedo de los pies y la parte interna de los tobillos, tras una prueba de provocación con frío.

La TI podría utilizarse para detectar si en niños con diabetes tipo 1 y corta evolución de la enfermedad se producen cambios en la microcirculación cutánea, antes de que se establezcan los

síntomas de neuropatía periférica, aunque para ello se requieren estudios más amplios (61).

### **Inflamación articular:**

En adultos existen varias publicaciones acerca de la utilidad de la TI para la detección de articulaciones inflamadas en patologías como la artritis reumatoide. Sin embargo, en población pediátrica existen muy pocos estudios sobre esta aplicación.

Destaca el estudio Lasanen R *et al* (62) realizado en 58 niños con síntomas agudos de mono o poliartritis, algunos de ellos diagnosticados de artritis juvenil idiopática, otros de lupus eritematoso sistémico y otros en proceso de diagnóstico. Se evaluó la aplicación de la TI en la detección de signos inflamatorios articulares y los resultados mostraron un aumento de la temperatura en la articulación del tobillo inflamada respecto a la sana, estadísticamente significativo ( $P<0,05$ ). Sin embargo, en articulaciones de rodilla inflamadas, no se mostró tal diferencia.

### **Neurología:**

Las aplicaciones de la TI en el campo de la Neurología en niños son variadas.

El estudio de Goetz C *et al* (63) se realizó en 54 pacientes incluyendo niños y adultos con hidrocefalia, portadores de válvulas de derivación (ventrículo-peritoneales y ventrículo-atriales) y sin problemas de disfunción valvular. Se monitorizó con TI la temperatura del trayecto del catéter en reposo y tras provocación con frío, objetivando que la TI detectó adecuada permeabilidad en el 85% de los casos.

Otro estudio fue el de Zurek G *et al* (64) que se realizó en 16 niños afectados de parálisis cerebral y evaluó mediante TI la temperatura de la piel tras ejercicio mecánico que emulaba la equitación. Los resultados mostraron una disminución de temperatura en la piel, indicando una disminución del flujo sanguíneo debido a una vasoconstricción. De este modo, concluyeron que la equitación mecánica no mejoraba a corto plazo la circulación en los músculos de estos niños, y por tanto no mejoraba la espasticidad de los miembros inferiores.

En la publicación de Coben R *et al* (65) se incluyeron 190 pacientes niños y adultos con y sin diagnóstico de trastorno de déficit de atención y/o hiperactividad (TDAH), se utilizó la TI para discriminar los pacientes afectados de TDAH. Para ello, se registraron los cambios de temperatura en un área específica de la cabeza, que se extendía sobre una región del cerebro relacionada con el TDAH. Los resultados mostraron que existía un perfil típico con un área de rendimiento térmico disminuido en la línea media frontal, que permitía utilizar la TI como herramienta para

el diagnóstico de esta patología con una sensibilidad del 65,7% y una especificidad del 94%.

### **Oftalmología:**

Respecto al empleo de la TI en Oftalmología hay poca experiencia.

Destaca el estudio de Kaercher T *et al* (66), en el que se exploró el uso de la TI para valorar la afectación de las glándulas de Meibomio que da lugar a la sequedad ocular (xeroftalmia), en pacientes afectos de displasia ectodérmica hipohidrótica ligada al X. La TI se comparó con las técnicas de diagnóstico habituales (meibografía, test de Schirmer, osmolaridad, medición no invasiva del tiempo de ruptura de la película lagrimal, lisamina verde, tinción con fluoresceína). La TI tuvo una sensibilidad de 66,7%, respecto al 72,7-100% de los métodos estándar. La TI demostró ser una herramienta rápida con posibilidades para ser usada junto a otros métodos diagnósticos, pero no de forma exclusiva.

### **Cribado de alergias:**

Existen algunas publicaciones como las de Clark AT *et al* (67,68) que estudiaron el uso de la TI en alergias alimentarias (cacahuete, huevo), detectando un aumento de la temperatura nasal en los

pacientes alérgicos, que precedía a la aparición de síntomas. Estos hallazgos revelaron que la TI podría ser una técnica rápida, útil y segura en la detección de alergias, aunque harían falta estudios con mayor tamaño muestral.

### **Anestesia:**

Hay algunos estudios que describen la utilidad de la TI en el campo de la Anestesia sobre todo en adultos. Sin embargo, en niños los datos publicados son limitados.

En el estudio de Cheema SP *et al* (69) se describe el caso de un niño en el que se usó la TI durante la evaluación de un bloqueo epidural torácico, encontrando un cambio de temperatura de la piel claramente delimitado entre los dermatomas T4 a T10. Este caso ilustra la relación entre el sistema nervioso periférico y la perfusión cutánea.

### **Complicaciones de catéteres venosos:**

Existen varias publicaciones que describen el uso de la TI en el diagnóstico de complicaciones de los catéteres venosos en adultos, tanto periféricos (70) como centrales (71,72). Sin embargo, existe poca información sobre esta aplicación en niños (73).



Entre los artículos publicados en catéteres venosos centrales (CVC) en adultos destaca el de Silvah JH *et al* (71) que estudió a 39 pacientes portadores de CVC tipo no tunelizados e implantables. Los resultados mostraron la utilidad de la TI para la detección de infección en este tipo de CVC, demostrando un aumento de temperatura en la zona alrededor de la inserción del CVC respecto a la contralateral sana, con resultados estadísticamente significativos ( $P < 0,01$ ).

Oya M *et al* (72) realizaron un estudio en 62 pacientes sobre el uso de la TI para valorar la extravasación de fármacos quimioterápicos y sus complicaciones asociadas como la induración o la necrosis de los tejidos adyacentes. Cuando se produjo induración por extravasación de la quimioterapia se había producido previamente un determinado patrón termográfico que mostraba un descenso de temperatura en dicha zona. Por tanto, la monitorización continua con TI podía predecir las complicaciones asociadas a la quimioterapia, como la extravasación de fármacos, 24 horas antes de su aparición.

Respecto al uso de la TI en catéteres venosos periféricos en adultos, destaca la publicación reciente de Doesburg F *et al* (70) que incluyó a 128 pacientes adultos ingresados en una unidad de cuidados intensivos, portadores de este tipo de catéter. Se valoró el uso de la TI para la detección de flebitis superficial. Los resultados mostraron que el aumento de la diferencia de

temperatura entre la zona de inserción del catéter y un punto de referencia proximal, fue un factor de riesgo de flebitis.

En niños el único estudio publicado es el de Benavent-Casanova *O et al* (73), que consiste en un estudio de casos y controles realizado en 8 pacientes oncológicos portadores de CVC de inserción periférica (PICC). Se evaluó la utilidad de la TI para la detección de infección relacionada con CVC y el seguimiento de estos pacientes tras la instauración de un tratamiento. Los resultados preliminares mostraron mayor asimetría térmica entre la zona infectada y la sana cuando existió infección del CVC. Tras el inicio del tratamiento, la asimetría térmica se redujo aproximadamente 1°C cuando la evolución fue favorable. Por tanto, la TI tendría un potencial importante para cuantificar los cambios inflamatorios detectados en la infección de CVC, facilitando su diagnóstico y la valoración de su respuesta tras el tratamiento. Son necesarios estudios futuros en esta dirección, debido al pequeño tamaño muestral.

### **Trombosis:**

Existen algunas publicaciones que describen el uso de la TI para la detección de trombosis venosa profunda (TVP) en adultos.

En el estudio de Kacmaz *S et al* (74) realizado en adultos, se concluyó que la TI sería útil como primera técnica a realizar en servicios de urgencias en pacientes con síntomas compatibles con

TVP durante la fase aguda (una semana), con una sensibilidad de 96,1% y una especificidad de 35,7%.

Existen pocos casos descritos en niños del uso de la TI en trombosis. Destaca la publicación de Jung A *et al* (75) que describió el caso de un niño de 12 años con TVP femoral, concluyendo que existió buena correlación entre las imágenes de la TI (aumento de temperatura en extremidad afecta) y la Ecografía Doppler. Y otro caso publicado por Saxena AK *et al* (29) de trombosis arterial femoral en un niño de 10 años, en el que existió una disminución de temperatura en la extremidad afecta.

No se ha descrito hasta el momento el uso de la TI para la detección de trombosis asociada como complicación a los catéteres venosos centrales.



### **3. HIPÓTESIS**

---



Desde los inicios de la medicina, se conoce la relación entre enfermedad y las variaciones de temperatura corporal (26), lo que ha llevado al estudio y desarrollo de técnicas de termometría, que permitiesen cuantificar dichos cambios de temperatura, entre ellas la TI.

La aplicabilidad de la termografía al campo médico se basa en que la piel emite de manera espontánea y continua radiación infrarroja, cuya distribución corporal es simétrica en un individuo sano. Esta simetría se ve alterada en un amplio espectro de patologías en las que intervienen procesos de inflamación, infección, alteraciones vasculares, etc., que alteran la homeostasis y por tanto pueden causar cambios en el mapa de energía térmica emitida por cada individuo en la zona afectada.

El registro, mediante cámara termográfica, de dicha distribución de la energía térmica emitida por la superficie del cuerpo es completamente inocuo, rápido y permite un análisis cualitativo inmediato que puede mostrar la importancia del hallazgo clínico. Posteriormente, estas imágenes se pueden analizar cuantitativamente, seleccionando regiones de interés (ROIs) para obtener variables e índices de utilidad clínica para el diagnóstico y el seguimiento de los pacientes.

La población pediátrica es más vulnerable al uso de técnicas de imagen invasivas y/o que utilicen radiación ionizante, por lo que técnicas inocuas como la TI tendrían interés en esta población. La TI tiene las siguientes ventajas:

- Es completamente inocua. No se irradia al paciente con ningún tipo de radiación. Y se registra, a distancia, la radiación infrarroja que emite, por tanto, se puede realizar sin tocar ni molestar al paciente.
- Es rápida, por lo que no precisa sedar al niño para mantenerlo en reposo durante largos tiempos.
- Accesible, se puede realizar a pie de cama del paciente, sin necesidad de desplazamientos ni separación de sus progenitores o familiares.

Como se ha comentado, los estudios en población pediátrica (29,30) son escasos y la mayoría tienen pocos casos. Además, se carece de estándares de referencia y protocolos claros para el empleo de la técnica en niños, debido a las dificultades que presenta su corta edad para seguir un protocolo estricto extrapolado de la población adulta (reposo, sin tocar área afecta...) y las variaciones en las proporciones corporales según las edades y según los percentiles de peso y talla dentro de cada edad.

La hipótesis de este trabajo es que la TI podría ser una herramienta útil para la práctica clínica pediátrica en patologías que alteran la microcirculación cutánea, como las anomalías vasculares (hemangiomas y malformaciones vasculares) y las complicaciones asociadas a los CVC (infección y trombosis). Su utilidad radica en 2 aspectos fundamentales:



1. Permitiría realizar el **diagnóstico precoz** de estas patologías, detectando de manera incipiente los cambios en la microcirculación cutánea, antes de que aparecieran los signos y síntomas de enfermedad.
2. También permitiría valorar la **evolución de un paciente tras la administración de un tratamiento**, detectando de manera temprana si el tratamiento es efectivo, o si existe alguna complicación asociada.



## **4. OBJETIVOS**

---



El objetivo general de esta tesis es evaluar la utilidad del uso de la TI para el diagnóstico y seguimiento de pacientes pediátricos afectos de 2 tipos de patologías relacionadas con los vasos sanguíneos y que alteran la microcirculación cutánea. Por un lado, las anomalías vasculares (hemangiomas, malformaciones vasculares) y, por otro lado, los pacientes portadores de catéteres venosos centrales (con y sin infección).

Para el desarrollo de este objetivo se plantean los siguientes objetivos específicos:

1. Poner a punto la técnica de la toma de imágenes termográficas y definir un protocolo adaptado a la población pediátrica.
2. Definir las regiones de interés (ROIs) para las patologías estudiadas.
3. Implementar índices o parámetros clínicos para cuantificar los cambios clínicos observados en un paciente al diagnóstico y tras la instauración de un tratamiento médico, que permitan reducir la variabilidad inter e intraobservador que se produce cuando se utilizan métodos de análisis de imagen cualitativos.
4. Establecer una correlación descriptiva entre las imágenes obtenidas en diferentes patologías pediátricas, mediante TI y mediante las técnicas de imagen convencionales.
5. Establecer la utilidad de la TI como técnica para evaluar las modificaciones o la finalización del tratamiento.



## **5. MATERIAL Y MÉTODOS**

---





### **5.1. TIPO DE ESTUDIO**

Se realizó un estudio prospectivo en población pediátrica, valorada en las diferentes secciones del Servicio de Pediatría (hospitalización, urgencias y consultas externas) del Hospital Clínico Universitario de Valencia. El estudio constaba de 2 subapartados:

- Un estudio analítico: que constaba de 2 grupos.
  - o Grupo de pacientes portadores de CVC: se realizó estudio de casos (infección) y controles (sin infección).
  - o Grupo de pacientes con hemangiomas y malformaciones vasculares: se realizó un estudio de cohortes.
  
- Un estudio descriptivo: que consistía en la comparación de las imágenes obtenidas por TI con fotografías de los pacientes y con las imágenes de las pruebas convencionales realizadas según la patología.

Se diseñó un protocolo para la toma de imágenes termográficas, adaptado de los estándares y protocolos de referencia utilizados para adultos (76), que fue aprobado por el Comité Ético de Investigación Científica (CEIC) del Instituto de Investigación Sanitaria INCLIVA y del Hospital Clínico Universitario de Valencia (Anexo 1).

## **5.2. PACIENTES**

La muestra correspondiente a la población de estudio estuvo formada por 59 niños, de edad comprendida entre 1 mes y 14 años, atendidos en el Servicio de Pediatría del Hospital Clínico Universitario de Valencia desde julio de 2016 a diciembre de 2018.

Para la participación de los pacientes en el estudio, se obtuvo el consentimiento informado por parte de sus padres o representantes legales y también de los pacientes, en el caso de los mayores de 12 años (Anexo 2).

Además, a todos los pacientes participantes en el estudio, se les realizaron las pruebas estandarizadas y se administraron los tratamientos indicados, según el diagnóstico médico por el que estaban siendo atendidos. Las imágenes termográficas obtenidas al diagnóstico y/o seguimiento de los participantes, se tuvieron en cuenta, como apoyo a las pruebas complementarias indicadas de rutina, sin perjuicio de los pacientes.

### **5.2.1. Criterios de inclusión y exclusión**

#### **Criterios de inclusión:**

- Edad comprendida entre 0 y 14 años.

- Diagnóstico médico:

\* Portadores de CVC sin infección o con sospecha de infección.

\*Anomalías vasculares (hemangiomas, malformaciones vasculares).

- Consentimiento informado firmado por los progenitores o representantes legales en todos los casos; y además firmado por los menores maduros, en el caso de los pacientes mayores de 12 años.

**Criterios de exclusión:**

- Reposo imposible.
- Ducha o baño muy frío o muy caliente en las últimas 2 horas.
- Consumo de fármacos vasoactivos y/o bebidas con cafeína.
- Aplicación de productos cutáneos en zona afecta.
- Masaje, hielo o férula en zona afecta.
- Sol o radiación ultravioleta (UV) intensa en zona a evaluar.

**5.2.2. Grupos de pacientes y características según patologías**

El grupo de **pacientes portadores de CVC**, en su mayoría fueron niños afectados de enfermedades hemato-oncológicas. Se establecieron 3 subgrupos:

1. Controles: portadores de CVC, pero sin infección.
2. Casos: pacientes con infección relacionada con CVC.

3. Seguimientos: pacientes que fueron diagnosticados recientemente de infección relacionada con CVC.

Además, se estudiaron los pacientes de cada subgrupo, según el tipo de CVC que llevaban insertado: PICC, Hickman o Port-a Cath (PAC).

Existen varios tipos de accesos venosos centrales y sus indicaciones dependen de la duración del tratamiento a administrar, de la frecuencia del uso del catéter, de la disponibilidad de sitios de acceso venoso, de la situación clínica y de las preferencias del paciente, la familia y el médico (77).

Hay diferentes clasificaciones de los CVC, dependiendo de la duración (corta, media o larga), del acceso (a través vena central o periférica), material o implantación (no tunelizado, tunelizado o totalmente implantable) (78,79).

La mayoría de los niños oncológicos utilizan catéteres de larga duración, como los puertos totalmente implantables (Port-a-Cath®) o los tunelizados (Hickman®, Broviac®, Grohong®), cuya duración es larga, incluso varios años, y presentan pocas complicaciones (80). Sin embargo, para su colocación se necesita una intervención mediante cirugía o radiología intervencionista, cuando el paciente esté suficientemente estable para soportarla, también necesitan monitorización fluoroscópica y anestesia (78,81,82). En ocasiones, cuando los pacientes están inestables para ir a quirófano o necesitan iniciar un tratamiento intravenoso

rápidamente que requiera la utilización de una vena central, son preferibles los catéteres venosos centrales de inserción periférica (PICC). Su principal ventaja es que su inserción es rápida y fácil, sin necesidad de cirugía (81).

Las imágenes térmicas infrarrojas (ITI) de los pacientes con CVC se compararon en la mayoría de casos con las imágenes disponibles de los pacientes:

- Fotografías: permitían valorar la localización del CVC y si tenía signos externos sugestivos de infección.
- Radiografía (Rx) de tórax: se realizó prácticamente de forma rutinaria tras la colocación del CVC, para comprobar la correcta localización de éste, dando una información morfológica.
- Ecografía Doppler: se realizó para guiar la canalización de CVC tipo PICC y para descartar complicaciones asociadas como la infección y/o trombosis, ya que permite valorar el flujo de los vasos sanguíneos.

El grupo de las **anomalías vasculares**, se dividió en 2 subgrupos:

1. Pacientes con diagnóstico de hemangioma.
2. Pacientes con diagnóstico de malformación vascular.

Las ITI de los pacientes con anomalías vasculares se compararon en la mayoría de casos con las imágenes disponibles de los pacientes:

- Fotografías: permitían valorar la localización, tamaño y las características clínicas de la anomalía vascular.
- Ecografía Doppler: fue la prueba de elección, ya que permite valorar el tipo de vaso afecto y en el caso de los hemangiomas, describir en qué fase se encuentran (proliferación, estabilización, involución).
- Resonancia Magnética: fue la segunda prueba de elección, ya que permite valorar la extensión de la lesión y el tipo de vaso. Normalmente se suele utilizar más en las malformaciones vasculares que en los hemangiomas.
- Otras: según la sospecha clínica también se realizaron otras pruebas complementarias, sobre todo en las malformaciones vasculares, como son la radiografía simple, que fue útil para identificar flebolitos en las malformaciones venosas y para valorar si existía afectación ósea en las malformaciones arterio-venosas; la linfografía, que permitía valorar afectación del componente linfático; la flebografía, que identificaba afectación del componente venoso; y la arteriografía, sobre todo en las malformaciones arterio-venosas, previo a la embolización, entre otras pruebas (83,84).

### 5.3. MATERIAL

#### 5.3.1. Cámara termográfica

Se empleó una cámara termográfica FLIR® E60 (FLIR Systems, Wilsonville, OR, US), cuyas características técnicas fueron valoradas como adecuadas siguiendo las recomendaciones de las últimas guías sobre la aplicación de la TI en ciencias de la salud (85,86), y cuya calibración fue previamente evaluada (87,88). También se utilizó un termohigrómetro digital para registrar la temperatura y humedad del ambiente donde se tomaban las imágenes (Figura 2).

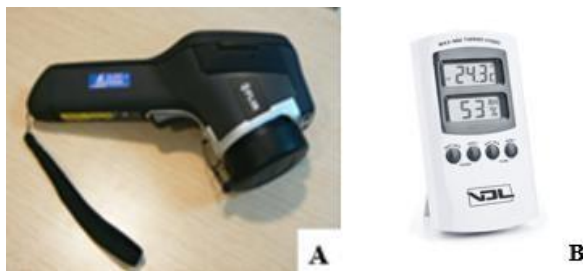


Figura 2: A. Cámara FLIR E60 (89). B. Termohigrómetro.

La cámara termográfica FLIR E60 es una cámara compacta infrarroja.

Características técnicas (90):

- Calidad de la imagen térmica. Plano focal del detector de matriz de 320x240 píxeles de resolución de infrarrojos (76800 píxeles).
- Rango de temperatura:  $[-20-650]^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ .
- Sensibilidad térmica:  $[0,05-30]^{\circ}\text{C}$ .

- Rango espectral: [7,5–13]  $\mu\text{m}$ .
- Campo visual: 25° (H)x19° (V). Distancia mínima de enfoque 0,4 m.
- Precisión  $\pm 2^\circ\text{C}$  o  $\pm 2\%$  de lectura.
- Enfoque manual, zoom 4x continuo.
- Punto central de medida, área con temperatura máx./mín., isoterma superior e inferior.
- Pantalla táctil LCD en color de 3,5".
- Cámara de 3,1 megapíxeles de luz visible digital con lámpara de LED brillante para entornos con poca luz.
- Peso con batería: 0,825 kg.
- Tamaño: 246×97×184 mm<sup>3</sup>.
- Almacenamiento de imagen en formato JPEG estándar.
- Batería Lithium-ion (recargable) con 4 horas de operación continua.

En la aplicación termográfica la cámara se situó delante del objeto, en este caso la zona de interés a estudiar, y recibió la energía térmica infrarroja total ( $W$ ), suma de dos componentes (89):

- La energía infrarroja proveniente del objeto ( $I$ ).
- La energía del entorno reflejada por dicho objeto ( $Ie$ ).

$$W=I+Ie=\varepsilon \sigma T^4 +(1-\varepsilon) \sigma T_a^4$$



donde  $\varepsilon$ : 0,98;  $\sigma$ : constante de Stefan-Boltzmann;  $T$ : Temperatura piel;  $T_a$ : Temperatura reflejada, que coincidía con la temperatura ambiente, por no haber focos de calor ni frío en la sala (91).

La energía total se recibía en la cámara termográfica, a través de un conjunto de lentes sobre un detector de infrarrojos, que enviaba la información al sensor para procesar la imagen y convertir los datos provenientes del detector en una imagen que podía ser vista en el visor integrado, en un monitor de vídeo estándar o en una pantalla LCD, se podía almacenar y leer los valores de las temperaturas superficiales del objeto analizado mediante el uso de algoritmos de procesamiento de datos (89).

La cámara termográfica permitía presentar el mapa de temperaturas tanto en escala de grises como en pseudocolor (paleta “rain”), para hacer una interpretación más sencilla.

En el caso del cuerpo humano, la radiación infrarroja emitida desde la superficie de la piel, a través de la cámara termográfica, se convertía en una ITI. El espectro de colores indicaba el aumento o disminución de la cantidad de radiación infrarroja que se emitía desde la superficie del cuerpo, cuanto más alta era la temperatura, mayor la energía emitida (89,92).

## **5.4. MÉTODO**

### **5.4.1. Recogida de datos**

La recolección de datos de los pacientes atendidos en el Servicio de Pediatría se iniciaba con la captación de los afectos por las patologías objeto de estudio, tras su propuesta para la participación en el estudio. Generalmente, se acordaba con la familia y el paciente su seguimiento, coincidiendo con visitas rutinarias en consultas externas, o durante la hospitalización. También se elaboró una hoja de recogida de datos (Anexo 3), que se utilizó para la recogida de la información. Las variables seleccionadas e incluidas fueron:

- Datos de identificación de cada paciente, representados en forma de código numérico (numeración por patología seguido de su número de historia clínica) y la primera letra de los apellidos y nombre, y características demográficas del paciente (sexo, edad).
- Datos de selección para su participación: criterios de inclusión y exclusión.
- Anamnesis, incluyendo: tiempo de evolución, parte corporal afecta, existencia de fiebre, relación con algún desencadenante u otra sintomatología acompañante.
- Antecedentes personales relevantes.
- En el caso de los hemangiomas se incidía en los siguientes datos:

- Antecedentes relevantes relacionados con la aparición de hemangiomas: FIV, prematuridad, bajo peso al nacimiento, gemelaridad.
- Tipo: profundo, superficial o mixto.
- Fase: proliferativa, estable, residual, desconocida.
- Lado
- Parte corporal afecta
- Si eran únicos o múltiples
- Si habían recibido tratamiento previo
- En el caso de las malformaciones vasculares se recopilaba la siguiente información:
  - Tipo: venosa, capilar, linfática, arterio-venosa, mixta.
  - Parte corporal afecta.
  - Lado
- En el caso de los CVC se recogían los siguientes datos:
  - Tipo de CVC (PICC, Hickman, PAC)
  - Lado del CVC
- Datos de la exploración: peso, talla, temperatura corporal, eritema, calor local, tumefacción, dolor, movilidad y síntomas asociados.
- Pruebas complementarias: analíticas y/o pruebas de imagen. Registro de las pruebas que existían y su correlación con el diagnóstico médico.
- Diagnóstico médico.
- Tratamiento, incluyendo datos de fecha de inicio y finalización.

- Datos técnicos relativos a la toma de imágenes: fecha y hora, registro de temperatura y humedad del lugar donde se tomaba la imagen, descripción del lugar (consulta, urgencias, habitación sala), distancia, ángulo, tiempo de espera.
- Registro de posibles incidencias.

#### **5.4.2. Protocolo de toma de imágenes**

A la hora de tomar las imágenes termográficas se debían tener en cuenta todos los siguientes aspectos que los protocolos de adultos recogen (24,76,92). En el Anexo 4 adjuntamos el protocolo que seguimos, adaptando dichas recomendaciones a la población pediátrica.

**- Posición de la cámara:** la cámara debía colocarse perpendicular a la región de interés a estudiar (ROI) y todas las imágenes tomadas a lo largo del estudio debían estar realizadas a la misma distancia, ya que la posición (ángulo y distancia) podía afectar a las medidas tomadas (92).

Por estos motivos, el protocolo diseñado contemplaba que la captura de imágenes termográficas se realizara con la cámara perpendicular a la ROI, normalmente a 1 metro de distancia en los niños mayores de 2 años, y en los menores a 0,5 metros. Intentamos tomar las imágenes en bipedestación o en posición sentada, de manera perpendicular a las áreas de interés. Pero no fue posible en todos los casos, debido a la situación clínica de los

pacientes y a la edad de los niños (en muy pequeños fue más difícil obtener la misma posición para todas las tomas de imágenes). Por lo que en algunos casos las imágenes se tomaron en la cama, con el paciente acostado.

- **Sala de medidas:** debía tener una temperatura entre 18-25°C con variaciones inferiores a 1-2°C (temperaturas superiores/inferiores afectan a la termorregulación haciendo sudar o provocando escalofríos al paciente). Se recomendaba tener una humedad relativa entre 40-70% para evitar sudoración. También se aconsejaba evitar partículas en el aire de vapor o polvo (absorben parte de la radiación emitida por el sujeto) y evitar la presencia de más fuentes de radiación (luz solar, aparatos electrónicos, conductos de calefacción, tuberías y corrientes de aire).

En nuestro estudio, se registraron la temperatura atmosférica y la humedad relativa de la sala de captación de imágenes, para introducirla como parámetros correctores dentro del análisis de las imágenes y en la propia cámara termográfica. La temperatura de las habitaciones y consultas oscilaba entre  $24\pm 1^\circ\text{C}$  y la humedad entre  $50\pm 5\%$ .

- **Aspectos técnicos para el uso de la TI en pacientes:** en los estudios termográficos se empleaba una emisividad de 0,98 para todos los pacientes, debido a la baja variabilidad observada (92). Se debía tener en cuenta:

- \* La adaptación a la temperatura de la habitación durante unos 10 minutos, evitando el contacto con la zona a estudiar.

Los pacientes del estudio descubrían la zona afectada y su contralateral, permaneciendo en reposo en la estancia durante 10 minutos (tiempo de aclimatación), sin contactar con las zonas de interés a estudiar (ROI), tal y como establecía el protocolo de medición. Se procedía al encendido de la cámara termográfica entre 10-20 minutos antes de la toma de imágenes.

- \* La postura corporal, que dependería de la zona a estudiar.
- \* El ritmo circadiano, ya que la temperatura de la piel es más baja por la mañana y aumenta durante el día, por lo que las diferentes termografías debían realizarse siempre en el mismo momento del día.
- \* La toma de medicamentos, como analgésicos, medicamentos hormonales, vasoactivos...afecta a la circulación de la sangre, y por lo tanto a la temperatura de la piel.
- \* La nutrición e hidratación, las bebidas con cafeína (aumentan la temperatura superficial).
- \* El vello corporal, la aplicación de cosméticos, cremas o geles y la exposición prolongada al sol y a rayos UVA.

### 5.4.3. Análisis de datos

Con el fin de cuantificar las asimetrías térmicas provocadas por patologías que alteran la homeostasis corporal, y darles menor variabilidad inter/intraobservador, se estableció un protocolo para la obtención de variables cuantificadoras de la lesión que permitiesen posteriormente realizar un estudio estadístico para valorar la capacidad de diagnóstico y seguimiento de esta técnica.

De cada paciente, se obtuvieron las temperaturas media, máxima, mínima y desviación estándar de cada región de interés (ROI) en grados Celsius (°C), usando el software de termografía FLIR Thermacam Researcher Pro 2.10® (*Flir Systems Inc., Wilsonville, Oregon, USA*).

Las ROIs estudiadas incluyeron la zona afectada y su homóloga contralateral sana, y dos zonas de referencia, el mentón y la frente, comunes a todos los pacientes. La manera de seleccionar las ROIs varió dependiendo de la patología estudiada (Ejemplos Figura 3).

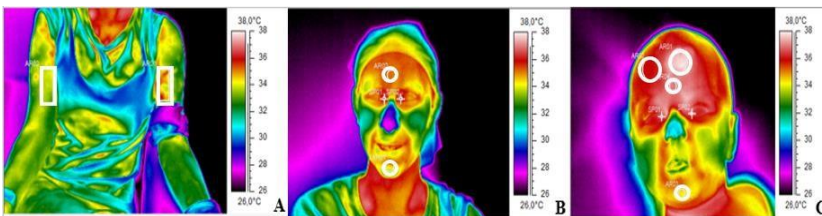


Figura 3: Ejemplo de ROIs seleccionadas. A. ROIs rectangulares zona afectada (izquierda) y sana (derecha) en paciente con infección de PICC (brazo izquierdo). B. ROIs circulares en zonas de referencia (frente y mentón) de la paciente de la imagen A. C. ROIs circulares en zona afectada (izquierda) y sana (derecha) en paciente con hemangioma (región frontal izquierda), ROIs circulares en ambas zonas de referencia (frente y mentón).

En el CVC tipo PICC, cuya inserción fue a través de venas periféricas del brazo (basílica, cefálica o braquial), la ROI tenía forma rectangular, seleccionando la región entera del bíceps circundante al catéter.

En el CVC tipo PAC o Hickman, cuya inserción fue a través de venas centrales (principalmente subclavia, yugular interna y externa), la ROI fue circular, seleccionando la zona de venopunción en los PAC (1-2 cm) y la zona de inserción del CVC (1-2 cm) en los Hickman.

Dado la morfología redondeada de los hemangiomas, las ROIs de la zona afecta y la contralateral fueron circulares, seleccionando prácticamente todo el hemangioma, más de 2/3.

En las malformaciones vasculares, que en general presentaban morfología más variada por su localización, y extensión, en ocasiones hemicuerpo entero, las ROIs de la zona afecta y la contralateral también fueron circulares.

Se mantuvo la misma ROI seleccionada para analizar las imágenes al diagnóstico y durante los controles evolutivos.

Se calcularon para cada registro de imágenes de cada paciente, aparte de las variables obtenidas mediante el programa FLIR Thermacam Researcher Pro 2.10® (temperaturas media, máxima, mínima y desviación estándar), tres variables o parámetros termográficos:



- **TAM:** diferencia de temperaturas medias de la ROI afecta menos la sana.

$$TAM (^{\circ}C) = T_{ROI\ afecta} - T_{ROI\ sana}$$

- **TAM<sub>máx</sub>:** diferencia de temperaturas máximas de la ROI afecta menos la sana.

$$TAM_{máx} (^{\circ}C) = T_{máx\ ROI\ afecta} - T_{máx\ ROI\ sana}$$

- **IT (Índice Térmico):** diferencia de temperaturas medias de la ROI afecta menos la sana, entre la temperatura media de la frente, tomada como zona de referencia.

$$IT(\%) = \frac{TAM}{T_{ROI\ zona\ de\ referencia}}$$

En el análisis de las imágenes obtenidas se siguió la siguiente secuencia:

1. Toma de imágenes en escala de grises, ajustando temperatura ambiental y humedad relativa de la habitación en la cámara.
2. Descarga o exportación la imagen desde la cámara en formato JPEG al PC.
3. Carga o importación las imágenes al software FLIR® Tools Plus3.1.13080.1002 (FLIR® Systems, Wilsonville, OR, US).
4. Ajuste parámetros en el software: temperatura ambiente, humedad relativa, distancia, emisividad.

5. Selección de paleta de colores “rain” y ajuste rango de temperaturas entre 26 y 38°C para todos los pacientes.
6. Selección zona afecta, contralateral sana y zonas de referencia.
7. Cálculo de las temperaturas medias, máximas, mínimas y desviación estándar de las ROI.
8. Cálculo en software Excel las variables arriba mencionadas: TAM, TAM<sub>max</sub>, IT.

Para la comparación de las imágenes termográficas con otras técnicas de imagen, se realizó un estudio descriptivo. Se analizaron todas las imágenes de forma cualitativa, y también se tuvieron en cuenta los datos cuantitativos de las variables termográficas, para ver si se correlacionaban con las diferentes situaciones clínicas.

#### **5.4.4. Análisis estadístico**

Para el análisis estadístico se utilizó el programa SPSS® (*SPSS Statistics 21.0, IBM, Armonk, New York, USA*). Se calcularon los datos con medias  $\pm$  desviación estándar (DE) y los intervalos de confianza del 95.

Se realizó prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov.

Para la comparación de medias se utilizó el análisis de la varianza (ANOVA) y cuando el test fue significativo para las comparaciones múltiples se utilizó el test de Scheffe.

Para el análisis de la dependencia de factores de variables cualitativas se utilizó la prueba de  $\chi^2$ .

Para el análisis de la relación entre 2 variables cuantitativas se utilizó el test de correlación de Pearson. Cuando la relación entre variables fue fuerte, se realizó una regresión lineal simple para establecer predicciones.

El nivel de significación estadística se determinó para  $P < 0,05$ .

#### **5.4.5. Integración del registro de las termografías en el proceso de diagnóstico clínico**

La información acerca del diagnóstico definitivo de las patologías se recogía de los informes médicos. El diagnóstico se basaba en una combinación de criterios clínicos y pruebas complementarias, según los protocolos actualizados para cada patología médica, sin influencia de los resultados obtenidos mediante TI. Posteriormente, se comparaban los datos obtenidos mediante la exploración clínica, las pruebas complementarias estandarizadas (imagen, laboratorio) y las ITI, estableciendo una correlación descriptiva entre ellas.



## **6. RESULTADOS**

---



## 61. ESTUDIO DEL USO DE LA TERMOGRAFÍA INFRARROJA EN PATOLOGÍAS VASCULARES EN LA EDAD PEDIÁTRICA

### 6.1.1. Catéteres venosos centrales

Se estudiaron 30 pacientes portadores de diferentes tipos de CVC, en los cuáles se insertaron 34 CVC (3 PICC inicialmente y posteriormente 1 Hickman y 2 PAC, y otro paciente PAC y después además Hickman). En ningún caso el cambio de CVC se debió a complicaciones en el dispositivo previo, sino a protocolos de la Unidad. En el Anexo 5 se adjunta la tabla con los datos crudos de todos los pacientes estudiados con CVC.

En total se tomaron 44 registros termográficos, incluyendo los controles sin infección, los pacientes con infección, y el seguimiento de estos últimos. En la Tabla 4 se resume la distribución y características de la muestra estudiada. En las Tablas 5 y 6 se describen las características de los pacientes portadores de CVC sin y con infección, respectivamente.

Tabla 4: Distribución de pacientes con CVC.

Tipo catéter	PICC	PAC	Hickman
Edad media $\pm$ DE (años)	9,8 $\pm$ 3,8	7,8 $\pm$ 3,3	11 $\pm$ 2,8
Infección (nº pacientes)	4	2	1
Sin infección (nº pacientes)	7	17	3

PICC: Catéter central de inserción periférica, PAC: Catéter tipo port-a-cath. Catéter Hickman.

Tabla 5: Características de los pacientes controles portadores de los diferentes tipos de CVC.

CONTROLES								
Tipo CVC	Paciente	Sexo	Edad (años)	Patología base	Lado CVC	Variables termográficas		
						TAM (°C)	TAM <sub>max</sub> (°C)	IT (%)
PICC (N=7)	1	♂	5	LLA T	D	-0,4	0,3	-1,1
	2	♂	11	LL	D	0	-1,1	0
	3	♀	4	LLA B	I	-0,3	-0,5	0,8
	4	♂	12	SE	I	-0,1	0,1	-0,3
	5	♀	13	AM	I	0,4	0,3	1,1
	6	♂	12	LH	I	-0,3	-0,1	-0,8
	7	♀	5	LLA B	I	-0,1	-0,2	-0,3
PAC (N=17)	8	♂	13	LLA B	D	0,1	0,3	0,3
	9	♀	10	LLA B	D	0,1	0	0,3
	10	♀	8	LLA B	D	0	-0,1	0
	11	♀	9	TW	D	-1,2	-1	-3,4
	12	♀	5	LLA B	D	0,3	0,4	1,1
	13	♀	13	SE	D	0,5	0,4	1,4
	14	♀	9	LLA B	D	0,9	0,9	2,5
	15	♀	9	LLA B	D	1	1,5	2,8
	16	♂	12	LA	D	0	-0,1	0
	17	♀	8	LMA	D	0	-0,2	0
	18	♂	7	RMS	D	0,1	0,3	0,3
	19	♀	5	LLA B	D	0,3	0,6	0,8
	20	♀	12	LLA B	D	-0,1	-0,2	-0,3
	21	♂	12	LL	I	0	-0,4	0
22	♀	6	LLA B	I	0,2	0,1	0,6	
23	♀	3	LLA B	I	0	0,1	0	
24	♀	7	AF	I	0,1	-0,1	0,3	
Hickman (N=3)	25	♀	14	LMA	D	-0,2	-0,2	-0,6
	26	♀	12	LLA B Recaída	I	-1,2	-0,8	-3,5
	27	♀	13	AM	I	0,5	0,7	1,3

I: izquierdo. D: derecho. LLA T: Leucemia linfoblástica aguda tipo T. LLA B: Leucemia linfoblástica aguda tipo B. LMA: Leucemia Mieloide Aguda. SE: Sarcoma Ewing. AM: Aplasia medular. LL: Linfoma linfoblástico. LH: Linfoma Hodgkin. LA: Linfoma anaplásico. RMS: Rabdomiosarcoma. TW: Tumor de Wilms. AF: Anemia falciforme o drepanocitosis. Rx tórax: Radiografía tórax.



Tabla 6: Características de los pacientes con infección de CVC.

INFECCIÓN Y SEGUIMIENTO DE CVC														
Tipo CVC	Pte	Sexo	Edad (años)	PB	Lado CVC	TB	Variables termográficas						Am	Tto
							TAM (°C)		TAMáx (°C)		IT (%)			
							Dx	S	Dx	S	Dx	S		
PICC (N=4)	28	♀	14	LH	I	No	0,5	-0,6	1,5	0,2	1,4	-1,7	Neg	A/R
	29	♂	8	LDCG	I	Sí	0,4	-0,7	0,9	0	1,1	-1,9	Neg	A/R
	30	♀	6	LLA B	D	No	0,8	-0,3	1,9	-0,3	2,2	-0,8	Neg	A/R
	31	♂	12	LLA B	I	Sí	0,3	-0,8	0,3	-0,8	0,8	-2,2	Neg	A/R
PAC (N=2)	32	♂	8	LMA	D	No	-1,5	0,1	-0,6	0,1	-4,1	0,3	Se	A
	33	♂	3	LMA	D	No	-2,7	-0,6	-1,3	-0,4	-7,3	-1,6	Ef	A
Hickman (N=1)	34	♂	8	TMO	D	No	-1,5	0	-1,2	-0,2	-4,5	0	Cc	A/R

Pte: Paciente. PB: Patología de base. TB: Trombosis. D: Derecho. I: Izquierdo. Dx: Diagnóstico. S: Seguimiento. LLA: Leucemia linfoblástica aguda. LMA: Leucemia mieloide aguda. LH: Linfoma Hodgkin. LDCG: Linfoma difuso de células grandes. TMO: Trasplante multiórgano. Am: Aislamiento microbiológico. Neg: negativo. Se: *Staphylococo epidermidis*. Ef: *Enterococo faecalis*. Cc: *Campylobacter coli*. Tto: Tratamiento. A: Antibiótico. R: Retirada CVC.

El tiempo de seguimiento medio fue de  $2,1 \pm 2,6$  días, rango de 7 días.

En la muestra estudiada, hubo un discreto predominio del sexo femenino (21 pacientes, 61,8%), respecto al masculino (13 pacientes, 38,2%). La Figura 4 muestra la distribución por sexos según el tipo de catéter. Se realizó test estadístico Chi-cuadrado y no existió asociación estadísticamente significativa entre el tipo de CVC colocado y el sexo del paciente.

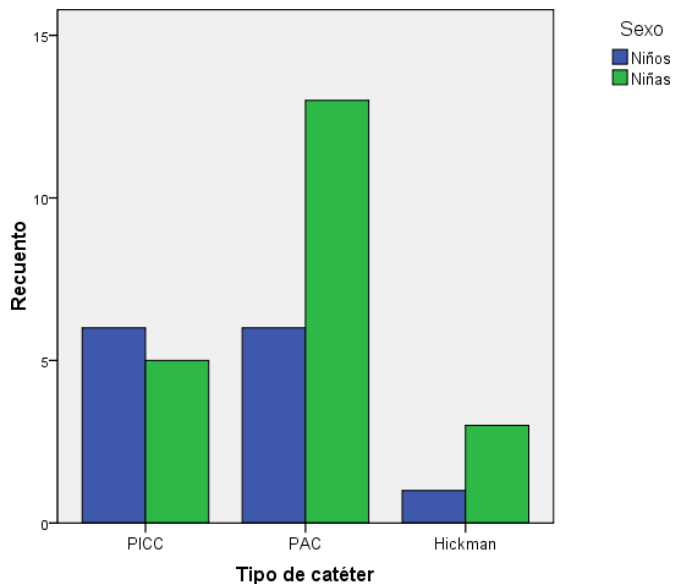


Figura 4: Gráfico de barras que muestra distribución por sexos según el tipo de catéter.

En cuanto a la localización del catéter venoso central, en la muestra estudiada se apreció un predominio derecho en los catéteres tipo PAC, con asociación estadísticamente significativa mediante prueba  $\chi^2$  ( $P=0,04$ ). Sin embargo, en los catéteres tipo PICC y Hickman, no existió dicha asociación (Figura 5).

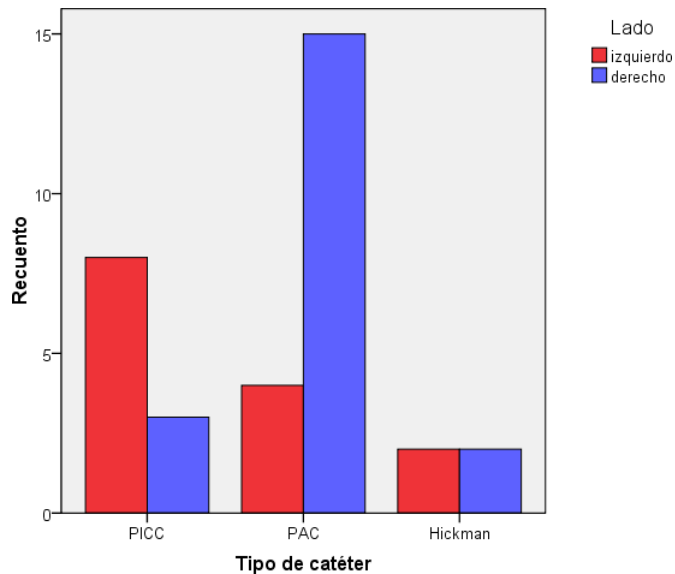


Figura 5: Localización del catéter según el tipo.

Analizando el porcentaje de infección según el tipo de catéter existió tendencia a mayor infección en los CVC tipo PICC (4/11), seguido por el Hickman (1/4) y en último lugar, por el tipo PAC (2/19) (Figura 6). Sin embargo, la prueba de  $\chi^2$  no mostró asociación estadísticamente significativa entre el porcentaje de infección y el tipo de catéter ( $P=0,235$ ); ni tampoco entre el porcentaje de infección y el lado del catéter ( $P=0,919$ ).

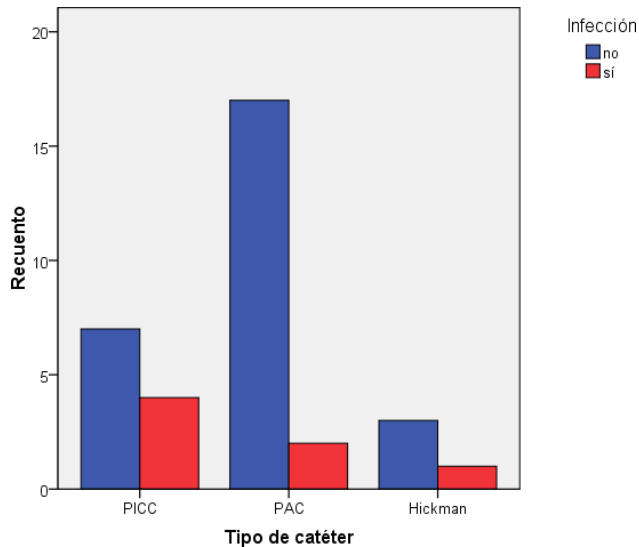


Figura 6: Gráfico de barras agrupadas que muestra el número de pacientes con y sin infección, agrupados según el tipo de catéter.

En cuanto a la trombosis, de la muestra estudiada sólo dos pacientes portadores de PICC y con infección del catéter asociaron trombosis.

Se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) para valorar si existía diferencia estadísticamente significativa entre los valores de las variables termográficas en los controles frente a los casos con infección y durante el seguimiento. La prueba sólo resultó significativa para el caso del catéter tipo PICC. En los otros tipos de catéter, PAC y Hickman, la prueba no pudo realizarse por no tener suficientes datos en todos los estadios analizados.

En el caso del catéter tipo PICC, se asumieron varianzas iguales y se realizó el test post-hoc de Scheffe para las comparaciones

múltiples. Los resultados se describen en la Tabla 7, cuya tipificación de valores  $a>b>c$  muestra si hay diferencias estadísticamente significativas entre las correspondientes medias. Existieron diferencias estadísticamente significativas entre los valores de las variables TAM e IT en las tres situaciones clínicas consideradas ( $P<0,05$ ). En cambio, para TAM<sub>máx</sub> sólo hubo diferencias estadísticamente significativas entre la infección y el control, y entre la infección y el seguimiento.

Tabla 7: Valores de la media y la desviación estándar (DE) para cada una de las variables termográficas según el tipo de catéter y la situación clínica.

Tipo catéter	Situación clínica	TAM (°C)		TAM <sub>máx</sub> (°C)		IT (%)	
		Media	DE	Media	DE	Media	DE
PICC	Control	-0,08 <sup>b</sup>	0,23	-0,05 <sup>b</sup>	0,49	-0,25 <sup>b</sup>	0,65
	<b>Infección</b>	<b>0,50<sup>a</sup></b>	<b>0,22</b>	<b>1,15<sup>a</sup></b>	<b>0,70</b>	<b>1,40<sup>a</sup></b>	<b>0,60</b>
	Seguimiento infección	-0,60 <sup>c</sup>	0,22	-0,22 <sup>b</sup>	0,43	-1,71 <sup>c</sup>	0,61
PAC	Control	0,13	0,44	0,16	0,51	0,38	1,23
	<b>Infección</b>	<b>-2,10</b>	<b>0,85</b>	<b>-0,95</b>	<b>0,49</b>	<b>-5,70</b>	<b>2,27</b>
	Seguimiento infección	-0,60	--	-0,40	--	-1,60	--
Hickman	Control	-0,43	0,85	-0,10	0,75	-0,92	2,42
	<b>Infección</b>	<b>-1,50</b>	--	<b>-1,20</b>	--	<b>-4,47</b>	--
	Seguimiento infección	0,00	--	-0,20	--	0,00	--

TAM: Diferencia de temperaturas medias entre ROIs homólogas. TAM<sub>máx</sub>: Diferencia de la Temperatura máxima de ROIs homólogas. IT: Índice Térmico.  
Diferencias estadísticamente significativas  $a>b>c$ ,  $P<0,05$

Se representan los valores de TAM, TAM<sub>máx</sub> e IT respectivamente, para los diferentes tipos de catéteres y

situaciones clínicas en forma de histograma (Figuras 7 a 9), y también en forma de diagrama lineal representando las medias de estos valores (Figura 10 a 12).

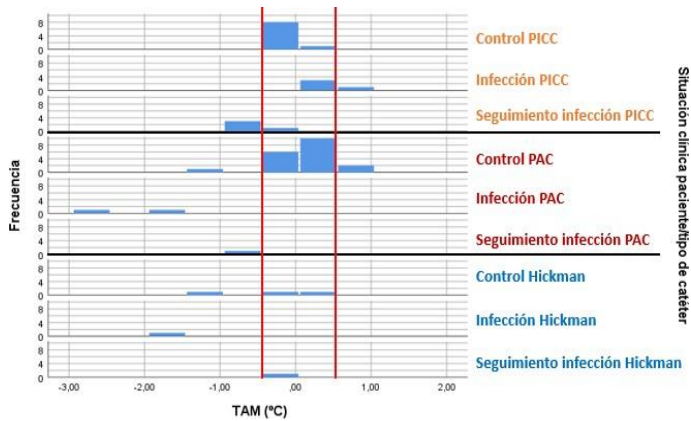


Figura 7: Histograma de los valores de la TAM (°C) ( $\overline{T_{ROI\ afectada}} - \overline{T_{ROI\ sana}}$ ) según el tipo de catéter y la situación clínica del paciente.

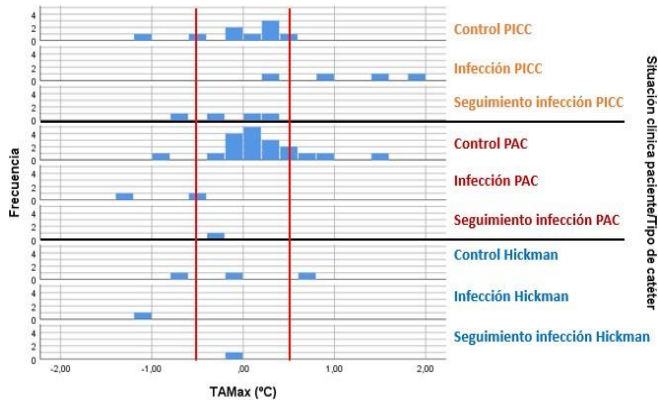


Figura 8: Histograma de los valores de TAMax (°C) ( $T_{m\acute{a}x\ ROI\ afectada} - T_{m\acute{a}x\ ROI\ sana}$ ) según el tipo de catéter y la situación clínica del paciente.

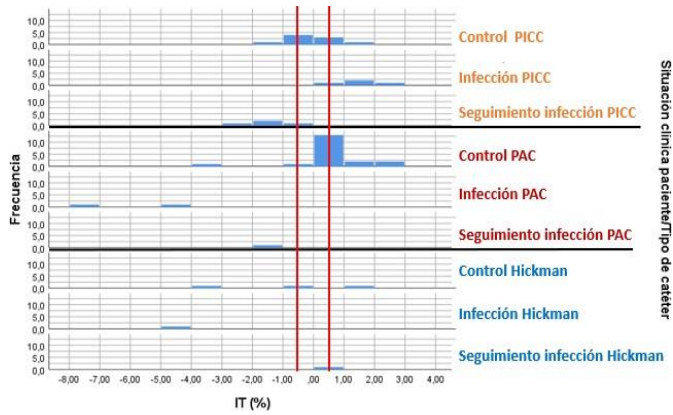


Figura 9: Histograma de los valores del Índice Térmico (%) ( $TAM / T_{ROI}^-$  zona referencia) según el tipo de catéter y la situación clínica del paciente.

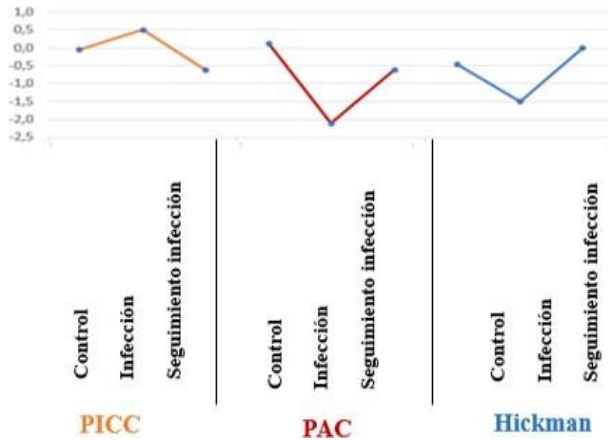


Figura 10: Evolución de los valores medios de la variable TAM (°C) ( $T_{ROI}^- - T_{ROI}^- sana$ ) en función del tipo de catéter y situación clínica del paciente.

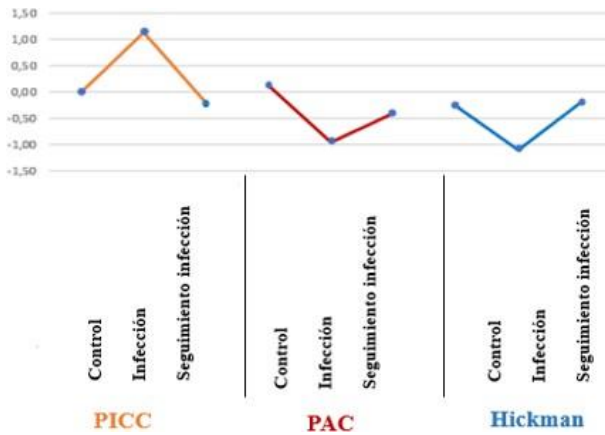


Figura 11: Evolución de los valores medios de la variable TAM<sub>máx</sub> (°C) ( $T_{máx ROI\ afecta} - T_{máx ROI\ sana}$ ) en función del tipo de catéter y situación clínica del paciente.

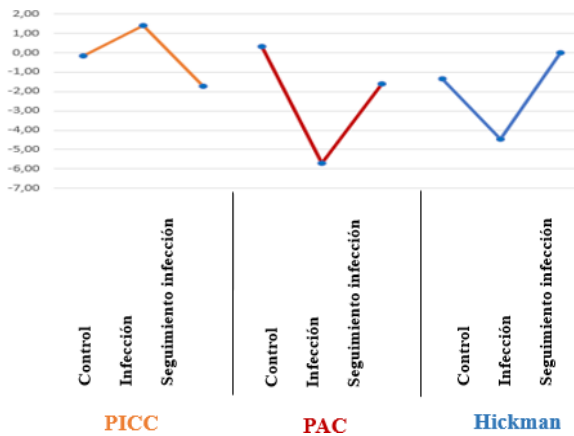


Figura 12: Evolución de los valores medios de la variable IT (%) ( $TAM / \overline{T_{ROI\ zona\ referencia}}$ ) en función del tipo de catéter y situación clínica del paciente.



### 6.1.2. Anomalías vasculares

Se analizaron 29 pacientes, de los cuales 21 correspondieron a hemangiomas (72,4%) y 8 a malformaciones vasculares (27,6%). De las malformaciones vasculares 5 fueron venosas, 1 capilar, 1 linfática y 1 mixta (Figura 13 A). En los hemangiomas, se analizaron 2 hemangiomas (peribucal y brazo) de un único paciente (total hemangiomas registrados 22). En los Anexos 6 y 7 se adjuntan las tablas de datos crudos de los hemangiomas y de las malformaciones vasculares, respectivamente.

Existió discreto predominio del sexo femenino en los hemangiomas (57%) y del sexo masculino en las malformaciones vasculares (60%), pero sin diferencias estadísticamente significativas (Figura 13 B).

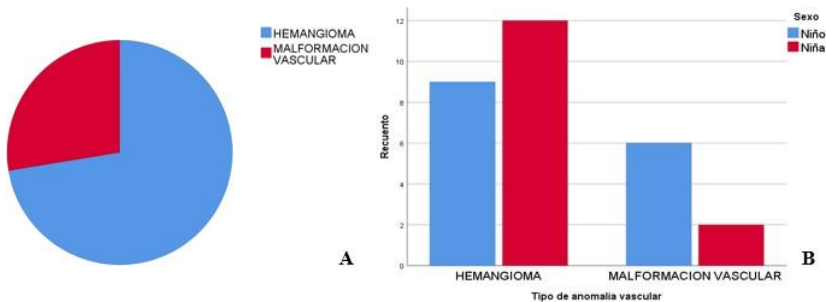


Figura 13: Frecuencia de anomalías vasculares (A) y su distribución por sexo (B).

En las Tablas 8 y 10 se muestran los datos descriptivos más relevantes de los hemangiomas y malformaciones vasculares, respectivamente; y en las Tablas 9 y 11 se muestran los datos detallados de los pacientes con estas 2 patologías.

Tabla 8: Datos descriptivos de los hemangiomas.

	Nº pacientes
<b>Antecedentes</b>	
Prematuridad (<37 semanas EG)	6 (2 ?)
FIV	1
Bajo peso (<2500 g)	7
Gemelar	3
<b>Datos clínicos</b>	
Sexo	♂ 9/♀ 12
Edad media ± DE (años)	1±2,2
Lado afecto	
Derecho	10
Izquierdo	9
Central	3
Localización	
Cabeza/cara	15
Tronco	5
Miembros superiores	1
Miembros inferiores	1
Hemicuerpo	0
Fase	
Proliferativa	21
Residual	1
Desconocido	0
Tipo	
Mixto	12
Superficial	7
Profundo	3
Número	
Únicos	12
Múltiples	9
<b>Pruebas complementarias</b>	
Ecografía Doppler	17
Resultado Ecografía Doppler positivo	15
<b>Tratamiento</b>	
Previo	7
Posterior	3

Tabla 9: Pacientes con hemangioma.

HEMANGIOMAS															
Pte	Lc	Lado	Sexo	Edad (meses)	Fase	Tipo	Eco/ Resultado	Variables termográficas						TS (meses)	Tto
								TAM (°C)		TAMáx (°C)		IT (%)			
								Dx	S	Dx	S	Dx	S		
35	CC/LS	I	♂	7	P	Sp	Sí/+	1,3	1,7	1	1,3	3,7	4,9	2	Pr/Ac
36	CC/LI	I	♂	10	P	M	Sí/-	1,5	-0,9	1	-0,6	4,3	-2,6	2	Pr/Ac
37	CC/LI	I	♀	3	P	M	No	2,9	2,2	2,7	1,9	8,4	6,4	1	Ac
38	CC/LS	D	♀	3	P	Pf	Sí/+	1	0,3	0,2	0,3	2,8	0,8	9.5	Ac
39	CC/LS	D	♀	15	P	M	Sí/+	-	1,2	-	1,9	-	3,4	13	Ac
40	CC/PA	D	♀	6	P	M	Sí/+	2,4	3,2	1,9	2,1	6,7	9,1	1	Ac
41	CC/PA	D	♀	5	P	M	No	2,9	-0,6	0,7	-0,4	8,2	-1,7	2,5	Ac
42*	CC/M	I	♂	5	P	M	Sí/+	1,1	3,5	1,0	2,6	3,0	9,8	1	Ac
43	CC/F	I	♀	2	P	M	Sí/+	1,6	-	1,7	-	4,3	-	-	Ac
44	CC/ PI	D	♂	2	P	Sp	Sí/-	2,2	-	1,3	-	6,1	-	-	Pr/Ac
45	CC/PS	D	♂	7	P	Pf	Sí/+	1	-	0,9	-	2,8	-	-	Ac
46	CC/PS	D	♀	13	P	Pf	Sí/+	-	0,6	-	0,6	-	1,7	10	Ac
47	CC/ N	C	♂	3	P	M	Sí/+	1,3	0,8	1,3	1,2	3,6	2,2	4	Ac

Pte	Lc	Lado	Sexo	Edad (meses)	Fase	Tipo	Eco/ Resultado	Variables termográficas						TS (meses)	Tto
								TAM (°C)		TAMáx (°C)		IT (%)			
								Dx	S	Dx	S	Dx	S		
48	CC/PL	I	♀	4	P	M	Sí/+	0,8	-	0,6	-	2,3	-	-	Pr/Ac
49*	CC/PL	I	♂	3.5	P	Sp	No	1,2	1,4	1,2	0,9	3,4	4,0	1	Ac
50*	T	I	♀	6	P	M	Sí/+	1,9	1,8	1,8	2	5,4	5,1	1,5	Pr/Ac
51	T	C	♀	9	P	M	Sí/+	1,2	-	1,3	-	3,3	-	-	Pr/Ac
52	T	C	♂	132 (11 a)	Rs	Sp	No. RM/-	-	-0,5	-	-0,4	-	-1,4	-	No
53	T	D	♀	9	P	M	Sí/+	1,8	-	2	-	4,9	-	-	Ac
54*	T	D	♀	6	P	Sp	Sí/+	1,4	-0,6	1,5	-0,5	3,9	-1,7	5	Ac
55	MMII	D	♂	5	P	Sp	No	1,7	-	2,1	-	4,8	-	-	Ac
56	MMSS	I	♂	7	P	Sp	Sí/+	1,5	2,2	1,6	2,2	4,2	6,3	2	Pr/Ac

Pte: Paciente. Lc: Localización. CC:Cabeza/Cara. LS: Labio superior. LI: Labio inferior. PA: Periauricular. M: Mejillas. F: Frente. PS: Párpado superior. PI: Párpado inferior. N: Nariz. PL: pelo. T: Tronco. MMII: Miembros inferiores. MMSS: Miembros superiores. Lado. I: Izquierdo. D: Derecho. C: Centro. Fase. P: Proliferativa. Rs: Residual. Tipo. Pf: Profundo. Sp: Superficial. M: Mixto. Dx: Diagnóstico. S: Seguimiento. TS: Tiempo que ha pasado hasta el primer control de seguimiento. Tto: Tratamiento. Pr: Tratamiento previo. Ac: Tratamiento actual. Eco: indica los pacientes que tienen ecografía realizada al diagnóstico, y si el resultado fue positivo para hemangioma. No se incluyen los pacientes que solamente tenían ecografía durante el seguimiento, cuando el hemangioma ya había regresado

TS medio  $2\pm 3,9$  meses, rango 12.

\* Pacientes con más de un control de seguimiento, los valores de las variables termográficas del diagnóstico y del resto de seguimiento se resumen en forma de tabla junto a las imágenes correspondientes.

Tabla 10: Datos descriptivos de las malformaciones vasculares.

	Nº pacientes
<b>Antecedentes</b>	Sin interés
<b>Datos clínicos</b>	
Sexo	6 ♂ / 2 ♀
Edad media ± DE (años)	5,5±4,9
<b>Lado afecto</b>	
Derecho	6
Izquierdo	2
Central	0
<b>Localización</b>	
Cabeza/cara	0
Tronco	1
Miembros superiores	4
Miembros inferiores	1
Hemicuerpo	2
<b>Tipo</b>	
Venosas	5
Capilares	1
Linfáticas	1
Mixtas	1
<b>Pruebas complementarias</b>	
Ecografía Doppler	8
Resultado Ecografía Doppler positivo	7
RM	8
Resultado RM positivo	7
<b>Tratamiento</b>	
Previo	4 →2 Radiología Intervencionista →2 Sirolimus
Posterior	1 →2 Sirolimus

Tabla 11: Pacientes con malformaciones vasculares.

MALFORMACIONES VASCULARES														
Pte	Tipo	Lc	Lado	Edad (años)	Sexo	PC/ Resultados	Variables termográficas						TS (meses)	Tto
							TAM (°C)		TAMáx (°C)		IT (%)			
							Dx	S	Dx	S	Dx	S		
57	MV	MMSS	D	4	♂	Eco, RM/+	0,9	-	0,5	-	2,5	-	-	No
58	MV	T	D	2	♂	Eco, RM/+	1,5	-	1,8	-	4,5	-	-	No
59	MV	H	D	1	♀	Eco, RM/+	3,4	-	4	-	9,8	-	-	Si
60	MV	MMSS	D	12	♂	Eco, RM/+	1,1	-0,2	0,9	-0,3	3	-0,6	7	E
61	MV	MMSS	D	14	♂	Eco, RM/+	0,9	0,1	0,7	0,6	2,5	0,2	0,5	E
62	ML	MMSS	I	7	♂	Eco, RM/+	-0,4	-	-0,5	-	-1,1	-	-	No
63	MC	H	D	0,08 (1mes)	♀	Eco, RM/-	0,7	-	0,7	-	2	-	-	No
64	MM	MMII	I	5	♂	Eco, RM/+*	0,6	-	0,5	-	1,7	-	-	Si

Lado. I: Izquierdo. D: Derecho. C: Centro. Dx: Diagnóstico. S: Seguimiento. TS: Tiempo que ha pasado hasta el primer control de seguimiento. PC: Pruebas complementarias. Eco: Ecografía. RM: Resonancia magnética. Rx: Radiografía. L: Linfografía. F: Flebografía. Tto: Tratamiento. Si: Sirolimus. E: Escleroterapia. No: ninguno. Pte: paciente. Lc: Localización. MV: Malformación venosa. ML: Malformación linfática. MC: Malformación capilar. MM: Malformación mixta. Localización. MMSS: Miembros superiores. MMII: Miembros inferiores. T: Tronco. H: Hemicuerpo.

\* Paciente con RM y ecografía con resultado positivo; además con Rx simple, Linfografía y Flebografía con resultado negativo

TS medio 3,7±4,6 meses, rango 6,5 meses.

En la Figura 14 se muestra la distribución por sexo y edad, según el tipo de anomalía vascular. Existieron diferencias estadísticamente significativas entre la relación de edad y sexo, niñas edad media 6 meses y niños 46 meses (3,8 años) ( $P=0,016$ ). Sin embargo, no existieron diferencias estadísticamente significativas según sexo y patología ( $P= 0,122$ ).

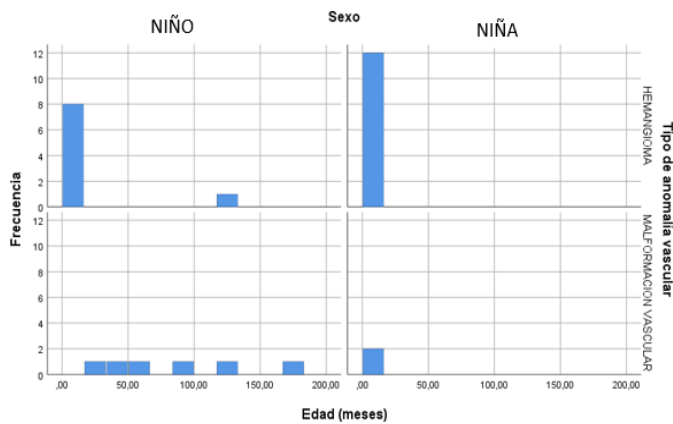


Figura 14: Distribución de pacientes por sexo y edad, según el tipo de anomalía vascular.

En todas las anomalías vasculares el lado más frecuentemente afectado fue el derecho (15/29), sin diferencias estadísticamente significativas ( $P=0,122$ ) y la localización más frecuente fue la cabeza/cara para los hemangiomas (15/21) y miembros superiores para las malformaciones vasculares (4/8) ( $P<0,01$ ) (Figura 15).

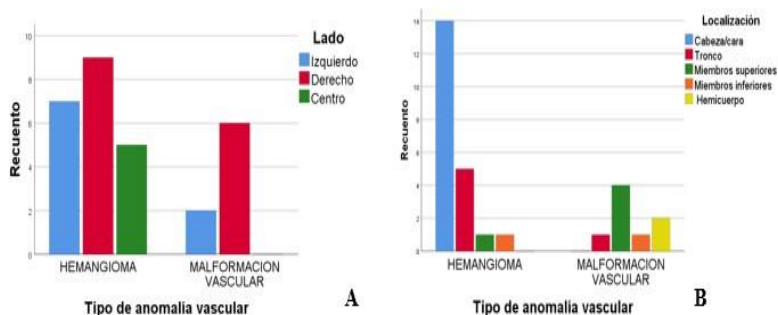


Figura 15: A. Frecuencia del tipo de anomalía vascular en función del lado afecto (A), y de la localización (B).

Se realizó estudio estadístico ANOVA y pruebas post-hoc para comparaciones múltiples tipo Scheffe, no existiendo diferencias estadísticamente significativas entre el tipo de hemangioma, la fase, la localización del hemangioma y las variables termográficas (TAM, TAM<sub>áx</sub> e IT) tanto al diagnóstico como en el primer control.

En la Tabla 12 se describen las medias y las desviaciones estándar para las diferentes variables estudiadas (TAM, TAM<sub>áx</sub> e IT), al diagnóstico y en el primer control de seguimiento. En general los hemangiomas presentaban unos valores discretamente más elevados que las malformaciones vasculares en todas las variables estudiadas, es decir, tenían mayor temperatura en el lado de la lesión respecto al sano y por tanto mayor asimetría térmica. Sin embargo, en el primer control de seguimiento (tiempo medio 116,8 días), en todas las anomalías vasculares se objetivó descenso de todas las variables, siendo más marcado en las



malformaciones vasculares que en los hemangiomas, aunque los resultados no fueron estadísticamente significativos con la comparación por parejas ( $P=0,282$ ).

Tabla 12: Valores medios (VM)  $\pm$  desviación estándar (DE) de las diferentes variables (TAM, TAM<sub>áx</sub> e IT) al diagnóstico y en el primer control de seguimiento.

Variables termográficas	Hemangiomas		Malformaciones vasculares	
	Diagnóstico	Control	Diagnóstico	Control
TAM (°C)	1,5 $\pm$ 0,8	0,8 $\pm$ 1,2	1,1 $\pm$ 1,1	-0,1 $\pm$ 0,2
TAM <sub>áx</sub> (°C)	1,2 $\pm$ 0,7	0,7 $\pm$ 1,0	1,1 $\pm$ 1,3	0,1 $\pm$ 0,6
IT (%)	4,6 $\pm$ 1,7	3,5 $\pm$ 3,8	3,1 $\pm$ 3,1	-0,2 $\pm$ 0,5

La Figura 16, muestra la evolución del IT correspondiente a la respuesta a los diferentes tratamientos en el primer control. Solamente se obtuvo un primer control en 12/21 hemangiomas. En 7/12 pacientes, se observó una disminución de la asimetría térmica. Las características de este grupo fueron: edad gestacional 39 $\pm$ 1,4 semanas, peso al nacimiento 3,3 $\pm$ 0,5 kg; edad 5,1 $\pm$ 2,4 meses y tiempo de seguimiento 3,6 $\pm$ 2,9 meses. En cambio, en 5/12 pacientes, se objetivó un aumento de la asimetría térmica para las variables termográficas calculadas (IT, TAM, TAM<sub>áx</sub>). Sin embargo, disminuyeron todos los valores de las variables

estudiadas tanto de la zona afectada como de la sana (temperatura mínima, máxima y media) respecto al diagnóstico, aunque los valores del lado sano disminuyeron en mayor proporción que los del afecto por el hemangioma. Entre las características de este grupo destacaron (valor medio  $\pm$  DE): edad gestacional:  $36,8 \pm 0,8$  semanas, peso al nacimiento  $2,5 \pm 0,5$  kg, edad  $5,5 \pm 1,5$  meses y tiempo de seguimiento  $1,4 \pm 0,5$  meses.

En el grupo de malformaciones vasculares, se trataron 4/8 pacientes, y sólo se dispuso de control en 2 que fueron tratados con escleroterapia. De ellos, uno tuvo una evolución favorable y se observó resolución completa; y el otro, se complicó con una celulitis a los 15 días del tratamiento. Coincidiendo con dicha complicación se observó un aumento de las variables termográficas, y tras su resolución se apreció disminución progresiva de dichas variables.

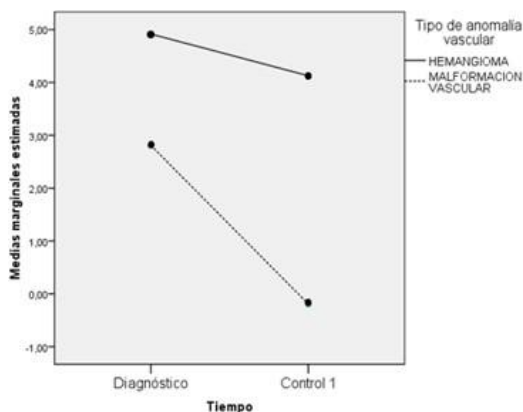


Figura 16: Valores medios del IT para los hemangiomas y las malformaciones vasculares, al diagnóstico y durante el primer control de seguimiento.

En 10 pacientes con hemangioma se registró el tiempo de tratamiento con propranolol, aunque no en todos había imágenes termográficas coincidiendo con la finalización del tratamiento. Se realizó un test de ANOVA para comparar tanto el tipo de hemangioma como su localización con el tiempo de tratamiento, sin encontrar diferencias estadísticamente significativas ( $P=0,063$  y  $P=0,286$  respectivamente). Por otro lado, se analizó que variables cuantitativas del estudio en el momento del diagnóstico pudieran ser indicativas del tiempo que iba a durar el tratamiento del hemangioma, y para ello se empleó el coeficiente de correlación de Pearson (r-Pearson). Se encontró significación estadística para las correlaciones positivas entre tiempo de tratamiento y las temperaturas máximas, medias y mínimas de la ROI del hemangioma en el momento del diagnóstico ( $r=0,802$ ,  $P=0,009$ ;  $r=0,789$ ,  $P=0,011$ ;  $r=0,834$ ,  $P=0,005$ , respectivamente), pero no se encontró correlación significativa entre dicho tiempo de tratamiento y los parámetros TAM, TAM<sub>Áx</sub> e IT, ni para la edad.

También se realizó un análisis de regresión lineal simple (Figura 17) que mostró que las temperaturas máximas, medias y mínimas de la ROI del hemangioma al diagnóstico, predecían aproximadamente en un 80 % el tiempo de tratamiento, con significación estadística. Según estos datos podríamos establecer el siguiente modelo predictivo para el tiempo de tratamiento:

$$Y=a+bX$$

Donde  $Y$ : Tiempo estimado de tratamiento;  $X$ : Temperatura máxima, mínima o media de la ROI del hemangioma al diagnóstico;  $a$ : constante;  $b$ : coeficiente, extraídos ambos del análisis de regresión lineal.

En la Tabla 13 se muestran las constantes y los coeficientes para cada una de las variables arriba mencionadas. En la Figura 17 se representa a modo de ejemplo el gráfico de dispersión y de regresión lineal de la variable  $T_{máx}$ .

Tabla 13: Valores obtenidos del análisis de regresión lineal para las variables  $T_{med}$ ,  $T_{máx}$  y  $T_{mín}$ .

	Constante (a)	Coficiente (b)	IC 95% del Coeficiente (b)
<b><math>T_{med}</math></b>	-109,87	3,23	-28,47-10,80
<b><math>T_{máx}</math></b>	-125,54	3,67	-9,07-21,79
<b><math>T_{mín}</math></b>	-91,72	2,78	-3,47-14,12

$T_{med}$ : Temperatura media.  $T_{máx}$ : Temperatura máxima.  $T_{mín}$ : Temperatura mínima. IC: Intervalo de confianza.

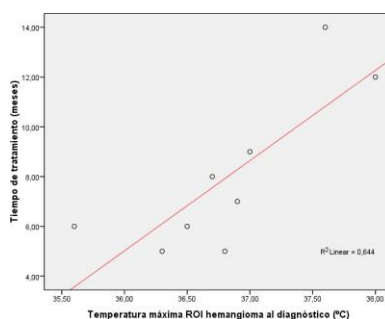


Figura 17: Gráfico de dispersión que muestra la correlación entre temperatura máxima de la ROI del hemangioma al diagnóstico y tiempo de tratamiento con propranolol.

## **62. TERMOGRAFÍA INFRARROJA COMO TÉCNICA COMPLEMENTARIA DE DIAGNÓSTICO Y SEGUIMIENTO**

### **6.2.1. Catéteres venosos centrales**

Las principales complicaciones que se presentan en los pacientes con CVC son las infecciones y las tromboflebitis/trombosis relacionadas con el catéter.

Entre las pruebas complementarias que se realizan en los pacientes portadores de CVC destacan: la radiografía de tórax, que aporta información únicamente morfológica de la posición del catéter, pero no de los cambios que se producen cuando existe infección o trombosis; y la Ecografía Doppler, que aporta mayor información acerca de las alteraciones del flujo sanguíneo del CVC que se producen cuando existe infección y/o tromboflebitis, pero cuando la clínica es llamativa.

Sin embargo, la TI es capaz de dar una información visual inmediata de los cambios incipientes que se producen cuando existe infección y/o tromboflebitis asociada al CVC, dando lugar a una imagen en pseudocolor según el tipo de CVC, que es posible cuantificar mediante variables termográficas. La TI comparte con la Ecografía Doppler que no utiliza radiación ionizante, pero aporta mayor rapidez y facilidad para su realización, sin necesidad de contacto directo con el paciente, ni desplazamientos ni separación de sus padres. Estas ventajas convierten a la TI en una herramienta muy útil para realizar un seguimiento estrecho en los pacientes con infección de CVC, aportando información

relevante sobre la evolución de la infección y/o trombosis, y ayudando a guiar la duración de los tratamientos.

### **6.2.1.1. Controles**

En todos los pacientes se disponía de Rx de tórax, realizada de rutina tras la colocación del CVC, con la intención de comprobar la correcta localización y trayecto del CVC. A modo de ejemplo se comentan las imágenes más representativas según el tipo de catéter. En el Anexo 8 se adjuntan el resto de imágenes, CVC tipo PICC (Figuras 40 a 45), PAC (Figuras 46 a 57) y Hickman (Figuras 58 y 59).

En los controles con tipo de CVC PICC y Hickman, las imágenes termográficas mostraron muy bien el trayecto externo del CVC, cuya temperatura fue más fría (coloración azul de la paleta de colores “rain”) que las zonas circundantes (Figuras 18 y 23). En cambio, en el trayecto interno de estos CVC no se apreciaron asimetrías térmicas respecto al brazo contralateral. En general, las variables termográficas (TAM, TAM<sub>áx</sub> e IT) dieron valores entre 0 y -1°C/%.

En los controles con CVC tipo PAC, las imágenes termográficas no apreciaron prácticamente diferencias térmicas entre la zona donde quedaba insertado el reservorio del CVC (región torácica superior, a nivel interno) y la zona contralateral sin CVC (Figura 19). Los valores de las variables termográficas (TAM, TAM<sub>áx</sub> e

IT) variaron entre 0 y +1°C/%. Tampoco se apreciaron diferencias térmicas en el resto del trayecto del CVC. La excepción a estos hallazgos se muestra en 3 pacientes:

- Paciente 11 (Figura 20): en la que el reservorio del CVC era muy prominente y más externo, probablemente favorecido por la delgadez de la niña. Se objetivó asimetría térmica, con mayor frialdad de la zona del reservorio (color amarillo) respecto a la contralateral, y con variables termográficas negativas, que alcanzaban un IT de -3,4%.
- Pacientes 14 (Figura 21) y 15 (Figura 22): en los que se observó discreto aumento de temperatura en la zona del reservorio del PAC respecto a la zona contralateral, con valores de las variables termográficas positivos, alcanzando IT de 2,5 y 2,3% respectivamente. En ambos casos, no se pudo explicar la causa de esta asimetría térmica, ya que ninguno de los pacientes presentó a la exploración signos clínicos externos de inflamación/infección, ni tampoco parámetros analíticos alterados que justificaran dichos hallazgos, ni tampoco los presentaron en los días siguientes.

## 1. Catéter venoso central tipo PICC



Figura 18: Paciente 3. A. Fotografía: PICC en brazo izquierdo. B. Imagen termográfica: discreta disminución de temperatura en zona con CVC respecto contralateral.

## 2. Catéter venoso central tipo PAC

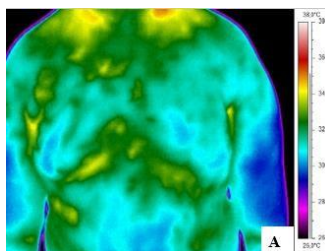


Figura 19: Paciente 8. PAC derecho. A. Imagen termográfica: no se aprecian prácticamente cambios de temperatura entre zona del PAC y contralateral.

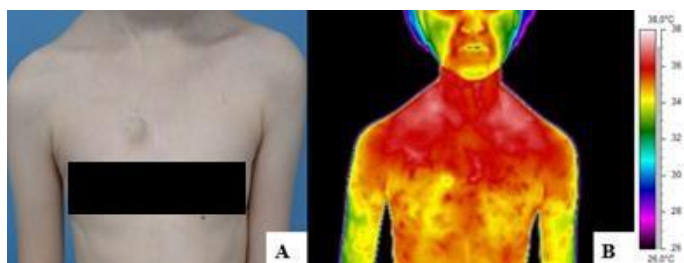


Figura 20: Paciente 11. A. Fotografía: cicatriz PAC en lado derecho. B. Imagen termográfica: disminución de temperatura en la zona del PAC respecto a la contralateral, además de circulación colateral alrededor de la zona del PAC.



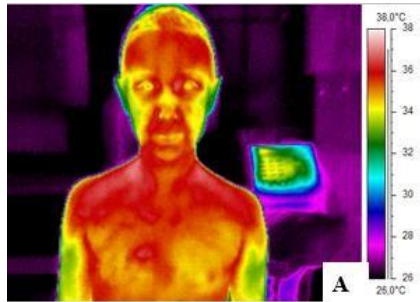


Figura 21: Paciente 14. PAC derecho. A. Imagen termográfica: discreto aumento de temperatura en la zona del PAC respecto a la contralateral.

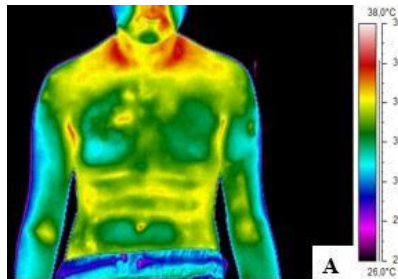


Figura 22: Paciente 15. PAC derecho. A. Imagen termográfica: discreto aumento de temperatura en la zona del PAC respecto a la contralateral.

### 3. Catéter venoso central tipo Hickman

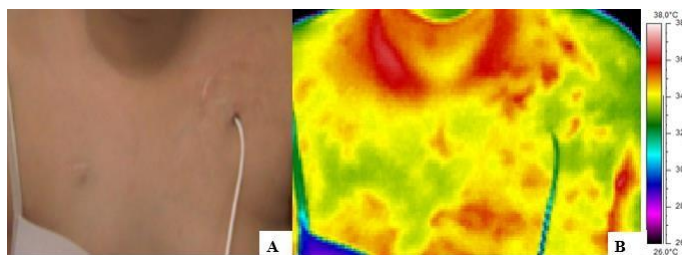


Figura 23: Paciente 26. A. Fotografía: trayecto externo de Hickman en lado izquierdo. B. Imagen termográfica: disminución de temperatura en región pericatóter respecto zona contralateral.

### **6.2.1.2. Infección y seguimiento**

A continuación, se muestran a modo de ejemplo imágenes correspondientes a 3 casos con infección de los diferentes tipos de CVC, y el resto de imágenes se adjuntan en el Anexo 8.

En los casos con infección de CVC tipo PICC, las imágenes termográficas se tomaron tras retirar el CVC, y mostraron un aumento de temperatura en la zona superior al punto de inserción del CVC (colores rojo, blanco y amarillo), respecto a la zona contralateral (Figura 24). En todos los casos con infección, las imágenes termográficas tomadas durante el seguimiento mostraron disminución de las asimetrías térmicas respecto al diagnóstico.

En los casos con infección de CVC tipo PICC se realizó también Ecografía Doppler. La Ecografía Doppler detectó tromboflebitis en 2 casos con infección de PICC (Paciente 29 y 31, Figuras 60 y 62 respectivamente), cuyas asimetrías térmicas fueron menores tanto cualitativa como cuantitativamente que cuando no hubo trombosis. En cambio, en los otros 2 casos con infección de PICC, la Ecografía Doppler descartó trombosis asociada (Pacientes 28 y 30, Figuras 24 y 61 respectivamente), pero no detectó los cambios inflamatorios incipientes sugestivos de infección, y que fueron patentes en las imágenes termográficas.

En los casos con infección del PAC (Figura 25) y con infección del Hickman (Figura 26), las imágenes termográficas mostraron que el trayecto interno del CVC superior a la zona de inserción,

tenía menor temperatura que la zona contralateral (color amarillo y verde). Las zonas de los reservorios de los CVC tipo PAC se encontraron cubiertas por apósitos, por lo que no fueron valorables. En ambos casos, los pacientes presentaron mayor temperatura corporal (color rojo y blanco) y la asimetría cuantificada por las variables termográficas objetivó valores negativos, hallazgos que contrastaban con los obtenidos en los pacientes con infección de CVC tipo PICC. Sin embargo, en los controles realizados durante el seguimiento, tanto las imágenes termográficas como los valores de las variables termográficas, mostraron el mismo comportamiento que en los pacientes con infección de CVC tipo PICC, disminución de las asimetrías.

## 1. Catéter venoso central tipo PICC

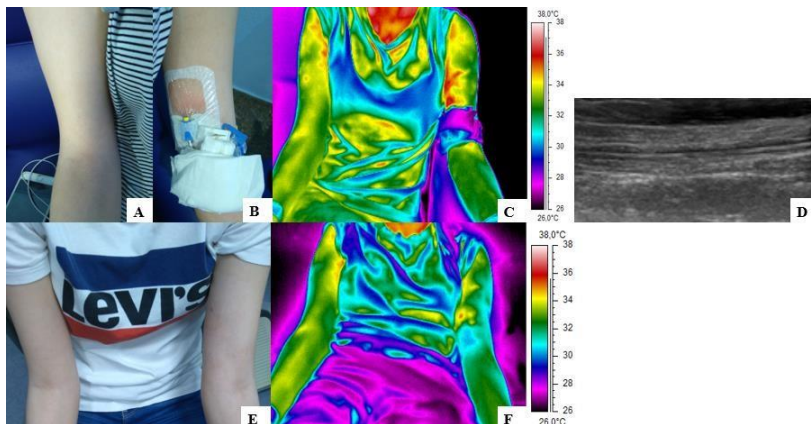


Figura 24: Paciente 28. Infección CVC tipo PICC izquierdo. A-D. Imágenes al diagnóstico. A y B. Fotografías: A. Brazo derecho sano. B: Brazo izquierdo con infección de CVC tipo PICC (eritema y aumento del calor local en zona superior al catéter). C. Imagen termográfica: aumento de temperatura en zona superior al catéter, respecto a contralateral. D. Ecografía: no colección ni trombosis. E y F. Imágenes seguimiento (24 h). E. Fotografía: no eritema ni aumento del calor local en zona afecta. F. Imagen termográfica: disminución de temperatura en zona pericatóter respecto al diagnóstico y zona contralateral.

## 2. Catéter venoso central tipo PAC

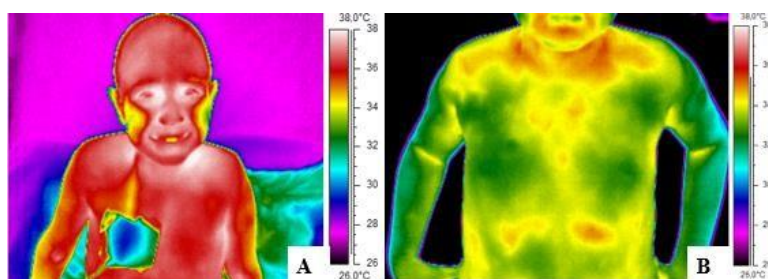


Figura 25: Paciente 32. Infección CVC tipo PAC derecho. A y B. Imágenes termográficas: A. Diagnóstico, disminución de temperatura en el trayecto del catéter respecto a la zona contralateral. B. Seguimiento (48 h), prácticamente no se aprecian cambios de temperatura entre zona del PAC y contralateral.

### 3. Catéter venoso central tipo Hickman

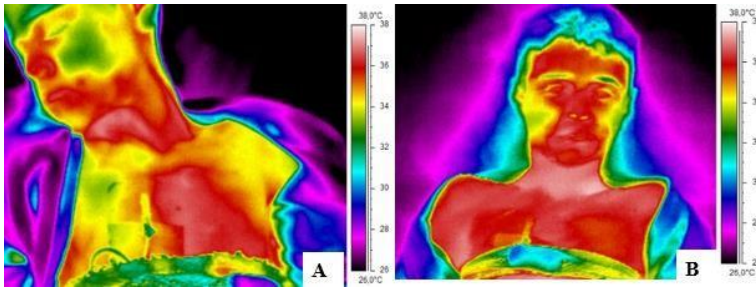


Figura 26: Paciente 34. Infección CVC tipo Hickman derecho. A y B. Imágenes termográficas: A. Diagnóstico, disminución de la temperatura en zona pericatóter respecto a contralateral. B. Seguimiento (24 h), no existen prácticamente diferencias de temperatura entre zona pericatóter y contralateral.

#### 6.2.2. Anomalías vasculares

Para la valoración de las anomalías vasculares pediátricas se utilizan en la práctica clínica diferentes técnicas de imagen. Las principales son la Ecografía Doppler, que permite dar información de las características del flujo vascular distinguiendo entre hemangioma y los diferentes tipos de malformación vascular; y la RM, que además de aportar información sobre el flujo vascular, da una información más detallada sobre la extensión y el tamaño de las anomalías vasculares. La TI no permite distinguir los diferentes tipos de flujos vasculares ni definir con detalle la extensión de la lesión en todos los planos. Sin embargo, aporta un valor añadido a estas técnicas, ya que permite dar una información visual inmediata y fácil sobre el tamaño y la temperatura de la anomalía vascular, muy útil para el diagnóstico y el posterior seguimiento. E incluso, en algunos

hemangiomas y/o malformaciones vasculares, como a continuación detallaremos, es capaz de aportar información que la exploración clínica y las pruebas de imagen convencionales no detectan.

### **6.2.2.1. Hemangiomas**

En general, las ITI mostraron adecuada correlación con las fotografías al diagnóstico. En los hemangiomas en proliferación la zona del hemangioma presentó una temperatura mayor que la zona contralateral (coloración blanca o roja) (Figura 27) disminuyendo en los controles tras tratamiento. En cambio, en los hemangiomas en regresión (Figura 28), la zona del hemangioma presentó una temperatura menor que la zona contralateral (coloración amarilla) y, por tanto, los valores de las variables termográficas (TAM, TAM<sub>áx</sub> e IT) fueron negativos.

Cabe destacar que en algunos casos las ITI fueron especialmente relevantes, permitiendo definir mejor la extensión del hemangioma. En la exploración clínica, la extensión del hemangioma no siempre se observa fácilmente, sobre todo según la localización del hemangioma (labios, zona periocular) o sus características (mixtos/profundos), y en ocasiones no coincide la extensión superficial visible a la exploración rutinaria con la extensión profunda no visible (Figura 29).

Destacan 5 pacientes (pacientes 35, 40, 42, 49 y 56) en los que la asimetría térmica cuantificada mediante las variables termográficas TAM, TAM<sub>áx</sub> e IT aumentó durante el seguimiento respecto al diagnóstico. En el seguimiento las ITI mostraron en la ROI del hemangioma una disminución de la temperatura (temperaturas máxima, media y mínima), coincidiendo con discreta mejoría clínica (menor tamaño, coloración más clara...). Sin embargo, en la ROI contralateral sana hubo una disminución de temperatura significativa respecto al diagnóstico, incrementándose así la asimetría térmica entre zona afecta y sana (Figura 30).

Las ITI mostraron adecuada correlación con las imágenes ecográficas con Doppler cuando se detectó vascularización importante. Pero, además, la TI detectó los cambios térmicos producidos en la zona del hemangioma en 2 pacientes en los que la Ecografía Doppler no detectó vascularización (Figuras 31 y 32, pacientes 36 y 44 respectivamente).

En el Anexo 8 se adjuntan el resto de imágenes de los pacientes con hemangiomas, según la localización de la lesión: cabeza/cara (Figuras 64-74), tronco (Figuras 75-77), miembros inferiores (Figura 78) y miembros superiores (Figura 79).

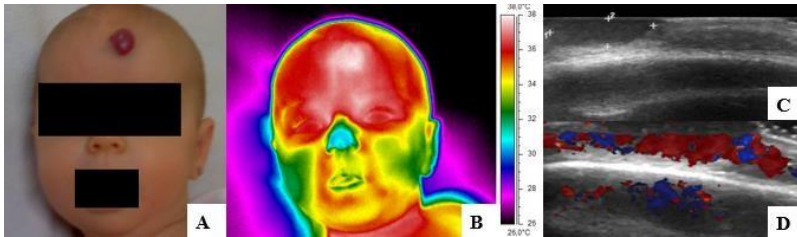


Figura 27: Paciente 43. A-D. Imágenes al diagnóstico. A. Fotografía: hemangioma en región frontal, de 2 cm, con componente mixto y en proliferación. B. Imagen termográfica: aumento de temperatura en la zona del hemangioma. C. Ecografía: lesión ocupante de espacio (LOE) homogénea hipocóica y bien definida, sobre calota en región frontal, adyacente a sutura, que mide 1x0,3 cm. D. Ecografía Doppler: gran densidad de vasos, con flujos tanto arteriales de baja resistencia, como venosos.

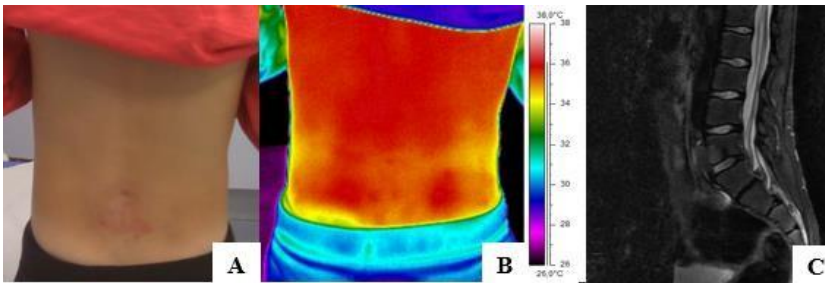


Figura 28: Paciente 52. A-C. Imágenes al seguimiento. A. Fotografía: hemangioma plano en zona lumbar en regresión. B. Imagen termográfica: disminución de temperatura en la zona del hemangioma. C. Resonancia Magnética: sin hallazgos de significación patológica.



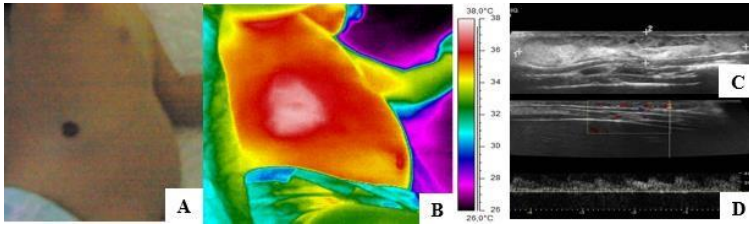


Figura 29: Paciente 53. A-D. Imágenes al diagnóstico. A. Fotografía: hemangioma en costado derecho. B. Imagen termográfica: aumento de temperatura en región del hemangioma y en región adyacente (mayor extensión que en imagen fotográfica). C. Ecografía: lesión hiperecoica en epidermis y dermis, de costado derecho de 38x7 mm, homogénea. D. Ecografía Doppler: lesión con flujos arteriales de baja resistencia y venosos en su interior.

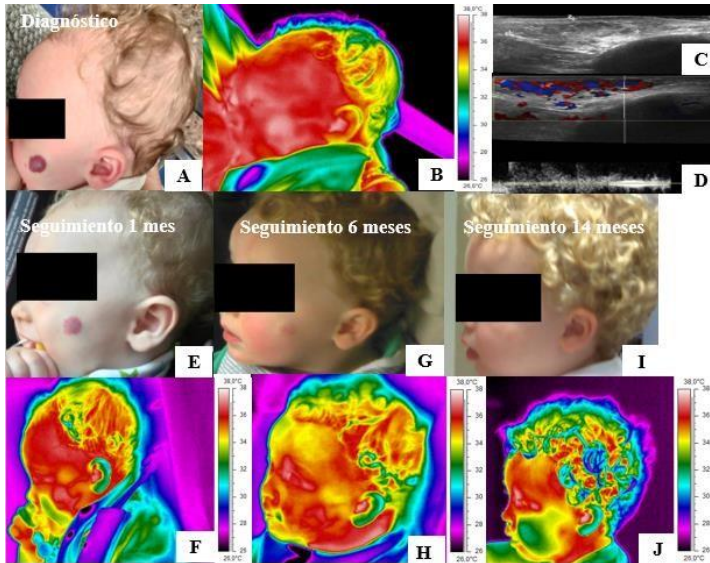


Figura 30: Paciente 42. A-D. Imágenes al diagnóstico. A. Fotografía: hemangioma en mejilla izquierda. B. Imagen termográfica: aumento de temperatura en zona del hemangioma. C. Ecografía: LOE en mejilla izquierda de 2,3 cm de longitud x 1 cm de profundidad, discretamente heterogénea, sin calcificaciones ni dilataciones varicosas en su interior. D. Ecografía Doppler: gran densidad de vasos, con flujo arterial con bajo índice de resistencia. E-J. Imágenes al seguimiento. E, G e I. Fotografías: al mes, 6 y 14 meses respectivamente. F, H y J. Imágenes termográficas: al mes, 6 y 14 meses respectivamente. En la Tabla 14 se resumen las variables termográficas.

Tabla 14: Comparación de variables termográficas del paciente 42 (fig. 30) en diferentes momentos.

Momento	TAM (°C)	TAMáx (°C)	IT (%)	Respuesta clínica (subjettiva)
Diagnóstico	1	1.1	3	-
Seguimiento 1 mes	3,5	2,6	9,7	Disminución
Seguimiento 6 meses	1	0,7	2,8	Disminución
Seguimiento 14 meses	0,6	0,3	1,6	Disminución

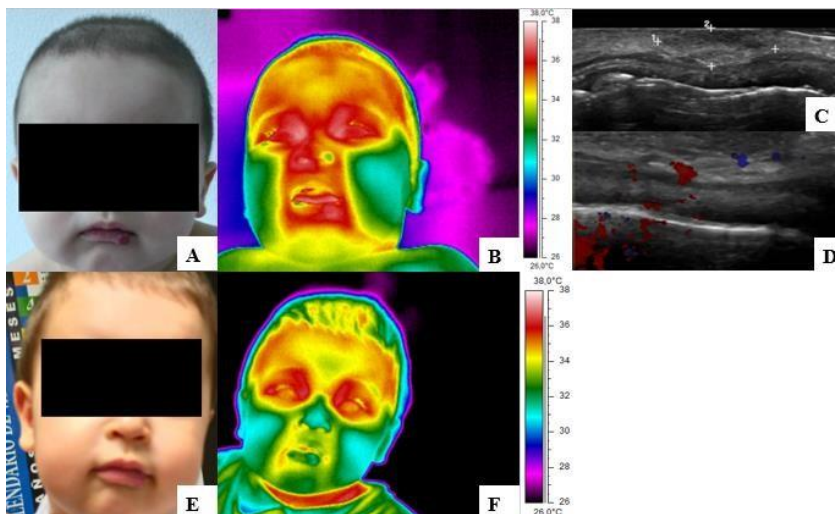


Figura 31: Paciente 36. A-D. Imágenes al diagnóstico. A. Fotografía: A. hemangioma en parte izquierda del labio inferior, discretamente sobrelevado de 0,4x0,3 cm de diámetro. B: Imagen termográfica: aumento de temperatura en la zona del hemangioma. C: Ecografía: LOE de 1x4 mm discretamente heterogénea, sin áreas quísticas ni flebolitos en su interior. D: Ecografía Doppler: no se detecta vascularización en su interior. E y F. Imágenes al seguimiento (2 meses). E. Fotografía: disminución del tamaño y de la coloración del hemangioma. F. Imagen termográfica: disminución de temperatura en la zona del hemangioma respecto la sana.

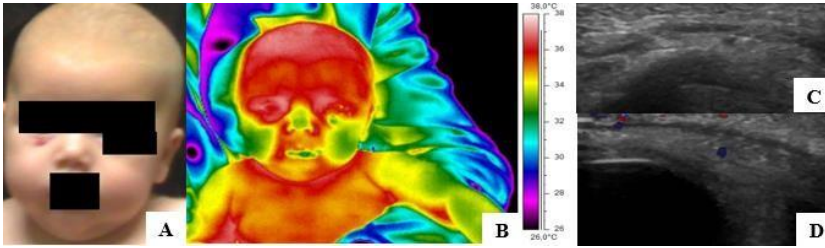


Figura 32: Paciente 44. A-D. Imágenes al diagnóstico. A. Fotografía: hemangioma en párpado inferior derecho. B. Imagen termográfica: aumento de temperatura en la zona del hemangioma. C. Ecografía: no se identifica masa de partes blandas subyacente. D. Ecografía Doppler: sin alteraciones en la vascularización.

### 6.2.2.2. Malformaciones vasculares

En todos los pacientes con malformaciones vasculares las ITI delimitaron bien la lesión. A continuación, se muestran y comentan las imágenes más relevantes de pacientes con distintos tipos de malformaciones vasculares, el resto de imágenes se pueden consultar en el Anexo 8.

En los pacientes con malformaciones venosas (pacientes 57 a 61) las ITI mostraron un aumento de temperatura en la zona de la malformación venosa (coloración variable, desde blanco a amarillo) (Figura 33). En los casos en los que se dispuso de Ecografía Doppler hubo buena correlación entre la ITI y el flujo venoso detectado en el Doppler. También hubo buena correlación con las imágenes de RM, que mostraron también la extensión de la malformación venosa.

En un paciente en el que la malformación no era demasiado visible a la exploración clínica, las ITI aportaron una información importante sobre su extensión (Figura 34).

Además, en 2 pacientes se realizaron varias ITI tras tratamiento con escleroterapia. En uno de ellos, la TI detectó a los 15 días del tratamiento un aumento llamativo de temperatura en la zona de la malformación donde se aplicó la escleroterapia, debido a celulitis como complicación. Posteriormente, y tras la instauración de tratamiento para esta complicación, se objetivó disminución progresiva de la temperatura (Figura 35). En el otro paciente, que no tuvo ninguna complicación tras la escleroterapia, las ITI mostraron disminución de temperatura en la zona de la malformación venosa coincidiendo con la buena evolución clínica (Figura 36).

En el caso del paciente con malformación linfática (Figura 37) la ITI mostró una temperatura menor en la zona de la malformación respecto a la contralateral sana. En cambio, en el caso de la malformación capilar (Figura 38) y mixta (Figura 39) las temperaturas fueron discretamente más elevadas que en el lado contralateral (coloración roja/amarillo a verde). En estos 3 tipos de malformación (linfática, capilar y mixta), las imágenes termográficas no mostraron buena correlación con las obtenidas mediante Ecografía Doppler, ya que el Doppler fue negativo y no detectó vascularización. Sin embargo, la Ecografía sin Doppler sí que visualizó cambios estructurales en los vasos en el caso de la

malformación linfática y mixta, no en la capilar. En el paciente con malformación mixta (Figura 39) también hubo adecuada correlación con la RM, pero no con el resto de pruebas complementarias (Flebografía, Linfografía y Rx pierna). En la paciente con malformación capilar (Figura 38), ni la Ecografía ni la RM mostraron información acerca de la malformación. En este caso la TI tuvo un papel relevante, ya que fue la única prueba complementaria que se correlacionó con los hallazgos clínicos.

### Malformaciones venosas:

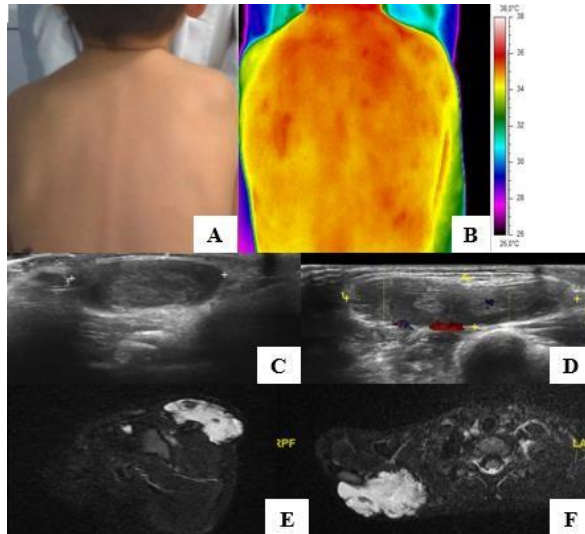


Figura 33: Paciente 57. Malformación venosa hombro derecho. A-F. Imágenes al diagnóstico. A. Fotografía: tumefacción blanda de 2-3 cm en hombro derecho, sin cambios en la coloración de la piel. B. Imagen termográfica: discreto aumento de temperatura en zona afectada respecto a contralateral sana. C. Ecografía: LOE en hombro derecho de 3,5x2 cm, heterogénea, con dilataciones varicosas en su interior, compresibles. D: Ecografía Doppler: flujos venosos en el interior de la lesión, sin identificar trombosis. E y F: Resonancia Magnética: gran malformación vascular con captación heterogénea, de 45x30x58 mm, en región posterior y superior del hombro derecho, de localización subcutánea, sin extensión muscular, fascial u ósea.

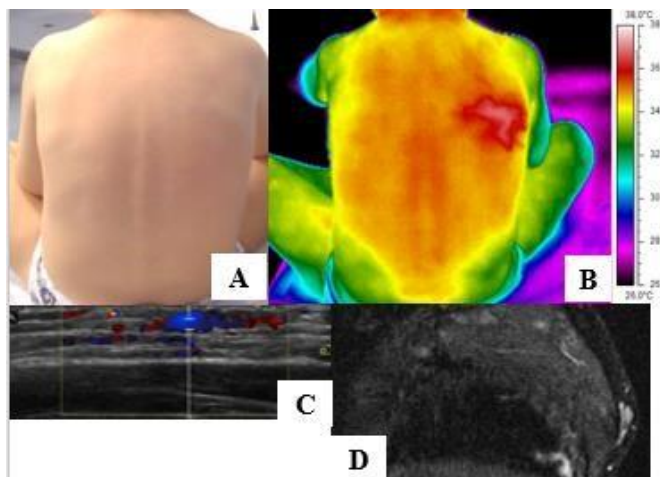
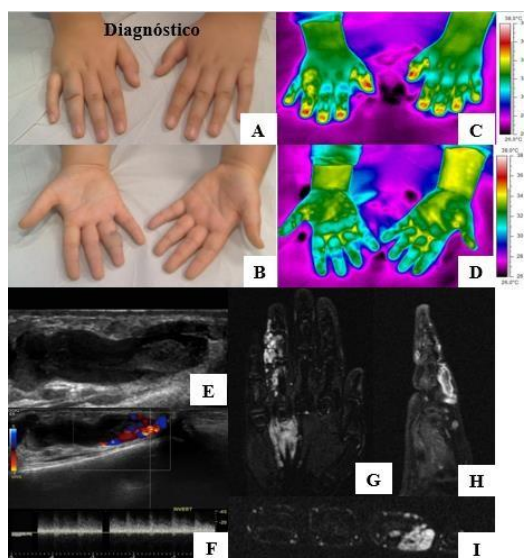


Figura 34: Paciente 58. Malformación venosa escapular derecha. A-D. Imágenes al diagnóstico. A. Fotografía: discreta tumefacción escapular derecha, sin cambios de coloración. B. Imagen termográfica: aumento de temperatura en región afectada respecto a contralateral. C. Ecografía Doppler: flujo sobre todo venoso, aunque también algún flujo arterial de baja resistencia. D. Resonancia Magnética: malformación vascular superficial en tejido celular subcutáneo de región periescapular derecha, hiperintensa en Stir e hipointensa en T1, y con significativa captación del contraste. Tamaño: 30x24x25 mm.





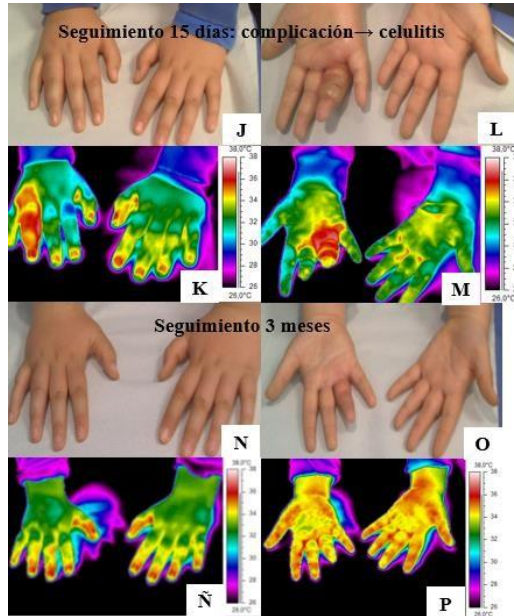


Figura 35: Paciente 60. Malformación venosa 4º dedo mano derecha. A-I. Imágenes al diagnóstico. A y B. Fotografías: visión dorsal (A) y palmar (B). C y D. Imágenes termográficas: aumento de temperatura en zona afecta respecto al resto, visión dorsal (C) y palmar (D). E: Ecografía: dilataciones varicosas en falange proximal, media y distal de cuarto dedo de mano derecha, que se prolongan a mano, rodeando estructuras tendinosas, compresibles. F. Ecografía Doppler: las dilataciones varicosas tienen flujo venoso, siendo escaso en algunos segmentos debido al enlentecimiento del mismo. En el cuarto dedo, a nivel de la pared de la dilatación varicosa se visualizan pequeñas áreas (0,5 cm) con flujos arteriales de baja resistencia. G, H e I. Resonancia Magnética: afectación subcutánea con extensión a las falanges y articulaciones del 4º dedo (cara medial y anterior), espacio osteotendinoso flexo extensor y erosión ósea de la cara falángica inferior. También extensión muy significativa rodeando a estructuras musculares dentro de los retináculos flexo-extensor y al 4º meta, sin afectación ósea asociada. Tamaño: 27x16x50 mm. J-M. Imágenes seguimiento (15 días). J y L. Fotografías: mayor tumefacción del 4º dedo de mano derecha en visión dorsal (J) y con ampollas en visión palmar (L), compatible con complicación sugestiva de celulitis. K y M. Imágenes termográficas: aumento significativo de la temperatura en 4º dedo mano derecha en visión dorsal (K) y palmar (M). N-P. Imágenes seguimiento (3 meses). N y O. Fotografías: no se aprecian diferencias entre 4º dedo de la mano derecha y el resto, visión dorsal (N) y palmar (O). Ñ y P. Imágenes termográficas: no se aprecian diferencias térmicas entre dedo afecto y contralateral sano, visión dorsal (Ñ) y palmar (P). En la Tabla 15 se resumen las variables termográficas.

Tabla 15: Resumen variables termográficas del paciente 60 (fig. 35) en diferentes momentos.

Momento	TAM (°C)	TAMáx (°C)	IT (%)	Respuesta clínica (subjetiva)
Diagnóstico	1,1	0,9	3	-
Seguimiento 15 días	2,1	2	6	Complicación →celulitis
Seguimiento 3 meses	0,3	0,4	0,8	Disminución
Seguimiento 7 meses	-0,2	-0,3	-0,6	Disminución, estabilidad.

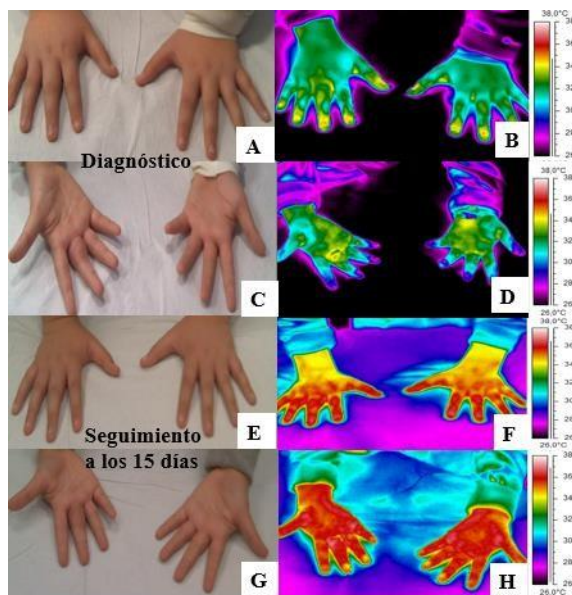


Figura 36: Paciente 61. Malformación venosa 3r dedo mano derecha. A-D. Imágenes al diagnóstico. A y C. Fotografías: visión dorsal (A) y palmar (C). B y D. Imágenes termográficas: aumento de temperatura en zona afecta respecto al resto, visión dorsal (B) y palmar (D). E-H. Imágenes al seguimiento (15 días). E y G. Fotografías: visión dorsal (E) y palmar (G). F y H. Imágenes termográficas: no se aprecian diferencias de temperatura entre zona afecta y contralateral en visión dorsal (F) ni en palmar (H).



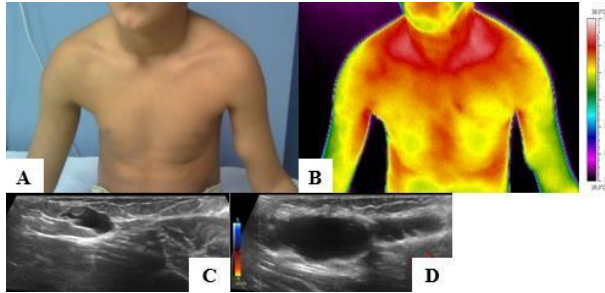
**Malformaciones linfáticas:**

Figura 37: Paciente 62. Malformación linfática brazo izquierdo. A-D. Imágenes al diagnóstico. A. Fotografía: tumefacción en cara interna del brazo izquierdo, sin cambios en la coloración. B. Imagen termográfica: discreta disminución de temperatura entre zona afectada y contralateral. C. Ecografía: lesiones quísticas de diferente tamaño en brazo izquierdo separadas por tabiques, que en conjunto tiene una longitud de 4,5 cm. D. Ecografía Doppler: sin vascularización en su interior.

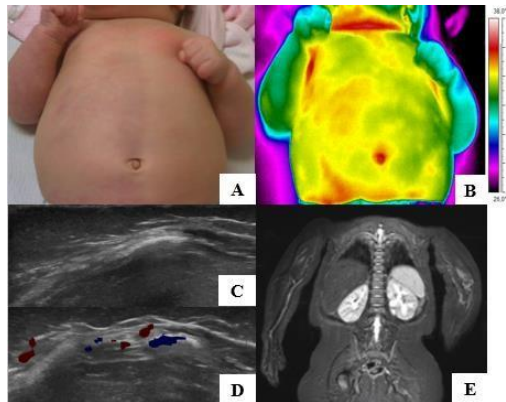
**Malformaciones capilares:**

Figura 38: Paciente 63. Malformación capilar hemicuerpo derecho. A-E. Imágenes al diagnóstico. A. Fotografía: lesión macular eritematosa en hemicuerpo derecho. B. Imagen termográfica: discreto aumento de temperatura en zona afectada respecto contralateral. C. Ecografía: no masa de partes blandas subyacentes, ni dilataciones quísticas, ni varicosas. D. Ecografía Doppler: no aumento vascularización, sugestivo de malformación capilar. E. Resonancia Magnética: sin alteraciones morfológicas ni de intensidad de señal en el tejido graso celular subcutáneo que sugieran la presencia de malformación vascular subyacente.

### Malformaciones mixtas:

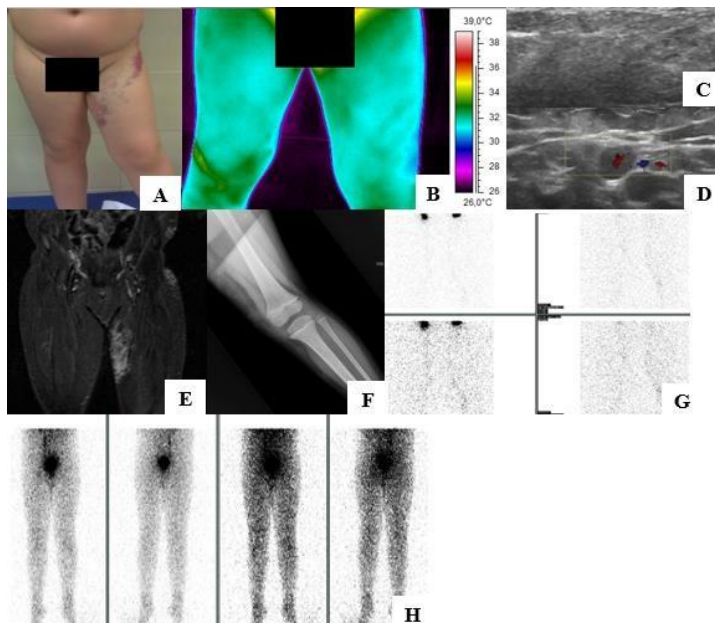


Figura 39: Paciente 64. Malformación mixta capilar y venosa en miembro inferior izquierdo. A-H. Imágenes al diagnóstico. A. Fotografía: lesiones maculares eritematosas y violáceas parcheadas en cara interna de la pierna izquierda, no sobreelevadas. B. Imagen termográfica: discreto aumento de temperatura en la zona de la malformación. C. Ecografía: zonas hiperecoicas mal definidas sin calcificaciones en su interior. D. Ecografía Doppler: se identifica vena dilatada y compresible con flujo venosos. No aumento de vascularización, ni flujos arteriales. E. Resonancia Magnética: malformación capilar subcutánea desde la altura de la pala ilíaca anterosuperior izquierda a la pared abdominal, descendiendo por la raíz del muslo izquierdo a nivel inguinal, por el compartimento interno hasta el dorso del primer dedo, con muy escasa representación a nivel de pierna y tobillo. La lesión no presenta ningún tipo de comunicación o extensión a planos profundos. F. Radiografía miembro inferior izquierdo: sin hallazgos patológicos, no flebolitos. G. Linfografía: sin hallazgos patológicos. H. Flebografía: sin hallazgos patológicos.

## 7. DISCUSIÓN

---



Como se ha comentado en la Introducción, el empleo de la TI en el campo de la medicina está en auge en los últimos años, dando lugar a numerosas publicaciones. Entre las causas de este prolífero desarrollo, están las múltiples ventajas que como técnica de imagen la diferencian de muchas otras, como el hecho de ser una técnica inocua, rápida, accesible y que ofrece de forma inmediata una información cualitativa sobre la distribución de temperatura, que en muchas ocasiones puede resultar ya diagnóstica. Su empleo, por tanto, evitaría numerosos efectos adversos sobre la salud de los pacientes (uso de sedación, contrastes, radiación ionizante, desplazamientos...) y costos económicos al sistema sanitario.

La principal aplicación de la Termografía Infrarroja consiste en la detección de asimetrías térmicas (93). Los resultados obtenidos en este trabajo muestran aumento de dichas asimetrías térmicas entre lado enfermo y sano cuando existe alguna patología, como en el caso de las anomalías vasculares y de las infecciones de los distintos tipos de catéteres venosos centrales. Sin embargo, cuando no existe patología, como en el caso de los controles sin infección de catéteres venosos centrales, o cuando existe mejoría tras la administración de un tratamiento, las asimetrías térmicas se reducen. En este sentido los parámetros termográficos calculados, TAM, TAM<sub>áx</sub> e IT, son útiles para caracterizar de forma cuantitativa la situación clínica del paciente pediátrico.

A continuación, vamos a analizar los resultados obtenidos, por grupos de patologías.

### **7.1. Catéteres venosos centrales**

Los catéteres venosos centrales se colocan según el tipo, de manera guiada mediante ecografía (tipo PICC) o mediante técnicas fluoroscópicas (tipo PAC o Hickman). Su colocación consiste en técnicas invasivas, requiriendo en el caso de los CVC tipo PAC o Hickman una intervención quirúrgica. En la mayoría de casos se realizan Rx de tórax posteriores para comprobar su correcta colocación, aportando información exclusivamente morfológica sobre el recorrido del CVC. La Rx de tórax tiene valor cuando sospechamos una rotura de catéter o una mal posición. Sin embargo, cuando existe sospecha clínica de complicaciones como trombosis o infección, sobre todo en los tipos PICC y Hickman, se suele realizar la Ecografía Doppler del trayecto del catéter, que permite valorar el flujo de los vasos, si existe ocupación por algún trombo y si existen cambios inflamatorios asociados.

La TI al permitir detectar los cambios en la microcirculación cutánea, es útil para detectar los cambios inflamatorios que se producen cuando existe infección de CVC, como muestran algunos estudios en adultos (71) y solo uno en niños (73). La aplicación de la TI en la TVP (75) y en la flebitis asociada a vías periféricas (70) hace pensar que podría detectar también

trombosis asociada a CVC, aunque hasta el momento no existen estudios disponibles.

Nuestros resultados muestran que la TI detectó poca asimetría térmica en todos los **controles portadores de CVC**, siendo las diferencias de temperatura máxima y media alrededor de  $\pm 0,5-1^{\circ}\text{C}$ . Para los CVC tipo PICC y Hickman, las imágenes termográficas mostraron muy bien el trayecto externo del CVC, que tenía una temperatura más fría que las zonas circundantes. En cambio, en el trayecto interno de estos CVC no se apreciaron asimetrías térmicas respecto al lado contralateral. En general, las variables termográficas (TAM, TAM<sub>áx</sub> e IT) dieron valores entre 0 y  $-1^{\circ}\text{C}/\%$ . Para los CVC tipo PAC, las imágenes termográficas no apreciaron prácticamente diferencias térmicas entre la zona donde quedaba insertado el reservorio del CVC y la zona contralateral. Los valores de las variables termográficas (TAM, TAM<sub>áx</sub> e IT) variaron entre 0 y  $+1^{\circ}\text{C}/\%$ . Tampoco se apreciaron diferencias térmicas en el resto del trayecto interno del CVC.

Sin embargo, cuando existió **infección de catéter** la TI detectó mayor asimetría térmica. En los casos con CVC tipo PICC, hubo un aumento de temperatura en la zona del catéter respecto la sana, como muestran algunos estudios (71,73). Las imágenes termográficas se tomaron tras retirar el CVC, y mostraron un aumento de temperatura en la zona superior al punto de inserción del CVC respecto a la zona contralateral. En cambio, en los casos con infección de CVC tipo PAC o Hickman, las imágenes

termográficas mostraron que el trayecto interno del CVC superior a la zona de inserción tenía menor temperatura que la zona contralateral, a diferencia de los datos publicados para CVC tipo PAC (71). No existen datos publicados para CVC tipo Hickman.

Por tanto, la asimetría cuantificada por las variables termográficas objetivó valores positivos para los pacientes con infección de CVC tipo PICC, y negativos en los pacientes con catéter tipo PAC o Hickman. También cabe mencionar que los pacientes con infección del PAC o Hickman presentaron mayor temperatura corporal que los pacientes con infección de PICC.

Probablemente estos cambios de comportamiento térmico ante infección se deban al tipo de CVC y a la situación clínica del paciente. Por un lado, el CVC tipo PICC al tener un trayecto a nivel de su inserción periférica más superficial, refleja mejor los cambios de temperatura que el tipo de CVC PAC y Hickman, cuya localización es más profunda. Y, por otro lado, los pacientes con infección de CVC tipo PAC y Hickman, tuvieron mayor repercusión sistémica que los de tipo PICC. La clínica infecciosa fue más llamativa (fiebre elevada, peor aspecto general...) y se obtuvo aislamiento microbiológico en los hemocultivos, a diferencia de los pacientes con infección por CVC tipo PICC. La asociación de bacteriemia/sepsis en el caso de infección de los catéteres tipo PAC o Hickman, podría explicar alteraciones en la redistribución de la microcirculación cutánea (94–96), aunque no existen datos publicados para esta situación concreta. Para



corroborar estas hipótesis, harían falta estudios con mayor tamaño muestral.

En todos los casos, cuando se realizó el seguimiento y la evolución clínica fue favorable, la asimetría térmica se redujo, tendiendo a aproximarse a los valores de los controles sanos. Para el catéter tipo PICC, se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en las 3 situaciones clínicas (control, infección, seguimiento) con las variables TAM e IT, siendo  $P < 0,001$  entre infección y seguimiento.

De la muestra estudiada, se objetivó predominio derecho para el CVC tipo PAC, con asociación estadísticamente significativa ( $P=0,04$ ), no se objetivó predilección por un lado en el resto de tipos de CVC. Estos resultados se explican porque en la inserción del PAC se prefiere la vena subclavia derecha porque ha demostrado menores dificultades técnicas y menor riesgo de complicaciones quirúrgicas que la izquierda (97). No se objetivó asociación entre infección y tipo de CVC, ni entre infección y lado de CVC.

La Ecografía Doppler detectó tromboflebitis en 2 pacientes con infección de PICC, de inserción en lado izquierdo. Todos estos factores se han asociado con mayor riesgo de trombosis relacionada con CVC (98). Las asimetrías térmicas fueron menores cualitativa y cuantitativamente en estos 2 casos que cuando no existió trombosis asociada. En los pacientes en los que la Ecografía Doppler descartó trombosis, no detectó cambios

inflamatorios sugestivos de infección, a diferencia de la TI que sí que fue capaz de detectar dichos cambios.

Recientemente, publicamos los datos de un estudio prospectivo tipo casos y controles, con 4 niños oncológicos con infección de CVC tipo PICC y 4 portadores del mismo tipo de CVC sin infección. Los datos preliminares sugerían como potencial aplicación de la TI la detección de complicaciones relacionadas con los CVC que causaran cambios inflamatorios en el área del catéter, tales como infección o trombosis, a través de la cuantificación de asimetrías térmicas. Coincidiendo con los datos del actual trabajo, las asimetrías térmicas fueron mayores cuando se sospechó infección relacionada con el CVC, con tendencia a reducirse después del tratamiento y con la resolución del cuadro (73).

En general en las imágenes termográficas, solamente se apreció el trayecto externo de los CVC tipo Hickman y PICC, pero no se objetivó ni el lugar de inserción del reservorio ni el trayecto del CVC tipo PAC. En cambio, sí que se apreciaron los cambios inflamatorios incipientes sugestivos de infección, que ni la Rx de tórax ni la Ecografía Doppler fueron capaces de detectar.

Los resultados obtenidos en este trabajo hacen pensar que la monitorización rutinaria con TI aporta un valor añadido en pacientes portadores de CVC, ya que podría detectar de forma precoz, rápida, inocua y fácil la aparición de infección asociada al CVC. Esto es fundamental para iniciar pronto el tratamiento,

ya que la mayoría de estos pacientes están inmunodeprimidos, y de este modo evitaría en la medida de lo posible que la infección progresase y que el CVC, en algunos casos colocado en quirófano, se tuviese que retirar y sustituir por otro, con los riesgos que esto conlleva. Además, cuando la infección se produce, la TI permitiría guiar la duración del tratamiento y la detección temprana de complicaciones (mala respuesta al tratamiento, trombosis asociada...).

## **7.2. Anomalías vasculares**

En los hemangiomas y las malformaciones vasculares el diagnóstico es clínico, pero en la mayoría de ocasiones se complementa con pruebas de imagen, la Ecografía Doppler es de elección, seguida en algunos casos por la RM.

En la actualidad no existe ningún estudio que compare mediante TI estos 2 tipos de anomalías vasculares. Las publicaciones acerca del uso de la TI por separado en cada patología (51,53–55) describen un aumento de temperatura en la zona afectada por la anomalía vascular al diagnóstico y un descenso de temperatura con la resolución de la anomalía, coincidiendo con los resultados obtenidos en este estudio. Además, nuestros resultados mostraron mayor asimetría térmica al diagnóstico en los hemangiomas que en las malformaciones vasculares; y tras la instauración del tratamiento, la reducción de la asimetría térmica fue mayor en las malformaciones vasculares que en los hemangiomas, aunque los

resultados no fueron estadísticamente significativos con la comparación por parejas ( $P=0,282$ ). Probablemente estos hallazgos se deban a que solamente se obtuvieron datos de 2 malformaciones vasculares, que se trataron con escleroterapia, cuyos resultados en cuanto a la resolución de la anomalía son más rápidos que con medicación oral, usada en el caso de los hemangiomas (propranolol).

No existieron diferencias estadísticamente significativas entre sexo, edad y tipo de patología. La edad media de las niñas fue 6 meses y la de los niños 3,8 años, con diferencias estadísticamente significativas. Esto se explicaría por el predominio de niñas entre los hemangiomas, y el predominio de niños entre las malformaciones vasculares. Los hemangiomas se suelen diagnosticar pronto con la intención de iniciar el tratamiento de forma precoz. En cambio, las malformaciones vasculares, aunque están presentes desde el nacimiento, pueden hacerse más evidentes u ocasionar problemas cuando los niños son más mayores, por eso se suelen derivar a los diferentes especialistas de forma más tardía que los hemangiomas (83).

Los **hemangiomas** son más frecuentes que las malformaciones vasculares (83), y en nuestro estudio representaron un 72,4%. Hubo un discreto predominio femenino en los hemangiomas (57%), a diferencia de lo publicado en otras series 3:1 (83). No se encontró relación entre hemangiomas y prematuridad, gestación múltiple, ni bajo peso al nacimiento, como se describe en algunas

publicaciones, probablemente debido al pequeño tamaño muestral (100). De acuerdo con los datos de Mohammed JA *et al* (51) el tipo de hemangioma más frecuente fue el mixto (57%) y la localización más frecuente fue cabeza/cuello, seguida de tronco y extremidades, con diferencias estadísticamente significativas.

El tratamiento actual de elección de los hemangiomas, cuando está indicado, es el propanolol. En la publicación de Strumila A *et al* (53) se propuso un algoritmo para facilitar la decisión de tratamiento según la temperatura media inicial de su superficie y la capacidad de proliferación ( $P < 0,01$ ). Los hemangiomas con temperaturas iguales o mayores a 37,4°C se asociaron con alta capacidad de proliferación, y por tanto estaría indicado tratarlos con propanolol. Nuestros resultados revelan en los hemangiomas en proliferación mayor temperatura que la zona contralateral, disminuyendo en los controles tras tratamiento. En cambio, en los hemangiomas en regresión (solamente un caso), la zona del hemangioma presentó menor temperatura que la zona contralateral, con valores de las variables termográficas (TAM, TAM<sub>max</sub> e IT) negativos. La menor temperatura en los hemangiomas en regresión o involucionados se debería a la disminución de flujo sanguíneo de la zona del hemangioma, secundaria a la apoptosis de las células endoteliales y a la sustitución por tejido fibroadiposo, menos perfundido que la piel normal (51).

En cuanto a la respuesta tras tratamiento con propanolol, solamente se obtuvo un primer control en 12/21 hemangiomas. Nuestros resultados revelaron 2 grupos con diferente comportamiento. Un grupo (5/12 pacientes), que mostró un aumento de la asimetría térmica para las variables termográficas calculadas (IT, TAM, TAM<sub>áx</sub>). Entre las características de este grupo destacaron (valor medio $\pm$ DE): edad gestacional 36,8 $\pm$ 0,8 semanas, peso al nacimiento 2,5 $\pm$ 0,5 kg, edad 5,5 $\pm$ 1,5 meses y tiempo de seguimiento 1,4 $\pm$ 0,5 meses. Y en el otro grupo (7/12 pacientes), se objetivó una disminución de la asimetría térmica. Las características de este último grupo fueron: edad gestacional 39 $\pm$ 1,4 semanas, peso al nacimiento 3,3 $\pm$ 0,5 kg, edad 5,1 $\pm$ 2,4 meses y tiempo de seguimiento 3,6 $\pm$ 2,9 meses.

Las diferencias entre las características de estos 2 grupos plantearon 2 posibles explicaciones: el momento del control y la inestabilidad térmica producida por el propanolol relacionada con las características de inmadurez del paciente (menor edad gestacional y menor peso al nacimiento). A continuación, detallamos cada una de ellas.

Por un lado, existía relación con el *momento del control*, es decir, cuando el control fue temprano, entre 1-2 meses del inicio del tratamiento, existió aumento de la asimetría térmica, y en cambio, cuando el control fue más tardío (más meses de tratamiento) se produjo disminución de la asimetría térmica. Según Chang LC *et al* (100) no existen grandes diferencias en el crecimiento entre los

hemangiomas tratados y los no tratados. Hay varias hipótesis que justifican este hecho. En primer lugar, la mayor parte del crecimiento del hemangioma tiene lugar a una edad media de 3,2 meses, completándose a los 5 meses, y en la mayoría de ocasiones el tratamiento se instaura más tarde, por lo que no tiene un impacto efectivo en el crecimiento. En segundo lugar, los hemangiomas tratados podrían haber crecido más rápido y más tiempo si no hubieran recibido tratamiento. En tercer lugar, los métodos actuales para medir la respuesta al tratamiento, no reflejan los cambios clínicos subjetivos y difíciles de medir como el aclarado del color o el ablandamiento del hemangioma. Y en último lugar, los tratamientos actuales son parcialmente efectivos. Por estos motivos, en el estudio de Mohammed JA *et al* (51) también observaron que la mayor asimetría térmica entre la zona afecta y la sana en pacientes en su mayoría en tratamiento activo con propanolol (86%) se produjo a los 3-4 meses de edad, coincidiendo con la mayor proliferación del hemangioma. Y la disminución progresiva de esta asimetría tuvo lugar a partir de los 12 meses, coincidiendo con su involución.

Sin embargo, en los 5/12 casos en los que se objetivó aumento de la asimetría térmica en el primer control durante el seguimiento, llamó la atención que clínicamente se apreciaba disminución del hemangioma. Al analizar las imágenes termográficas de forma cualitativa también se apreciaba mejoría, y de forma cuantitativa disminuyeron todos los valores de las variables estudiadas de la

zona afecta y de la sana (temperatura mínima, máxima y media) respecto al diagnóstico. Pero, los valores del lado sano disminuyeron en mayor proporción que los del afecto por el hemangioma y esto explicaría la mayor asimetría térmica con los parámetros termográficos calculados (TAM, TAM<sub>áx</sub> e IT).

Entre los efectos secundarios poco conocidos del propanolol se encuentra la *inestabilidad térmica* (101), también cabe destacar algunos efectos más conocidos y relacionados con la temperatura como la frialdad periférica, la vasoconstricción, y el fenómeno de Raynaud, entre otros. Existen casos publicados de hipotermia y mayor inestabilidad térmica relacionados con el uso de timolol tópico, sobre todo en pacientes con edad postmenstrual <44 semanas o peso al inicio del tratamiento <2,5 kg y antecedente de prematuridad, entre otros (102); y también con el propanolol oral, sobre todo en pacientes con antecedente de prematuridad (101). Tanto el timolol como el propanolol son beta-bloqueantes no cardiosselectivos y altamente lipofílicos. Estas características influyen en los mecanismos de acción que explicarían su relación con la inestabilidad térmica. Por un lado, atraviesan la barrera hemato-encefálica, influyendo en la termorregulación mediante su acción sobre el sistema nervioso central y, por otro lado, inhiben la vía beta-adrenérgica. Este último mecanismo, especialmente en niños prematuros, podría alterar el papel que juega la grasa parda en la termogénesis, dando lugar a una inestabilidad térmica (101). Por tanto, el hecho de que el



propranolol influya en la inestabilidad térmica podría explicar la mayor asimetría térmica producida en los 5 casos antes mencionados, cuya edad gestacional y peso al nacimiento fueron menores, produciendo un mayor enfriamiento de todo el cuerpo, en mayor proporción en la zona sana que la afecta por el hemangioma. Esto justificaría la necesidad de integrar todos los datos (antecedentes personales, evolución clínica, y análisis cuali/cuantitativo de las imágenes termográficas) para la correcta interpretación de los resultados.

En 10 pacientes con hemangioma se disponía del tiempo de tratamiento con propranolol. En ellos se comparó el tipo de hemangioma con el tiempo de tratamiento, sin encontrar diferencias estadísticamente significativas ( $P=0,063$ ), a diferencia de los resultados publicados por Mohammed JA *et al* (51), en los que el tipo de hemangioma influía en el tiempo de resolución del hemangioma (profundo menor tiempo, seguido de mixto y superficial el de mayor tiempo). También se realizó el coeficiente de correlación de Pearson (r-Pearson), que encontró significación estadística para las correlaciones positivas entre tiempo de tratamiento y las temperaturas máximas, medias y mínimas de la ROI del hemangioma en el momento del diagnóstico (r=0,802,  $P=0,009$ ; r=0,789,  $P=0,011$ ; r=0,834,  $P=0,005$ , respectivamente), pero no se encontró correlación significativa entre dicho tiempo de tratamiento y los parámetros TAM, TAMáx e IT, ni para la edad. El análisis de regresión lineal

simple permitió establecer un modelo de predicción del tiempo de tratamiento con propranolol, según las temperaturas máximas, medias y mínimas de la ROI del hemangioma al diagnóstico, con significación estadística. En este modelo de predicción, para temperaturas medias en la ROI de 35°C se estimaba un tiempo de tratamiento de 3,2 meses, para 36°C 6,4 meses, para 37°C 9,6 meses y para 38°C 12,9 meses.

En general, en los hemangiomas existió adecuada correlación entre la fotografía del paciente, la situación clínica (diagnóstico/seguimiento), las imágenes ecográficas y las ITI cualitativamente y en la mayoría de los casos cuantitativamente, salvo los 5 casos comentados. Además, la TI aportó información adicional a la que obtuvimos por la exploración clínica, definiendo mejor la extensión de algunos hemangiomas que por su localización (labios, zona periocular) o por sus características (mixtos/profundos) fueron menos evidentes. E incluso, en 2 pacientes en los que la Ecografía Doppler no detectó vascularización, la TI fue capaz de detectar los cambios térmicos producidos en la zona del hemangioma.

Por tanto, la TI aporta en los hemangiomas un valor añadido a las pruebas complementarias rutinarias, y podría ser una técnica útil para guiar la indicación del tratamiento con propranolol y su duración, según la temperatura inicial del hemangioma. Además, podría aportar información sobre la evolución de los hemangiomas tras retirar el tratamiento, permitiendo detectar si

el hemangioma se encuentra involucionado o si existe un rebrote de neoformación de vasos. Nuestros resultados también revelan que la TI permitiría conocer mejor la respuesta al propranolol en pacientes con antecedente de bajo peso al nacimiento y prematuridad, con la intención de ajustar mejor el tratamiento y evitar posibles complicaciones. La muestra estudiada es pequeña, y harían falta estudios con mayor tamaño muestral para corroborar estos resultados, pero los hallazgos obtenidos hasta el momento son alentadores y animan a seguir profundizando en este sentido.

Las **malformaciones vasculares** se clasifican según el flujo sanguíneo en: bajo flujo (venosas, linfáticas y capilares) y en alto flujo (malformaciones y fístulas arterio-venosas) (103). En la pequeña serie de casos de nuestro estudio la localización más frecuente fue los miembros superiores.

Dentro de las malformaciones de bajo flujo, las únicas en las que la Ecografía Doppler muestra flujo venoso son las malformaciones venosas, no detectando flujo en las linfáticas ni en las capilares. La RM detecta muy bien la extensión en las malformaciones venosas y linfáticas, y en las capilares en ocasiones sólo detecta un engrosamiento inespecífico de la dermis. En cambio, en las malformaciones de alto flujo, tanto la Ecografía Doppler como la RM detectan muy bien el flujo y la extensión de la malformación (103).

En las imágenes termográficas de las malformaciones vasculares tipo venosas se objetivó un aumento de temperatura en la zona de la malformación. Además, estas imágenes se correlacionaron bien con el flujo venoso detectado en la Ecografía Doppler y con la extensión de las imágenes de RM. Incluso en un paciente en el que la malformación no era demasiado evidente a la exploración clínica, las imágenes termográficas aportaron información importante sobre su extensión. Y en otros 2 pacientes sirvió para valorar la evolución tras tratamiento con escleroterapia. En uno de ellos, la TI objetivó un aumento llamativo de temperatura en la zona de la malformación a los 15 días de la aplicación de escleroterapia, coincidiendo con la detección clínica de celulitis como complicación. Posteriormente, y tras la instauración del tratamiento indicado se observó una disminución progresiva de la temperatura. En el otro paciente, que no tuvo ninguna complicación tras la escleroterapia, la TI mostró disminución progresiva de temperatura en la zona de la malformación venosa.

En los pacientes con malformación linfática, capilar y mixta, las imágenes termográficas delimitaron bien la lesión. En la malformación capilar y la mixta, las temperaturas fueron discretamente más elevadas en la ROI de la malformación que en el lado contralateral. En cambio, en la malformación linfática la temperatura fue menor en la ROI de la malformación que en la contralateral sana. Probablemente estas diferencias se deban a los diferentes tipos de vasos afectados. La Ecografía detectó cambios

morfológicos en la malformación linfática y mixta, pero no en la capilar; sin embargo, el Doppler fue negativo y no detectó vascularización en ninguno de los 3 casos. Respecto a la RM, en el paciente con malformación mixta hubo adecuada correlación, pero no aportó hallazgos relevantes en la paciente con malformación capilar. El resto de pruebas complementarias (Flebografía, Linfografía y Rx pierna) tampoco revelaron hallazgos importantes en el caso de la malformación mixta.

En las malformaciones vasculares la TI juega un papel relevante. Por un lado, en las malformaciones de bajo flujo tipo linfáticas y capilares, es capaz de detectar alteraciones que las pruebas habituales como la Ecografía Doppler o la RM no son capaces de detectar. Por otro lado, en algunas malformaciones tipo venosas, la TI permite mostrar mejor los hallazgos que la exploración clínica no desvela con tanta claridad.

Por tanto, la TI sería muy útil como técnica rutinaria en las anomalías vasculares. En el diagnóstico, añade información a la exploración clínica en algunos casos, en cuanto a la localización, la extensión o las características (fase, tipos), y en otros complementa la Ecografía Doppler, que en ocasiones no detecta la vascularización cuando es más tenue. En el tratamiento, permite valorar la respuesta al tratamiento, la existencia de complicaciones y guiar su duración. Todas estas aplicaciones junto a las ventajas que tiene la TI para su uso en la población pediátrica, la convierten en una técnica ideal para ayudar al

diagnóstico y facilitar el seguimiento, junto al resto de pruebas complementarias, en este tipo de pacientes.

## **8. CONCLUSIONES**

---





Tras el análisis de los resultados obtenidos las conclusiones más relevantes de esta tesis incluyen:

- Se ha establecido un **protocolo** de registro de imágenes termográficas adaptado a la población pediátrica, que ha permitido su utilización en la clínica.
- En los casos de **controles portadores de catéter venoso central**, existe poca asimetría térmica entre la zona del catéter y la contralateral sana, detectándose diferencias de temperatura máxima y media alrededor de  $\pm 0,5-1^{\circ}\text{C}$ . Sin embargo, cuando existe **infección de catéter**, la Termografía Infrarroja permite detectar mayor asimetría térmica entre la zona infectada y la sana. En los casos con infección de PICC, existe un aumento de temperatura en la zona del catéter respecto la sana. En cambio, en los casos con infección de PAC o Hickman, existe una disminución de temperatura en la zona del catéter respecto la sana. En todos los casos, cuando se realiza el seguimiento tras la aplicación de tratamiento, la asimetría térmica se reduce, tendiendo a aproximarse a los valores de los controles sanos si existe buena evolución clínica.
- En los pacientes con **anomalías vasculares**, la Termografía Infrarroja permite captar la asimetría térmica que existe entre la zona afecta y la contralateral sana al diagnóstico, consistente en un aumento de temperatura. En general, los hemangiomas presentan unos valores discretamente más elevados que las malformaciones vasculares en todas las variables estudiadas, es

decir, mayor temperatura en el lado de la lesión respecto al sano y, por tanto, mayor asimetría térmica. En los controles durante el seguimiento, tras iniciar un tratamiento y cuando la evolución es favorable se aprecia disminución progresiva de dicha asimetría térmica. Además, en los hemangiomas la Termografía Infrarroja tendría un papel clave para guiar la indicación de tratamiento, predecir su duración y valorar posibles complicaciones, según la temperatura inicial de la lesión.

- Se han implementado tres **parámetros termográficos (TAM, TAM<sub>máx</sub> e IT)**, que permiten cuantificar los cambios clínicos observados en un paciente y los hallazgos cualitativos detectados en la imagen termográfica. Estos parámetros permiten dar un valor medible al diagnóstico de las patologías estudiadas, y comparable en el tiempo, tras la instauración de un tratamiento médico. De esta forma, se pueden detectar cambios en la microcirculación cutánea, los cuáles serían útiles tanto para el diagnóstico precoz de dichas patologías como para guiar la duración de los tratamientos y/o la asociación de complicaciones.
- Las **imágenes termográficas** añaden una información adicional a las herramientas diagnósticas utilizadas en la actualidad. En algunos casos permiten identificar mejor los hallazgos que pasan inadvertidos en la exploración clínica (hemangiomas, malformaciones venosas, infección de CVC) y

en otros, incluso son capaces de detectar cambios en la microcirculación cutánea no detectables mediante las pruebas convencionales (Ecografía Doppler, RM) como ocurre en las infecciones de CVC, en algunos hemangiomas y en las malformaciones capilares y linfáticas.

- Todas estas aplicaciones, junto a las ventajas que tiene como técnica (rápida, accesible, no utiliza radiación ionizante, no necesita contacto con el paciente, ni sedación para su realización) la convierten en una **técnica recomendable para utilizar en población pediátrica** que, por sus características, es más vulnerable.



## **9. LIMITACIONES DEL ESTUDIO Y MIRADA HACIA EL FUTURO**

---



Los resultados obtenidos en este trabajo son satisfactorios en la aplicabilidad de la Termografía Infrarroja en el estudio de patologías que alteran la microcirculación cutánea, como las infecciones de catéter y las anomalías vasculares, en la población pediátrica.

Entre las principales limitaciones del mismo, señalar el pequeño tamaño de la muestra estudiada y la adherencia de los pacientes y sus familias a un seguimiento muy estrecho, siendo solamente posible haciéndolo coincidir con visitas rutinarias. Para conocer con más detalle el comportamiento térmico de patologías como la infección de CVC o las diferentes anomalías vasculares, haría falta mayor número de pacientes y un seguimiento más frecuente, a ser posible diario. Sería conveniente registrar las imágenes previo a la colocación del CVC, al diagnóstico de la infección de CVC o de la anomalía vascular y realizar un seguimiento cada 24 horas tras iniciar un tratamiento. Esto permitiría conocer mejor los cambios en la microcirculación cutánea que se producen como respuesta a una patología y tras iniciar un tratamiento. De este modo, se podría conocer mejor si existen patrones térmicos que permitan predecir con más detalle el comportamiento de estas patologías, guiar la indicación y duración de los diferentes tratamientos y detectar la existencia de complicaciones de forma precoz.

Otra de las limitaciones importantes fue la amplia variabilidad entre individuos en la edad pediátrica, ya que se agruparon desde recién nacidos hasta adolescentes y, por tanto, fueron obvias las diferencias en cuanto a peso, talla, sexo, distribución de grasa parda y metabolismo, entre otros. Clasificar los resultados en función de la edad sería necesario, ya que estas diferencias podrían modificar la temperatura corporal y en este estudio no se tuvieron en cuenta. Para ello, proponemos estudios futuros que intenten realizar un atlas corporal termográfico, según diferentes grupos de edad y en condiciones basales de salud.

Otras cuestiones limitantes serían el seguimiento de un protocolo estricto, sobre todo en aspectos como la postura del paciente, ya que, en edades tempranas o situaciones de gravedad, fue difícil conseguir una postura estática concreta del paciente, porque los niños pequeños estaban en continuo movimiento y los que estaban ingresados y/o acostados en la cama, muchas veces no podían ponerse en determinadas posiciones. Esta última limitación, por otra parte, nos mostró la aplicabilidad de la TI en la práctica clínica diaria, en condiciones reales, objetivando cambios cuali y cuantitativos, sin mantener las condiciones estrictas de un protocolo de adultos.

Hasta el momento los resultados obtenidos en esta tesis muestran datos relevantes sobre la utilidad de la TI en la población pediátrica en las patologías que alteran la microcirculación cutánea, como pueden ser las relacionadas con catéteres venosos



o anomalías vasculares, y también su estrecha relación con otras técnicas de imagen estándar, lo que nos anima a seguir investigando sobre sus aplicaciones en diferentes patologías en la edad pediátrica y con mayor número de pacientes, con el objetivo de obtener resultados con mayor significación estadística.



## 10. BIBLIOGRAFÍA

---



1. Lenasi H. Assessment of Human Skin Microcirculation and Its Endothelial Function Using Laser Doppler Flowmetry [Internet]. Dr. Okechukwu Felix Erundu, editor. Vol. 2, Medical Imaging. 2011. 64 p. Available from: <http://www.intechopen.com/books/medical-imaging/assessment-of-human-skin-microcirculation-and-its-endothelial-function-using-laser-doppler-flowmetry>.
2. Lenasi H. Introductory Chapter: Microcirculation in Health and Disease [Internet]. Microcirculation Revisited - From Molecules to Clinical Practice. London: IntechOpen; 2016. 1–13 p. Available from: <https://www.intechopen.com/books/microcirculation-revisited-from-molecules-to-clinical-practice/introductory-chapter-microcirculation-in-health-and-disease>.
3. Segal SS. Medical Physiology: a cellular and molecular approach. [Internet]. Third Edit. Boron, Walter F; Boulpaep EL, editor. Elsevier; 2017 [cited 2019 Oct 25]. 556–571 p. Available from: <https://doctorlib.info/physiology/medical/132.html>.
4. Sanders S, Heberle M, Lind E. Thermoregulation in Humans: A Review of Developmental Changes. 2016; Available from: <https://pdfs.semanticscholar.org/d3b0/408224c8b25428c07e79a7819cd1fc8e0732.pdf>.
5. Sánchez P. Fisiología Y Fisiopatología De La Regulación Térmica En El Niño. 1987;49–71.
6. Delamarche P, Bittel J, Lacour JR, Flandrois R. Thermoregulation at rest and during exercise in prepubertal boys. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1990;60(6):436–40.
7. Inbar O, Morris N, Epstein Y, Gass G. Comparison of thermoregulatory responses to exercise in dry heat among prepubertal boys, young adults and older males. *Exp Physiol*. 2004;89(6):691–700.
8. Rogers NH. Brown adipose tissue during puberty and with aging. *Ann Med*. 2015;47(2):142–9.
9. Drubach LA, Palmer EL, Connolly LP, Baker A, Zurakowski D, Cypess AM. Pediatric brown adipose tissue: Detection,

epidemiology, and differences from adults. *J Pediatr* [Internet]. 2011;159(6):939–44. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpeds.2011.06.028>.

10. Brokenshire CS, Armstrong N, Williams CA. The reliability of adolescent thermoregulatory responses during a heat acclimation protocol. *J Sport Sci Med*. 2009;8(4):689–95.

11. Merla A, Di Romualdo S, Di Donato L, Proietti M, Salsano F, Romani GL. Combined thermal and laser doppler imaging in the assessment of cutaneous tissue perfusion. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol - Proc*. 2007;2630–3.

12. Ministerio de Sanidad SS e I, Dirección General de Salud Pública C e I. Comunicando Los Riesgos De La Radiación En Radiodiagnóstico Pediátrico. 2016; Available from: <http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272341/9789241510349-spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

13. EC. Protection Radiation N° 185. National Radiological Protection Board. [Internet]. 2018. 1–117 p. Available from: [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/rp\\_185.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/rp_185.pdf).

14. Gómez Mardónez G. Nuevo marco legislativo y acciones establecidas por la OMS y la IAEA. SERAM. SERPE.; 2015.

15. Cañas Maciá T. Técnicas de diagnóstico por imagen en Pediatría: ¿cuándo usar cada una? [Internet]. 2015. Available from: [https://continuum.aeped.es/files/curso\\_radiologia/Material\\_descarga\\_unidad\\_1.pdf](https://continuum.aeped.es/files/curso_radiologia/Material_descarga_unidad_1.pdf).

16. Gómez Mardones G. Protección Radiológica en Pediatría. Nuevos retos [Internet]. 2015. Available from: [https://seram.es/images/site/07-protección\\_radiológica\\_en\\_pediatría\\_1.pdf](https://seram.es/images/site/07-protección_radiológica_en_pediatría_1.pdf).

17. Simo MR. Recomendaciones de NO Hacer. Vol. 4, Cirugía Española. 2016. 2–8 p.

18. Tripodi M, Siano MA, Mandato C, De Anseris AGE, Quitadamo P, Guercio Nuzio S, et al. Humanization interventions in general pediatric wards: a systematic review. *Eur J Pediatr*. 2019;178(5):607–22.

19. Oliveros-Donohue MÁ. Humanización de la Pediatría. *Acta Med Per.* 2015;32(2):85–90.
20. ONU. Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. *Asam Gen* [Internet]. 2015;15900:40. Available from: [http://www.un.org/ga/search/view\\_doc.asp?symbol=A/70/L.1&Lang=S](http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/70/L.1&Lang=S).
21. Ring E. The historical development of temperature measurement in medicine. *Infrared Phys Technol.* 2007;49(3 SPEC. ISS.):297–301.
22. Ring E, Phillips B. *Recent advances in medical thermology.* Springer Science & Business Media; 2012.
23. Jones BF. A reappraisal of the use of infrared thermal image analysis in medicine. *IEEE Trans Med Imaging.* 1998;17(6):1019–27.
24. Cuenca Badín T. *Análisis del uso de la imagen termográfica en Pediatría.* 2017.
25. Priego Quesada J. *THERMOBIKE: aplicabilidad de la termografía infrarroja en la evaluación de la eficiencia, rendimiento y postura del ciclista.* Universitat de València; 2017.
26. Ring EFJ, Ammer K. Infrared thermal imaging in medicine. *Physiol Meas.* 2012;33(3).
27. Benavent Casanova O, Núñez Gómez F, Priego Quesada JI, Cibrián Ortiz De Anda RM, González Peña R de J, Mínguez Rey MF, et al. Application of infrared thermography as a complementary technique to conventional imaging techniques in paediatrics: case studies. *Comput Methods Biomech Biomed Eng Imaging Vis* [Internet]. 2018;00(00):1–9. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/21681163.2018.1542347>.
28. Diakides N, Diakides M, Lupo J, Paul J, Balcerak R. *Advances in Medical Infrared Imaging: An Update.* In: Diakides M, Bronzino J, Peterson D, editors. *Medical infrared imaging Principles and practices.* Taylor and Francis group; 2013. p. 31–44.

29. Saxena AK, Willital GH. Infrared thermography: Experience from a decade of pediatric imaging. *Eur J Pediatr*. 2008;167(7):757–64.
30. Owen R, Ramlakhan S. Infrared thermography in paediatrics: a narrative review of clinical use. *BMJ Paediatr Open* [Internet]. 2017;1(1):e000080. Available from: <http://bmjpaedsopen.bmj.com/lookup/doi/10.1136/bmjpo-2017-000080>.
31. Kolosovas-Machuca ES, González FJ. Distribution of skin temperature in Mexican children. *Ski Res Technol*. 2011;17(3):326–31.
32. Zhu WP, Xin XR. Study on the distribution pattern of skin temperature in normal Chinese and detection of the depth of early burn wound by infrared thermography. *Ann N Y Acad Sci*. 1999;888:300–13.
33. Symonds ME, Henderson K, Elvidge L, Bosman C, Sharkey D, Perkins AC, et al. Thermal imaging to assess age-related changes of skin temperature within the supraclavicular region co-locating with brown adipose tissue in healthy children. *J Pediatr* [Internet]. 2012;161(5):892–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpeds.2012.04.056>.
34. ISO TR 13154: Medical electrical equipment. Deployment, implementation and operational guidelines for identifying febrile humans using a screening thermograph. 2017.
35. ISO IEC 80601-2-59: Particular requirements for the basic safety and essential performance of screening thermographs for human febrile temperature screening. Geneva, Switzerland; 2017.
36. Ring FJ, Jung A, Kalicki B, Zuber J, Rustecka A, Vardasca R. Infrared thermal imaging for fever detection in children. *Med Infrared Imaging Princ Pract*. 2012;2009:23-1-23–6.
37. Selent MU, Molinari NM, Baxter A, Nguyen A V., Siegelson H, Brown CM, et al. Mass screening for fever in children: A comparison of 3 infrared thermal detection systems. *Pediatr Emerg Care*. 2013;29(3):305–13.
38. Chan L-S, Cheung GTY, Lauder IJ, Kumana CR. Screening



- for Fever by Remote-sensing Infrared Thermographic Camera. *J Travel Med* [Internet]. 2006;11(5):273–9. Available from: <https://academic.oup.com/jtm/article-lookup/doi/10.2310/7060.2004.19102>.
39. Fortuna EL, Carney MM, Macy M, Stanley RM, Younger JG, Bradin SA. Accuracy of Non-contact Infrared Thermometry Versus Rectal Thermometry in Young Children Evaluated in the Emergency Department for Fever. *J Emerg Nurs* [Internet]. 2010;36(2):101–4. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jen.2009.07.017>.
40. Heimann K, Jergus K, Abbas AK, Heussen N, Leonhardt S, Orlikowsky T. Infrared thermography for detailed registration of thermoregulation in premature infants. *J Perinat Med*. 2013;41(5):613–20.
41. Anderson ES, Wailoo MP, Petersen SA. Use of thermographic imaging to study babies sleeping at home. *Arch Dis Child*. 1990;65(11):1266–7.
42. Abbas AK, Heimann K, Jergus K, Orlikowsky T, Leonhardt S. Neonatal non-contact respiratory monitoring based on real-time infrared thermography. 2011;1–17.
43. Abbas AK, Leonhardt S. Intelligent neonatal monitoring based on a virtual thermal sensor. 2014.
44. Al-Khalidi F, Elphick H, Saatchi R et al. Respiratory rate measurement in children using a thermal camera. *Int J Sci Eng Res*. 2015;6:1748–56.
45. Rice HE, Hollingsworth CL, Bradsher E, Danko ME, Crosby SM, Goldberg RN, et al. Infrared Thermal Imaging ( Thermography ) of the Abdomen in Extremely Low Birthweight Infants. 2010;82–9.
46. Sanchis-Sánchez E, Salvador-Palmer R, Codoñer-Franch P et al. Infrared thermography is useful for ruling out fractures in paediatric emergencies. *Eur J Pediatr*. 2015;174:493–9.
47. Silva CT, Naveed N, Bokhari S, Baker KE, Staib LH, Ibrahim SM, et al. Early assessment of the efficacy of digital infrared thermal imaging in pediatric extremity trauma. *Emerg Radiol*.

2012;19(3):203–9.

48. Ćurković S, Antabak A, Halužan D, Luetić T, Prlić I, Šiško J. Medical thermography (digital infrared thermal imaging - DITI) in paediatric forearm fractures - A pilot study. *Injury*. 2015;46:S36–9.

49. Saxena AK, Schleef J, Morcate JJ, Schaarschmidt K, Willital GH. Thermography of *Clostridium perfringens* infection in childhood. *Pediatr Surg Int*. 1999;15(1):75–6.

50. Medina-Preciado JD, Kolosovas-Machuca ES, Velez-Gomez E E, Al. Noninvasive determination of burn depth in children by digital infrared thermal imaging. *J Biomed Opt*. 2013.

51. Mohammed JA, Balma-Mena A, Chakkittakandiyil A, Matea F, Pope E. Infrared thermography to assess proliferation and involution of infantile hemangiomas: A prospective cohort study. *JAMA Dermatology*. 2014;150(9):964–9.

52. Garcia-Romero MT, Chakkittakandiyil A PE. The role of infrared thermography in evaluation of proliferative infantile hemangiomas. Results of a pilot study. *Int J Dermatol*. 2014.

53. Strumila A, Kazlauskas V, Pošiūnas G, Verkauskas G, Beiša V. Infantile hemangioma: Predicting proliferation by infrared thermography. *Med*. 2017;53(2):85–9.

54. Kim SW, Song H. Multimodal Imaging in Klippel-Trénaunay-Weber Syndrome: Clinical Photography, Computed Tomoangiography, Infrared Thermography, and 99mTc-Phytate Lymphoscintigraphy. *Clin Nucl Med*. 2017;42(12):976–7.

55. Hardwicke J, Titley Og. Thermographic Assessment of a Vascular Malformation of the Hand: A New Imaging Modality. *J Clin Imaging Sci* [Internet]. 2016;6(1):9. Available from: <http://www.clinicalimagingscience.org/text.asp?2016/6/1/9/1794> 14.

56. Hwang PYK, Lewis PM, Maller JJ. Use of intracranial and ocular thermography before and after arteriovenous malformation excision. *J Biomed Opt* [Internet]. 2014;19(11):110503. Available from: <http://biomedicaloptics.spiedigitallibrary.org/article.aspx?doi=1>

0.1117/1.JBO.19.11.110503.

57. Iwata G, Deguchi E, Nagashima M, Iwai N. Thermography in a Child with Varicocele. *Eur J Pediatr Surg*. 1992;308–10.

58. Kashiwagi Y, Kawashima H, Agata K, Akaba M, Hirose A, Go S, et al. Thermography for evaluation of localized scleroderma treated with methotrexate and corticosteroid. *Indian J Pediatr*. 2013;80(11):980–1.

59. Martini G. Juvenile-onset localized scleroderma activity detection by infrared thermography. *Rheumatology* [Internet]. 2002;41(10):1178–82. Available from: <https://academic.oup.com/rheumatology/article-lookup/doi/10.1093/rheumatology/41.10.1178>.

60. Castillo-Martínez C, Valdes-Rodríguez R, Kolosovas-Machuca ES, Moncada B, González FJ. Use of digital infrared imaging in the assessment of childhood psoriasis. *Ski Res Technol*. 2013;19(1):1–3.

61. Zotter H, Kerbl R, Gallistl S, Nitsche H, Borkenstein M. Rewarming index of the lower leg assessed by infrared thermography in adolescents with type 1 diabetes mellitus. *J Pediatr Endocrinol Metab* [Internet]. 2003;16(9):1257–62. Available from: <http://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&PAGE=reference&D=med4&NEWS=N&AN=14714748>.

62. Lasanen R, Piippo-Savolainen E, Remes-Pakarinen T, Kröger L, Heikkilä A, Julkunen P, et al. Thermal imaging in screening of joint inflammation and rheumatoid arthritis in children. *Physiol Meas* [Internet]. 2015;36(2):273–82. Available from: <http://dx.doi.org/10.1088/0967-3334/36/2/273>.

63. Goetz C, Foertsch D, Schoenberger J et al. Thermography - a valuable tool to test hydrocephalus shunt patency. *Acta Neurochir (Wien)*. 2005;147:1167–73.

64. Zurek G, Dudek K, Pirogowicz I, Dziuba A, Pokorsk M. Influence of Mechanical Hippotherapy on Skin Temperature Responses in Lower Limbs in Children With Cerebral Palsy. *J Physiol Pharmacol*. 2008;59:819–24.



- Palmero R, Núñez Gómez F. Application of infrared thermography in diagnosing peripherally inserted central venous catheter infections in children with cancer. *Physiol Meas*. 2019;40(4).
74. Kacmaz S, Ercelebi E, Zengin S, Cindoruk S. The use of infrared thermal imaging in the diagnosis of deep vein thrombosis. *Infrared Phys Technol* [Internet]. 2017;86:120–9. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2017.09.005>.
75. Jung A, Žuber J, Kalicki B, Perdzyński W, Klewar M, Murawski P. Thermographic investigation in the diagnosis of femoral vein thrombosis [Internet]. *Infrared Imaging*. IOP Publishing; 2015. p. 22–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1088/978-0-7503-1143-4ch29>.
76. Quintana MS, Cuevas IF, Arnaiz-Lastras J, Marins J. Protocol for thermographic assessment in humans. Pre-Congress XIII EAT Congr. 2015;(SEPTEMBER).
77. Ares G, Hunter CJ. Central venous access in children: Indications, devices, and risks. *Curr Opin Pediatr*. 2017;29(3):340–6.
78. Scott-Warren VL, Morley RB. Paediatric vascular access. *BJA Educ*. 2015;15(4):199–206.
79. Pittiruti M, Hamilton H, Biffi R, Macfie J, Pertkiewicz M. ESPEN Guidelines on Parenteral Nutrition: Central Venous Catheters ( access , care , diagnosis and therapy of complications ). *Clin Nutr* [Internet]. 2009;28(4):365–77. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clnu.2009.03.015>.
80. Sousa B, Furlanetto J, Hutka M, Gouveia P, Wuerstlein R, Mariz JM, et al. Central venous access in oncology: ESMO Clinical Practice Guidelines. *Ann Oncol*. 2015;26(September):v152–68.
81. Johansson E, Hammarskjöld F, Lundberg D, Arnlind MH. Advantages and disadvantages of peripherally inserted central venous catheters (PICC) compared to other central venous lines: A systematic review of the literature. *Acta Oncol (Madr)*. 2013;52(5):886–92.

82. Chopra V, Anand S, Krein SL, Chenoweth C, Saint S. Bloodstream infection, venous thrombosis, and peripherally inserted central catheters: Reappraising the evidence. *Am J Med* [Internet]. 2012;125(8):733–41. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.amjmed.2012.04.010>.
83. Pablo MTAS et al. Anomalías vasculares. *Pediatría Integr*. 2016;XX:160–8.
84. Mart A. Estudios de imagen en el diagnóstico de los hemangiomas y malformaciones vasculares Imaging studies in the diagnosis of haemangiomas and vascular malformations. 2004;27:71–80.
85. The American Academy of Thermology. Practice Guidelines Committee of the American Academy of Thermology. Guidelines for Neuromusculoskeletal. Practice Guidelines Committee of the American Academy of Thermology. Guidelines for Breast Thermology. [Internet]. Available from: <https://aathermology.org/organization-2/guidelines/> [Internet]. 2018. Available from: <https://aathermology.org/organization-2/guidelines/>
86. The American Academy of Thermology. Practice Guidelines Committee of the American Academy of Thermology. Guidelines for Breast Thermology. [Internet]. 2018. Available from: <https://aathermology.org/organization-2/guidelines/>
87. Jover Gonzálbez A. Protocolo de utilización de una cámara termográfica: Aplicación al estudio de la práctica deportiva. Universitat de València.; 2010.
88. Morillo López M. Control de calidad de cámaras termográficas. Aplicación al diagnóstico no invasivo de patologías pediátricas. Universitat de València; 2012.
89. Sanchis Sanchez E. Estudio de la precisión de la Imagen Térmica Infrarroja en el diagnóstico de lesiones traumatológicas en la edad pediátrica. 2013;233.
90. FLIR Systems Inc. Technical Data FLIR E60. 2014;60(of 4). Available from: <http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/1371/0900766b8137184a.pdf>.

91. Testo AG. Pocket Guide Thermography [Internet]. 2012. Available from: [www.testo.com](http://www.testo.com).
92. Ring EFJ, Ammer K. The technique of infrared imaging in medicine. In: Ring F, Jung A, Žuber J, editors. *Infrared Imaging: A Casebook in Clinical Medicine*. IOP Publishing; 2015. p. 1–10.
93. Vardasca R, Ring E, Plassmann P, Jones C. Thermal symmetry of the upper and lower extremities in healthy subjects. *Thermol Int*. 2012;22(2):53–60.
94. Ortiz-Dosal A, Kolosovas-Machuca ES, Rivera-Vega R, Simón J, González FJ. Use of infrared thermography in children with shock: A case series. *SAGE Open Med Case Reports*. 2014;2(December):2050313X1456177.
95. Nagori A, Dhingra LS, Bhatnagar A, Lodha R, Sethi T. Predicting Hemodynamic Shock from Thermal Images using Machine Learning. *Sci Rep* [Internet]. 2019;9(1):1–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-018-36586-8>.
96. Ferrer C, Almirante B. Infecciones asoc. con el uso de catéteres vasculares. *Enferm Infecc Microbiol Clin*. 2014;32(2):115–24.
97. Tsai YF, Ku YH, Chen SW, Huang WT, Lu CC, Tsao CJ. Right-and left-subclavian vein Port-A-Cath systems: Comparison of complications. *Eur Surg Res*. 2012;49(2):66–72.
98. Martínez del Prado P M de CE. Profilaxis y tratamiento de la trombosis asociada a catéter venoso central. *Soc Española Oncol*. 2017;21.
99. Baselga Torres E, Bernabéu Wittel J, van Esso Arbolave DL, Febrer Bosch MI, Carrasco Sanz Á, de Lucas Laguna R, et al. Consenso español sobre el hemangioma infantil. *An Pediatr*. 2016;85(5):256–65.
100. Chang LC, Haggstrom AN, Drolet BA, Baselga E, Chamlin

SL, Garzon MC, et al. Growth characteristics of infantile hemangiomas: Implications for management. *Pediatrics*. 2008;122(2):360–7.

101. Burkey BW, Jacobs JA, Aziz H. Temperature Instability in an Infant Treated with Propranolol for Infantile Hemangioma. *J Pediatr Pharmacol Ther*. 2017;22(2):124–7.

102. Frommelt P, Juern A, Siegel D, Holland K, Seefeldt M, Yu JDe, et al. Adverse events in young and preterm infants receiving topical timolol for infantile hemangioma. *Pediatr Dermatol*. 2016;33(4):405–14.

103. Sierre S, Teplisky D, Lipsich J. Malformaciones vasculares : actualización en diagnóstico por imágenes y tratamiento. *Arch Argent Pediatr*. 2016;114(2):167–76.





## **11. ANEXOS**



---





## ANEXO 1: Aprobación del Comité Ético de Investigación Científica INCLIVA-Hospital Clínico Universitario Valencia


En Valencia, a 21 de julio de 2016
D. Josep Redón i Más, Presidente del <b>Comité Científico Interno</b> de la Fundación de Investigación del Hospital Clínico Universitario de Valencia – Instituto de Investigación Sanitaria INCLIVA
<b>CERTIFICA</b>
Que el proyecto con título “Evaluación de la aplicación de la termografía en la población pediátrica”, presentado por Francisco Núñez Gómez perteneciente a esta institución, ha sido evaluado por este Comité en su reunión del día 21 de julio de 2016, encontrándolo conforme con los requisitos de capacitación del solicitante, la adecuación del proyecto a los medios existentes, la adecuación de la memoria y el interés de los resultados del proyecto para el área de salud.
Y para que conste, se firma en la ciudad y fecha arriba indicadas

Fdo.: Dr. Josep Redón i Más Presidente del Comité
F-EG-CCI-9 Certificado conformidad

## ANEXO 2: Modelo de consentimiento informado

 <b>GENERALITAT VALENCIANA</b> <small>CONSSELLERIA DE SANEDAT UNIVERSITARIA I SALUD PÙBLICA</small>	 <b>DEPARTAMENT CLÍNIC MALVA-ROSA</b>
<b>Hospital Clínic Universitari</b>	
<b>HOJA DE INFORMACIÓN AL PACIENTE</b>	
<p>Se le ofrece la posibilidad de participación de su hijo/a en el proyecto de investigación titulado "Aplicación de la termografía infrarroja en pediatría", que está siendo realizado por el Dr. Francisco Nuñez Gómez del Servicio de Pediatría y que ha sido ya evaluado y aprobado por el Comité Ético de Investigación Clínica del Hospital Clínic Universitario de Valencia.</p>	
<b>Antecedentes</b>	
<p>La piel emite de manera espontánea, natural y continua un tipo de radiación, denominada Infrarroja, la cual puede ser detectada mediante cámaras especiales, representando en imágenes digitales la temperatura (calor) a la que se encuentra la zona fotografiada.</p>	
<p>Existen estudios científicos que sugieren que las imágenes térmicas de Infrarrojos aportan información valiosa durante el diagnóstico y seguimiento de determinadas enfermedades: Infecciones cutáneas y de dispositivos externos (catéteres...), problemas osteoarticulares, problemas vasculares (hemangiomas, tromboisis, malformaciones...), problemas testiculares y quemaduras</p>	
<b>¿Cuál es el objetivo de este estudio?</b>	
<p>Nuestro objetivo es determinar la utilidad de dicha técnica en la población pediátrica, dada su inocuidad y accesibilidad.</p>	
<b>¿Por qué se le ha pedido que participe?</b>	
<p>Se le pide la participación de su hijo/a en este estudio ya que ha sido diagnosticado de .....</p>	
<b>¿En qué consiste su participación? ¿Qué tipo de pruebas o procedimientos se le realizarán?</b>	
<p>Se le solicita permiso para obtener, con fines científicos, imágenes térmicas de Infrarrojos de las zonas afectadas por la enfermedad de su hijo/a.</p>	
<p>La participación en el presente proyecto no supone ninguna alteración del tratamiento que su hijo/a esté llevando (si lo tiene) y todo tratamiento que se le pueda poner a partir de los estudios clínico-bioquímicos que se le realicen será siempre bajo criterio médico.</p>	
<b>¿Cuáles son los riesgos generales de participar en este estudio?</b>	
<p>El estudio no supone ninguna molestia o riesgo para la salud, pues la técnica es totalmente inocua y no lesiva, ya que consiste en captar mediante la cámara termográfica, la radiación Infrarroja, que emite la piel de forma espontánea. Su hijo/a deberá estar quieto, sin moverse, durante el periodo de tiempo que dure la realización de la prueba.</p>	
<b>¿Cuáles son los beneficios de la participación en este estudio?</b>	
<p>Es muy posible que los resultados obtenidos en esta investigación tengan poco valor diagnóstico o predictivo para su hijo/a, pero podrá ayudar a conocer mejor su enfermedad y mejorar el pronóstico y el tratamiento de futuros pacientes. Esperamos que en el futuro esta técnica pueda convertirse en un complemento útil y de rutina, que facilite el diagnóstico y el seguimiento de determinadas enfermedades en la población infantil.</p>	
<b>¿Qué pasará si decido no participar en este estudio?</b>	
<p>La participación de su hijo/a en este estudio es totalmente voluntaria. En caso de que decida que su hijo/a no participe en el estudio, esto no modificará el trato y seguimiento que de su enfermedad realicen ni su médico ni el resto del personal sanitario que se ocupa de su enfermedad. Así mismo, podrá retirar a su hijo/a del estudio en cualquier momento, sin tener que dar explicaciones.</p>	

 <b>GENERALITAT VALENCIANA</b> <small>CONSELLERIA DE SANITAT UNIVERSITARIA I SALUT PÚBLICA</small>	 <b>DEPARTAMENT CLÍNIC MALVA-ROSA</b>
<b>Hospital Clínic Universitari</b>	
<b>¿A quién puedo preguntar en caso de duda?</b>	
Es importante que comente con cualquiera de los Investigadores de este proyecto los pormenores o dudas que surjan antes de firmar el consentimiento para la participación de su hijo/a. Así mismo, podrá solicitar cualquier explicación que desee sobre cualquier aspecto del estudio y sus implicaciones a lo largo del mismo contactando con el Investigador principal del proyecto, el Dr. Francisco Núñez Gómez y con la Dra. Olga Benavent Casanova, en el teléfono 658 66 98 54.	
<b>Confidencialidad:</b>	
Todos los datos de su hijo/a, así como toda la información médica relacionada con su enfermedad será tratada con absoluta confidencialidad por parte del personal encargado de la Investigación. Así mismo, si los resultados del estudio fueran susceptibles de publicación en revistas científicas, en ningún momento se proporcionarán datos personales de los pacientes que han colaborado en esta Investigación.	
Tal y como contempla la Ley Orgánica 15/1999 de Protección de Datos de carácter personal, podrá ejercer su derecho a acceder, rectificar, cancelar u oponerse al tratamiento de los datos de su hijo/a contactando con el Investigador principal de este estudio.	

Hospital Clínic Universitari

**CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PADRES O TUTORES LEGALES**

Título del Proyecto titulado: " Aplicación de la termografía Infrarroja en pediatría"

Investigador principal: Francisco Nuñez Gómez

Servicio: Pediatría

Yo, \_\_\_\_\_, en calidad de \_\_\_\_\_  
de \_\_\_\_\_ he sido informado por el  
Dr. \_\_\_\_\_, colaborador del proyecto de investigación arriba mencionado, y declaro  
que:

- He leído la Hoja de Información que se me ha entregado
- He podido hacer preguntas sobre el estudio
- He recibido respuestas satisfactorias a mis preguntas
- He recibido suficiente información sobre el estudio

Comprendo que la participación de mi hijo/a es voluntaria

Comprendo que todos sus datos serán tratados confidencialmente

Comprendo que puede retirarse del estudio:

- Cuando quiera
- Sin tener que dar explicaciones
- Sin que esto repercuta en sus cuidados médicos

Con esto doy mi conformidad para la participación de mi hijo/a en este estudio,

Firma del padre/madre o tutor:

Fecha:

Firma del Investigador:

Fecha

Hospital Clínic Universitari

**CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA NIÑOS DE 12 AÑOS Y MAYORES**

Título del Proyecto titulado: " Aplicación de la termografía Infrarroja en pediatría"

Investigador principal: Francisco Núñez Gómez

Servicio: Pediatría

Yo, \_\_\_\_\_ he sido informado por el Dr. \_\_\_\_\_,  
colaborador del proyecto de Investigación arriba mencionado, y declaro que:

- He leído la Hoja de Información que se me ha entregado
- He podido hacer preguntas sobre el estudio
- He recibido respuestas satisfactorias a mis preguntas
- He recibido suficiente información sobre el estudio

Comprendo que mi participación es voluntaria

Comprendo que todos mis datos serán tratados confidencialmente

Comprendo que puedo retirarme del estudio:

- Cuando quiera
- Sin tener que dar explicaciones
- Sin que esto repercuta en mis cuidados médicos

Con esto doy mi conformidad para participar en este estudio,

Firma del paciente:

Firma del Investigador:

Fecha:

Fecha

## **ANEXO 3: Hoja de recogida de datos**

### **HOJA DE RECOGIDA DE DATOS:**

### **TERMOGRAFÍA EN PEDIATRÍA HCUV**

#### **1. Identificación:**

Día:                      Hora:                      Lugar:

Código numérico:

Iniciales sujeto:

Sexo: Femenino/ Masculino                      Edad:

#### **2. Participación:**

##### **Criterios de inclusión:**

- Edad (1-14 años).
- Diagnóstico médico:
  - Portadores sanos/infección dispositivos externos, tipo catéter venoso central.
  - Problemas vasculares (hemangiomas, malformaciones vasculares).
- Consentimiento informado.

##### **Criterios de exclusión:**

- Reposo imposible.
- Consumo de fármacos vasoactivos y/o bebidas con cafeína.
- Ducha o baño muy frío/caliente en las últimas 2 horas.
- Aplicación de productos cutáneos en zona afectada.
- Masaje, hielo o férula en zona afectada.
- Sol o UV intenso en zona a evaluar.

#### **3. Anamnesis:**

- Tiempo de evolución:
- Parte corporal afectada (incluyendo lado):
- Desencadenante:
- Fiebre:



**4. Antecedentes personales relevantes:**

- RAM:
- Enfermedades:

**5. Exploración clínica:**

- Peso:            - Talla:            - IMC:            - T<sup>a</sup>:            - Humedad:
- Localización:
- Dolor:            - Eritema:            - Tumefacción:            - Calor local:
- Movilidad:
- Otros síntomas relevantes:

**6. Pruebas complementarias (si las tiene):**

- Hemograma:  
Leucocitos            /mm<sup>3</sup> (Neutrófilos            /mm<sup>3</sup>), Hb            g/dL,  
Plaquetas            /mm<sup>3</sup>
- Bioquímica: PCR            (unidades), PCT            (unidades).
- Otros hallazgos relevantes:
- Pruebas microbiológicas:
- Pruebas de imagen:

**7. Diagnóstico:**

**8. Tratamiento:**

## **ANEXO 4: Protocolo de toma de imágenes termográficas en pediatría**

- Información al paciente y padres, y entrega del consentimiento informado.
- Aclimatación: desvestir la zona a evaluar y esperar **10 minutos** para aclimatación. Retirar joyas.
- Cámara termográfica:
  - \* Encenderla 20 minutos antes de usarla.
  - \* **Perpendicular** al paciente (ángulo 90°).
  - \* A **1 metro** del paciente en > 2 años; a **0,5 m** en < 2 años.
  - \* **Emisividad: 0,98**
- Lugar:
  - \* Misma habitación o de tamaño similar.
  - \* Estación meteorológica: Anotar **T<sup>a</sup>** y **humedad** (ideal 24°C y 50%).
- Antecedentes del paciente:
  - \* Evitar al menos 6 horas antes: actividad física, tabaco, café, alcohol o estimulantes.
  - \* Evitar aplicar geles, cremas o sprays, masajes ni tratamientos en la piel de la zona a evaluar.
  - \* Evitar el sol directo o sesiones UV antes de evaluar la zona.
  - \* Evitar el día previo toma de medicamentos (vasoactivos, aspirina, anticonceptivos...).
  - \* Evitar ducha o baño antes de la evaluación.
  - \* No alterar hábitos de descanso ni comidas.
- Toma de imágenes:
  - \* **Zonas de referencia: mentón y frente.**
  - \* **Cuerpo entero.**
  - \* **Zona afecta y contralateral.**
- Patología que se incluye (sospecha o confirmación):
  - \* Portadores sanos/infección de dispositivo externo tipo catéter venoso central.
  - \* Problemas vasculares: hemangiomas, malformaciones vasculares.

**ANEXO 5: Base de datos catéteres venosos centrales**

Paciente	Situación	Edad (años)	Sexo	Lado	TB	TmáxA (°C)	TmínA (°C)	TMA (°C)	DTA (°C)	TmáxS (°C)	TmínS (°C)	TMS (°C)	DTS (°C)	TMF (°C)	TMM (°C)	TAM (°C)	TAMáx (°C)	IT (%)
1	CONTROL PICC	5	M	D	No	33,20	31,50	32,20	0,30	32,90	32,10	32,60	0,10	35,00	35,30	-0,40	0,30	-1,10
2	CONTROL PICC	11	M	D	No	33,70	31,70	32,80	0,30	34,80	31,60	32,80	0,70	35,10	35,20	0,00	-1,10	0,00
3	CONTROL PICC	4	F	I	No	33,50	33,10	33,30	0,10	34,00	33,20	33,60	0,10	34,20	32,50	-0,30	-0,50	-0,87
4	CONTROL PICC	12	M	I	No	33,90	31,10	32,30	0,80	33,80	31,70	32,40	0,40	33,80	33,80	-0,10	0,10	-1,10
5	CONTROL PICC	13	F	I	No	34,50	33,40	34,00	0,00	34,20	32,60	33,60	0,30	35,30	34,40	0,40	0,30	1,10
6	CONTROL PICC	12	M	I	No	33,60	31,50	32,30	0,50	33,70	31,20	32,60	0,70	35,50	34,70	-0,30	-0,10	-0,80
7	CONTROL PICC	5	F	I	No	34,30	31,80	32,90	0,50	34,50	32,30	33,00	0,30	33,80	33,60	-0,10	-0,20	-0,29
8	CONTROL PAC	13	M	D	No	33,00	32,20	32,50	0,20	32,70	32,00	32,40	0,20	34,80	33,00	0,10	0,30	0,28
9	CONTROL PAC	10	F	D	No	34,60	34,10	34,30	0,10	34,60	33,90	34,20	0,10	34,80	33,60	0,10	0,00	0,28
10	CONTROL PAC	8	F	D	No	33,20	32,10	32,90	0,20	33,30	32,60	32,90	0,20	32,90	33,50	0,00	-0,10	0,00
11	CONTROL PAC	9	F	D	No	35,20	33,90	34,40	0,30	36,20	35,00	35,60	0,20	35,60	34,90	-1,20	-1,00	-3,37

*Aplicación de la Termografía Infrarroja en Pediatría*

Paciente	Situación	Edad (años)	Sexo	Lado	TB	TmáxA (°C)	TmínA (°C)	TMA (°C)	DTA (°C)	TmáxS (°C)	TmínS (°C)	TMS (°C)	DTS (°C)	TMF (°C)	TMM (°C)	TAM (°C)	TAMáx (°C)	IT (%)
12	CONTROL PAC	5	F	D	No	34,20	33,30	33,80	0,20	33,90	33,00	33,40	0,20	36,00	36,00	0,30	0,40	1,10
13	CONTROL PAC	13	F	D	No	36,00	35,30	35,70	0,10	35,60	34,80	35,20	0,20	35,30	35,00	0,50	0,40	1,40
14	CONTROL PAC	9	F	D	No	36,60	35,50	36,10	0,20	35,70	34,70	35,20	0,20	35,30	35,30	0,90	0,90	2,50
15	CONTROL PAC	9	F	D	No	34,90	32,70	33,80	0,50	33,40	32,30	32,80	0,30	34,60	32,80	1,00	1,50	2,80
16	CONTROL PAC	12	M	D	No	34,00	33,50	33,80	0,10	34,10	33,50	33,80	0,10	34,50	33,20	0,00	-0,10	0,00
17	CONTROL PAC	8	F	D	No	35,50	34,60	35,00	0,20	35,70	34,70	35,00	0,20	34,40	34,10	0,00	-0,20	0,00
18	CONTROL PAC	7	F	D	No	36,10	35,20	35,70	0,20	35,80	35,40	35,60	0,10	35,60	34,10	0,10	0,30	0,28
19	CONTROL PAC	5	F	D	No	35,70	32,90	34,80	0,40	35,10	33,80	34,50	0,30	35,10	34,90	0,30	0,60	0,85
20	CONTROL PAC	12	F	D	No	34,90	33,60	34,30	0,40	35,10	34,10	34,40	0,20	34,00	32,80	-0,10	-0,20	-0,29
21	CONTROL PAC	12	M	I	No	33,50	31,10	32,10	0,60	33,90	30,80	32,10	0,80	34,30	34,20	0,00	-0,40	0,00
22	CONTROL PAC	6	F	I	No	33,10	32,60	32,90	0,10	33,00	32,40	32,70	0,10	34,70	34,00	0,20	0,10	0,57
23	CONTROL PAC	3	F	I	No	35,80	34,70	35,20	0,20	35,70	34,80	35,20	0,20	34,40	32,90	0,00	0,10	0,00

Paciente	Situación	Edad (años)	Sexo	Lado	TB	TmáxA (°C)	TmínA (°C)	TMA (°C)	DTA (°C)	TmáxS (°C)	TmínS (°C)	TMS (°C)	DTS (°C)	TMF (°C)	TMM (°C)	TAM (°C)	TAMáx (°C)	IT (%)
24	CONTROL PAC	7	F	I	No	37,00	36,30	36,60	0,10	37,10	36,20	36,50	0,20	35,60	36,70	0,10	-0,10	0,28
25	CONTROL HICKMAN	14	F	D	No	37,10	33,90	36,20	0,50	37,30	35,60	36,40	0,50	35,70	35,80	-0,20	-0,20	-0,56
26	CONTROL HICKMAN	12	F	I	No	33,60	32,40	32,80	0,30	34,40	33,70	34,00	0,10	34,00	32,80	-1,20	-0,80	-3,50
27	CONTROL HICKMAN	13	F	I	No	34,60	33,50	34,10	0,30	33,90	33,30	33,60	0,10	36,00	36,00	0,50	0,70	1,30
28	INFECCIÓN PICC	14	F	I	No	36,30	32,20	34,10	1,00	34,80	31,90	33,60	0,50	35,30	34,60	0,50	1,50	1,41
28	CONTROL INFECCIÓN PICC	14	F	I	No	34,90	30,90	32,60	1,00	34,70	31,90	33,20	0,60	34,80	34,10	-0,60	0,20	-1,72
29	INFECCIÓN PICC	8	M	I	Si	37,20	34,70	36,00	0,50	36,30	33,60	35,60	0,50	36,00	34,20	0,40	0,90	1,10
29	CONTROL INFECCIÓN PICC	8	M	I	Si	35,30	32,60	33,80	0,70	35,30	33,40	34,50	0,40	35,10	34,70	-0,70	0,00	-1,99
30	INFECCIÓN PICC	6	F	D	No	36,10	32,60	34,20	0,50	34,20	32,80	33,40	0,30	35,50	34,70	0,80	1,90	2,25
30	CONTROL INFECCIÓN PICC	6	F	D	No	35,40	34,50	35,00	0,20	35,70	34,40	35,30	0,30	35,10	34,90	-0,30	-0,30	-0,85
31	INFECCIÓN PICC	12	M	I	Si	34,60	32,10	33,60	0,50	34,30	32,50	33,30	0,40	34,80	33,90	0,30	0,30	0,86
31	CONTROL INFECCIÓN PICC	12	M	I	Si	33,00	31,40	32,10	0,40	33,80	29,60	32,90	0,40	35,00	34,50	-0,80	-0,80	-2,28

*Aplicación de la Termografía Infrarroja en Pediatría*

Paciente	Situación	Edad (años)	Sexo	Lado	TB	TmáxA (°C)	TmínA (°C)	TMA (°C)	DTA (°C)	TmáxS (°C)	TmínS (°C)	TMS (°C)	DTS (°C)	TMF (°C)	TMM (°C)	TAM (°C)	TAMáx (°C)	IT (%)
32	INFECCIÓN PAC	8	M	D	No	36,10	34,40	35,00	0,40	36,70	36,30	36,50	0,10	36,60	36,90	-1,50	-0,60	-4,09
32	CONTROL INFECCIÓN PAC	8	M	D	No	34,40	33,70	34,20	0,10	34,30	33,80	34,10	0,10	34,90	34,80	0,10	0,10	0,28
33	INFECCIÓN PAC	3	M	D	No	36,00	33,20	34,40	0,80	37,30	36,90	37,10	0,10	36,60	36,40	-2,70	-1,30	-7,30
33	CONTROL INFECCIÓN PAC	3	M	D	No	37,40	36,20	36,80	0,30	37,80	36,80	37,40	0,20	36,10	36,80	-0,60	-0,40	-1,60
34	INFECCIÓN HICKMAN	8	M	D	No	35,70	34,50	35,00	0,20	36,90	35,70	36,50	0,20	33,50	34,40	-1,50	-1,20	-4,47
34	CONTROL INFECCIÓN HICKMAN	8	M	D	No	36,40	35,50	36,10	0,20	36,60	35,50	36,10	0,30	35,40	35,90	0,00	-0,20	0,00

Num: Número. M: Masculino. F: Femenino. I: Izquierdo. D: Derecho. TB: Trombosis. TmáxA: Temperatura máxima de la zona afecta. TmínA: Temperatura mínima de la zona afecta. TMA: Temperatura media de la zona afecta. DTA: Desviación típica de la zona afecta. TmáxS: Temperatura máxima de la zona sana. TmínS: Temperatura mínima de la zona sana. TMS: Temperatura media de la zona sana. DTS: Desviación típica de la zona sana. TMF: Temperatura media de la frente. TMM: Temperatura media del mentón. TAM: Diferencia de temperaturas medias entre ROIs homólogas. TAMáx: Diferencia de la Temperatura máxima de ROIs homólogas. IT: Índice Térmico.

## ANEXO 6: Base de datos hemangiomas

Paciente	Sx	Edad (meses)	L	F	Nº	Tipo	Lc	Gemelar	FIV	PN (kg)	Pm	EG (semanas)	Eco	R Eco	Tto previo	Tto actual	T tto (meses)
35	M	7	I	P	Mu	Sp	CC	Si	No	2,35	si	36,00	Si	Positivo	si	si	5,00
36	M	10	I	P	Mu	Mx	CC	No	No	3,10	no	38,00	Si	Negativo	si	si	-
37	F	3	I	P	Mu	Mx	CC	No	No	4,25	no	40,00	No	-	no	si	6,00
38	F	3	D	P	U	Pr	CC	No	No	2,70	no	37,00	Si	Positivo	no	si	9,00
39	F	15	D	P	Mu	Mx	CC	No	No	3,70	no	39,00	Si	Positivo	no	si	-
40	F	6	D	P	U	Mx	CC	No	No	2,80	no	37,00	Si	Positivo	no	si	12,00
41	F	5	D	P	Mu	Mx	CC	No	No	3,40	no	41,00	No	-	no	si	-
42	M	5	I	P	U	Mx	CC	No	No	3,30	no	38,00	Si	Positivo	no	si	14,00
43	F	2	I	P	U	Mx	CC	Si	No	2,40	si	-	Si	Positivo	no	si	-
44	M	2	D	P	Mu	Sp	CC	-	-	-	-	-	Si	Negativo	si	si	-
45	M	7	D	P	U	Pf	CC	No	No	2,48	si	35,00	Si	Positivo	no	si	-
46	F	13	D	P	U	Pf	CC	No	No	1,89	si	34,00	Si	Positivo	no	si	14,00
47	M	3	C	P	U	Mx	CC	No	No	3,70	no	39,00	Si	Positivo	no	si	-
48	F	4	I	P	Mu	Mx	CC	No	No	3,50	no	-	Si	Positivo	si	si	6,00
49	M	4	I	P	U	Sp	CC	No	No	2,25	no	37,00	No	-	no	si	7,00

*Aplicación de la Termografía Infrarroja en Pediatría*

Paciente	Sx	Edad (meses)	L	F	Nº	Tipo	Lc	Gemelar	FIV	PN (kg)	Pm	EG (semanas)	Eco	R Eco	Tto previo	Tto actual	T tto (meses)
50	F	6	I	P	U	Mx	T	No	No	3,14	no	40,00	Si	Positivo	si	si	-
51	F	9	C	P	Mu	Mx	T	No	No	2,14	si	33,00	Si	Positivo	si	si	-
52	M	132	C	R	U	Sp	T	No	-	-	-	-	No	-	no	no	-
53	F	9	D	P	Mu	Mx	T	No	No	3,57	no	39,00	Si	Positivo	no	si	-
54	F	6	D	P	U	Sp	T	No	No	3,04	no	38,00	Si	Positivo	no	si	-
55	M	5	D	P	U	Sp	MMII	-	SI	1,01	si	28,00	No	-	no	si	8,00
56	M	7	I	P	Mu	Sp	MMSS	Si	No	2,35	si	36,00	Si	Positivo	si	si	5,00

Sx: Sexo. M: Masculino. F: Femenino. L: Lado. C: Centro. D: Derecha. I: Izquierda. F: Fase. P: Proliferativa. R: Residual. Nº: Número. U: Único. Mu: Múltiple. Sp: Superficial. Mx: Mixto. Pf: Profundo. Lc: Localización. CC: Cabeza/cara. T: Tronco. MMII: Miembros inferiores. MMSS: Miembros superiores. FIV: Fecundación in vitro. PN: Peso al nacimiento. Pm: Prematuridad. EG: Edad gestacional. Eco: Ecografía. R Eco: Resultado ecografía. Tto previo: Tratamiento previo. Tto actual: Tratamiento actual. T tto: Tiempo de tratamiento.



Paciente	TmáxA Dx (°C)	TmínA Dx(°C)	TMA Dx (°C)	DTA Dx (°C)	TmáxS Dx (°C)	TmínS Dx (°C)	TMS Dx (°C)	SVS Dx (°C)	TMF Dx (°C)	TMM Dx (°C)	TAM Dx (°C)	TAMáx Dx (°C)	IT Dx (%)
35	36,80	35,80	36,40	0,30	35,80	34,60	35,1	0,30	35,70	35,10	1,30	1,00	3,64
36	36,80	35,60	36,50	0,20	35,80	32,90	35	0,60	34,60	34,10	1,50	1,00	4,34
37	36,50	35,00	36,00	0,40	33,80	32,70	33,1	0,30	34,50	33,40	2,90	2,70	8,41
38	37,00	36,30	36,60	0,10	36,80	34,50	35,6	0,40	35,10	32,90	1,00	0,20	2,85
39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	38,00	37,50	37,80	0,10	36,10	34,30	35,4	0,30	35,90	30,30	2,40	1,90	6,69
41	37,40	35,80	37,00	0,30	36,70	33,10	34,1	0,70	35,20	36,10	2,90	0,70	8,24
42	37,60	37,10	37,30	0,10	36,60	35,80	36,2	0,20	36,30	35,60	1,10	1,00	3,03
43	38,10	36,90	37,60	0,20	36,40	35,60	36	0,10	37,00	34,40	1,60	1,70	4,32
44	36,70	35,70	36,30	0,20	35,40	33,00	34,1	0,60	35,70	34,70	2,20	1,30	6,16
45	37,70	36,70	37,30	0,20	36,80	35,90	36,5	0,20	35,60	33,00	1,00	0,90	2,80
46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
47	38,00	36,90	37,40	0,30	36,70	35,70	36,1	0,30	36,10	34,50	1,30	1,30	3,60
48	35,60	34,60	35,20	0,20	35,00	33,50	34,4	0,20	35,10	-	0,80	0,60	2,28
49	36,90	35,80	36,60	0,20	35,70	35,10	35,4	0,10	35,20	33,50	1,20	1,20	3,41
50	37,90	36,30	37,40	0,20	36,10	34,70	35,5	0,20	35,40	33,70	1,90	1,80	5,37

*Aplicación de la Termografía Infrarroja en Pediatría*

Paciente	TmáxA Dx (°C)	TmínA Dx(°C)	TMA Dx (°C)	DTA Dx (°C)	TmáxS Dx (°C)	TmínS Dx (°C)	TMS Dx (°C)	SVS Dx (°C)	TMF Dx (°C)	TMM Dx (°C)	TAM Dx (°C)	TAMáx Dx (°C)	IT Dx (%)
51	37,00	36,30	36,70	0,10	35,70	35,10	35,5	0,10	35,80	34,30	1,20	1,30	3,35
52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
53	37,60	36,10	37,10	0,20	35,60	34,60	35,3	0,10	36,20	35,90	1,80	2,00	4,97
54	37,30	35,80	36,90	0,30	35,80	34,50	35,5	0,20	35,80	34,30	1,40	1,50	3,91
55	36,70	35,30	36,00	0,30	34,60	34,00	34,3	0,10	35,50	35,90	1,70	2,10	4,79
56	36,30	35,50	36,00	0,20	34,70	34,30	34,5	0,10	35,70	35,10	1,50	1,60	4,20

TmáxA Dx: Temperatura máxima de la zona afectada al diagnóstico. TmínA Dx: Temperatura mínima de la zona afectada al diagnóstico. TMA Dx: Temperatura media de la zona afectada al diagnóstico. DTA Dx: Desviación típica de la zona afectada al diagnóstico. TmáxS Dx: Temperatura máxima de la zona sana al diagnóstico. TmínS: Temperatura mínima de la zona sana al diagnóstico. TMS Dx: Temperatura media de la zona sana al diagnóstico. DTS Dx: Desviación típica de la zona sana al diagnóstico. TMF Dx: Temperatura media de la frente al diagnóstico. TMM Dx: Temperatura media del mentón al diagnóstico TAM Dx: Diferencia de temperaturas medias entre ROIs homólogas al diagnóstico. TAMáx Dx: Diferencia de la Temperatura máxima de ROIs homólogas al diagnóstico. IT Dx: Índice Térmico al diagnóstico.

Paciente	T C1 (meses)	TmáxA C1 (°C)	TminA C1 (°C)	TMA C1 (°C)	DTA C1 (°C)	TmáxS C1 (°C)	TminS C1 (°C)	TMS C1 (°C)	DTS C1 (°C)	TMF C1 (°C)	TMM C1 (°C)	TAM C1 (°C)	TAMáx C1 (°C)	IT C1 (%)
35	2	36,60	35,00	36,20	0,30	35,30	33,20	34,50	0,50	34,60	32,00	1,70	1,30	4,91
36	2	33,80	31,70	32,60	0,60	34,40	32,40	33,50	0,60	33,90	32,50	-0,90	-0,60	-2,65
37	1	34,50	32,90	33,80	0,40	32,60	30,60	31,60	0,50	34,40	31,50	2,20	1,90	6,40
38	9,5	34,90	33,10	34,20	0,50	35,20	32,70	33,90	0,60	34,60	31,70	0,30	-0,30	0,87
39	13	36,20	33,50	34,70	0,70	34,30	32,30	33,50	0,40	34,80	33,80	1,20	1,90	3,45
40	1	37,30	35,40	36,90	0,30	35,20	32,70	33,70	0,50	35,30	33,60	3,20	2,10	9,07
41	2,5	31,60	29,30	30,10	0,60	32,00	30,00	30,70	0,40	34,20	33,30	-0,60	-0,40	-1,75
42	1	36,90	35,90	36,50	0,20	34,30	32,20	33,00	0,50	35,80	-	3,50	2,60	9,78
43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
46	10	37,00	36,00	36,60	0,30	36,40	35,40	36,00	0,20	34,20	34,60	0,60	0,60	1,75
47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
49	1	36,70	36,20	36,50	0,10	35,80	34,50	35,10	0,30	35,20	33,50	1,40	0,90	3,98
50	1,5	37,50	35,70	37,00	0,30	35,50	34,70	35,20	0,20	35,40	33,70	1,80	2,00	5,08

*Aplicación de la Termografía Infrarroja en Pediatría*

Paciente	T C1 (meses)	TmáxA C1 (°C)	TmínA C1 (°C)	TMA C1 (°C)	DTA C1 (°C)	TmáxS C1 (°C)	TmínS C1 (°C)	TMS C1 (°C)	DTS C1 (°C)	TMF C1 (°C)	TMM C1 (°C)	TAM C1 (°C)	TAMáx C1 (°C)	IT C1 (%)
51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
52	-	35,70	35,10	35,40	0,10	36,10	35,50	35,90	0,10	36,00	-	-0,50	-0,40	-1,39
53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
54	5	34,40	33,90	34,10	0,10	34,90	34,60	34,70	0,10	35,50	-	-0,60	-0,50	-1,69
55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
56	2	35,70	34,90	35,40	0,20	33,50	32,90	33,20	0,10	34,60	32,00	2,20	2,20	6,36

T C1: Tiempo hasta el primer control. TmáxA C1: Temperatura máxima de la zona afectada en el primer control. TmínA C1: Temperatura mínima de la zona afectada en el primer control. TMA C1: Temperatura media de la zona afectada en el primer control. DTA C1: Desviación típica de la zona afectada en el primer control. TmáxS C1: Temperatura máxima de la zona sana en el primer control. TmínS C1: Temperatura mínima de la zona sana en el primer control. TMS C1: Temperatura media de la zona sana en el primer control. DTS C1: Desviación típica de la zona sana en el primer control. TMF C1: Temperatura media de la frente en el primer control. TMM C1: Temperatura media del mentón. en el primer control. TAM C1: Diferencia de temperaturas medias entre ROIs homólogas en el primer control. TAMáx C1: Diferencia de la Temperatura máxima de ROIs homólogas en el primer control. IT C1: Índice Térmico en el primer control.

## ANEXO 7: Base de datos malformaciones vasculares

Paciente	Tipo	Sx	Edad (años)	L	Lc	TmáxA Dx (°C)	TmínA Dx (°C)	TMA Dx (°C)	DTA Dx (°C)	TmáxS Dx (°C)	TmínS Dx (°C)	TMS Dx (°C)	DTS Dx (°C)	TMF Dx (°C)	TMM Dx (°C)	TAM Dx (°C)	TAMáx Dx (°C)	IT Dx (%)
57	MV	M	4	D	MMSS	35,00	34,30	34,70	0,10	34,50	33,40	33,80	0,30	35,40	34,30	0,90	0,50	2,54
58	MV	M	2	D	T	36,90	35,50	36,40	0,40	35,10	34,30	34,80	0,20	35,20	35,00	1,60	1,80	4,55
59	MV	F	1	D	H	33,40	31,30	32,40	0,40	29,40	28,70	29,00	0,10	34,40	0,00	3,40	4,00	9,88
60	MV	M	12	D	MMSS	34,30	33,50	33,90	0,20	33,40	32,20	32,80	0,30	35,60	34,00	1,10	0,90	3,09
61	MV	M	14	D	MMSS	34,90	32,30	34,00	0,60	34,20	32,30	33,10	0,40	35,60	34,80	0,90	0,70	2,53
62	ML	M	7	I	MMSS	34,40	33,70	34,00	0,20	34,70	33,80	34,20	0,20	35,80	34,70	-0,40	-0,50	-1,10
63	MC	F	0,08 (1 mes)	D	H	34,30	33,80	34,10	0,10	33,60	33,10	33,40	0,10	34,20	34,20	0,70	0,70	2,05
64	MM	M	5	I	MMII	32,50	32,10	32,30	0,10	32,00	31,30	31,70	0,10	34,80	32,80	0,60	0,50	1,72

Sx: Sexo. L: Lado. Lc: Localización. MV: Malformación venosa. ML: Malformación linfática. MC: Malformación capilar. MM: Malformación mixta. D: Derecho. I: Izquierdo. Lc: Localización. MMSS: Miembros superiores. T: Tronco. H: Hemicuerpo. MMII: Miembros inferiores. TmáxA Dx: Temperatura máxima de la zona afecta al diagnóstico. TmínA Dx: Temperatura mínima de la zona afecta al diagnóstico. TMA Dx: Temperatura media de la zona afecta al diagnóstico. DTA Dx: Desviación típica de la zona afecta al diagnóstico. TmáxS Dx: Temperatura máxima de la zona sana al diagnóstico. TmínS Dx: Temperatura mínima de la zona sana al diagnóstico. TMS Dx: Temperatura media de la zona sana al diagnóstico. DTS Dx: Desviación típica de la zona sana al diagnóstico. TMF Dx: Temperatura media de la frente al diagnóstico. TMM Dx: Temperatura media del mentón al diagnóstico. TAM Dx: Diferencia de temperaturas medias entre ROIs homólogas al diagnóstico. TAMáx Dx: Diferencia de la Temperatura máxima de ROIs homólogas al diagnóstico. IT Dx: Índice Térmico al diagnóstico.

*Aplicación de la Termografía Infrarroja en Pediatría*

Paciente	TC1 (meses)	TmáxA C1 (°C)	TmínA C1 (°C)	TMA C1 (°C)	DTA C1 (°C)	TmáxS C1 (°C)	TmínS C1 (°C)	TMS C1 (°C)	DTS C1 (°C)	TMF C1 (°C)	TMM C1 (°C)	TAM C1 (°C)	TAMáx C1 (°C)	IT C1 (%)
57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60	7	32,20	31,10	31,60	0,20	32,50	31,00	31,80	0,40	34,10	32,50	-0,20	-0,30	-0,59
61	0,5	36,90	34,50	35,80	0,60	36,30	35,40	35,70	0,20	35,60	34,80	0,10	0,60	0,20
62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
63	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

T C1: Tiempo hasta el primer control. TmáxA C1: Temperatura máxima de la zona afecta en el primer control. TmínA C1: Temperatura mínima de la zona afecta en el primer control TMA C1: Temperatura media de la zona afecta en el primer control. DTA C1: Desviación típica de la zona afecta en el primer control. TMáxS C1: Temperatura máxima de la zona sana en el primer control. TmínS C1: Temperatura mínima de la zona sana en el primer control. TMS C1: Temperatura media de la zona sana en el primer control. DTS C1: Desviación típica de la zona sana en el primer control. TMF C1: Temperatura media de la frente en el primer control TMM C1: Temperatura media del mentón. en el primer control TAM C1: Diferencia de temperaturas medias entre ROIs homólogas en el primer control. TAMáx C1: Diferencia de la temperatura máxima de ROIs homólogas en el primer control. IT C1: Índice Térmico en el primer control.

## ANEXO 8: Imágenes termográficas

### 1. Controles CVC

#### 1.1. Catéter venoso central tipo PICC

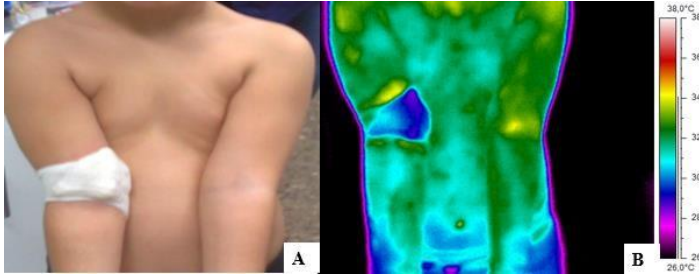


Figura 40: Paciente 1. A. Fotografía: PICC en brazo derecho. B. Imagen termográfica: discreta disminución de temperatura en brazo con CVC respecto contralateral.

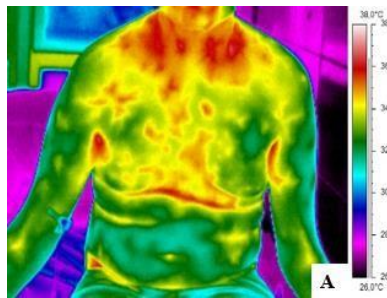


Figura 41: Paciente 2. PICC brazo derecho. A. Imagen termográfica: no existen diferencias de temperatura entre zona pericatéter CVC y contralateral. 191

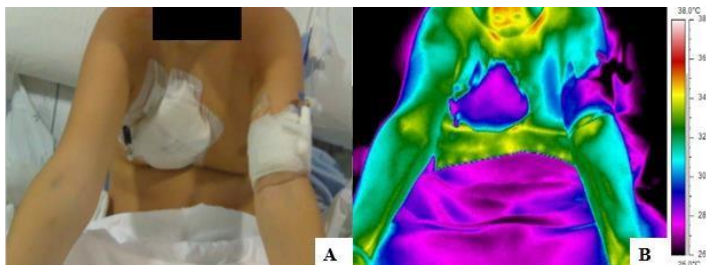


Figura 42: Paciente 4. A. Fotografía: PICC en brazo izquierdo. B. Imagen termográfica: discreta disminución de temperatura en zona con CVC respecto contralateral.

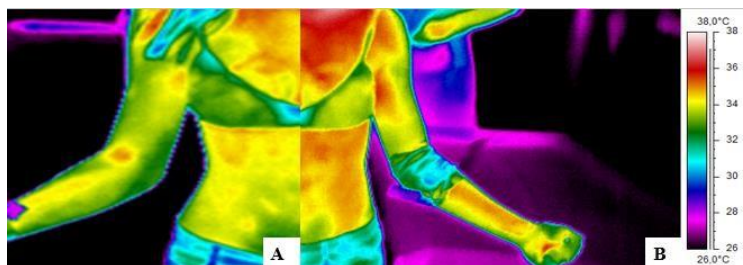


Figura 43: Paciente 5. PICC brazo izquierdo. A y B. Imagen termográfica: discreto aumento de temperatura en zona con CVC respecto contralateral.

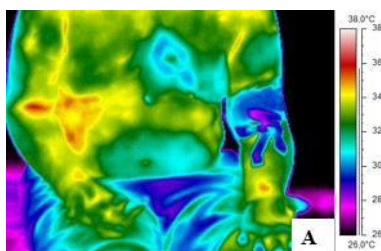


Figura 44: Paciente 6. PICC brazo izquierdo. A. Imagen termográfica: discreta disminución de temperatura en zona pericatéter CVC respecto contralateral.

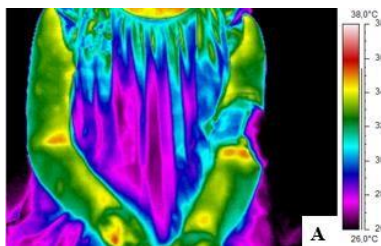


Figura 45: Paciente 7. PICC brazo izquierdo. A. Imagen termográfica: discreta disminución de temperatura en zona pericatéter CVC respecto contralateral.



## 1.2. Catéter venoso central tipo PAC

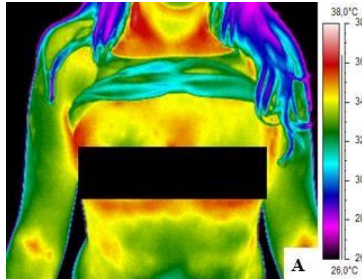


Figura 46: Paciente 9. PAC derecho. A. Imagen termográfica: sin diferencias de temperatura entre zona del PAC y contralateral.

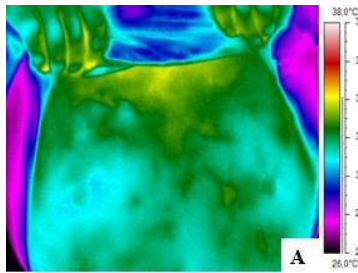


Figura 47: Paciente 10. PAC derecho. A. Imagen termográfica: sin cambios de temperatura entre zona del PAC y contralateral.

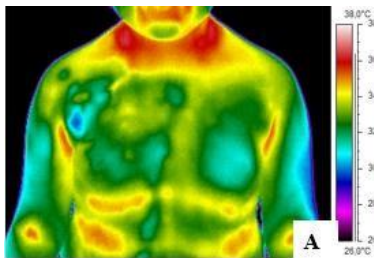


Figura 47: Paciente 12. PAC derecho. A. Imagen termográfica: discreto aumento de temperatura en la zona del PAC respecto a la contralateral.

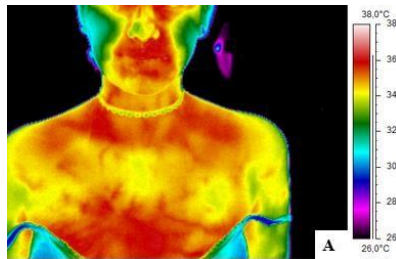


Figura 48: Paciente 13. PAC derecho. A. Imagen termográfica: discreto aumento de temperatura en la zona del PAC respecto a la contralateral.

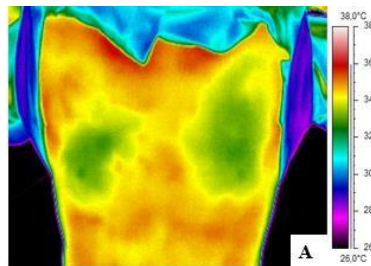


Figura 49: Paciente 16. PAC derecho. A. Imagen termográfica: prácticamente sin diferencias de temperatura entre la zona del PAC y la contralateral.

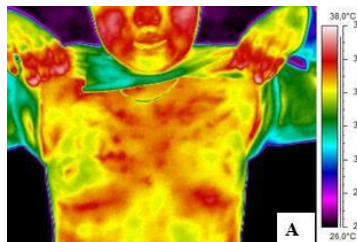


Figura 50: Paciente 17. PAC derecho. A. Imagen termográfica: sin diferencia de temperatura entre la zona del PAC y la contralateral.



Figura 51: Paciente 18. PAC derecho. A. Imagen termográfica: sin diferencia de temperatura entre la zona del PAC y la contralateral.

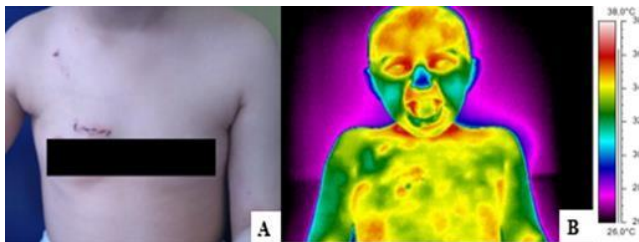


Figura 52: Paciente 19. A. Fotografía: Cicatriz PAC derecho. B. Imagen termográfica: no se aprecian prácticamente diferencias de temperatura entre la zona del PAC y la contralateral.

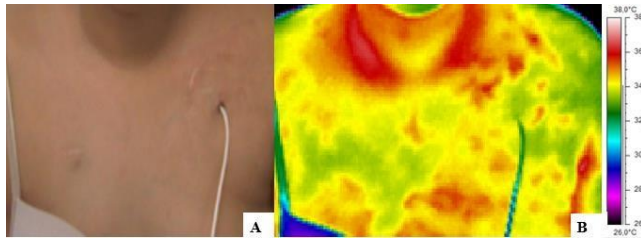


Figura 53: Paciente 20. A. Fotografía: Cicatriz PAC derecho y entrada Hickman izquierdo. B. Imagen termográfica: sin prácticamente diferencias de temperatura entre zona del PAC y contralateral.

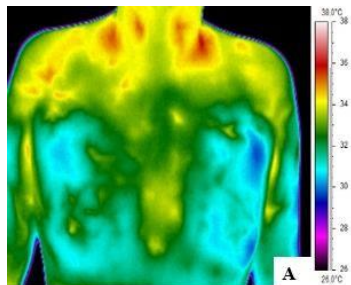


Figura 54: Paciente 21. PAC izquierdo. A. Imagen termográfica: sin diferencias de temperatura entre zona del PAC y contralateral.

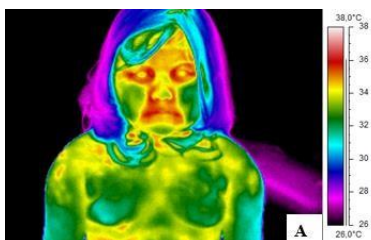


Figura 55: Paciente 22. PAC izquierdo. A. Imagen termográfica: sin diferencias de temperatura entre zona del PAC y contralateral.

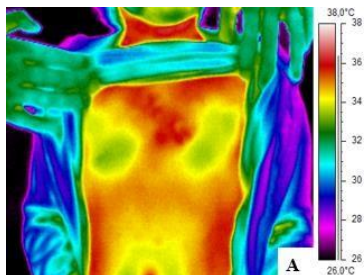


Figura 56: Paciente 23. PAC izquierdo. A. Imagen termográfica: sin diferencias de temperatura entre zona del PAC y contralateral.



Figura 57: Paciente 24. PAC izquierdo. A. Imagen termográfica: se aprecia PAC cubierto con apósito, pinchado con aguja tipo gripper y conectado a sistema de infusión. No se aprecian prácticamente diferencias de temperatura entre zona superior del PAC y contralateral.

### 1.3. Catéter venoso central tipo Hickman

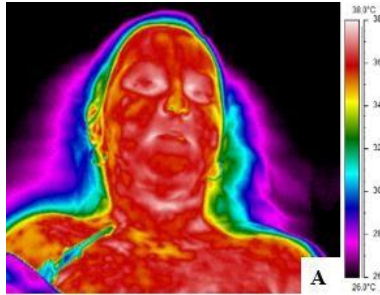


Figura 58: Paciente 25. Hickman derecho. A. Imagen termográfica: discreta disminución de temperatura en región pericatéter y zona contralateral.

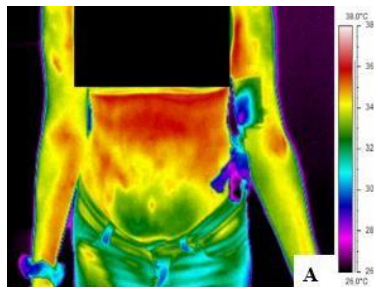


Figura 59: Paciente 27. Hickman izquierdo. A. Imagen termográfica: discreto aumento de temperatura en región pericatéter respecto a zona contralateral.

## 2. Infección y seguimiento

### 2.1. Catéter venoso central tipo PICC

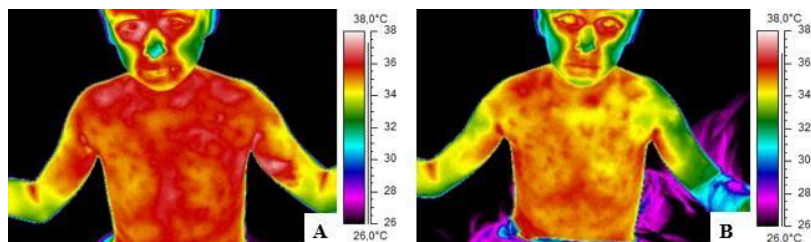


Figura 60: Paciente 29. Infección PICC izquierdo (retirado). A y B. Imágenes termográficas: A. Diagnóstico: aumento de temperatura en brazo izquierdo respecto al derecho. B. Seguimiento (24 h): disminución de temperatura en brazo afecto respecto al diagnóstico. Imágenes de ecografía no disponibles: vena basílica con contenido ecogénico, no compresible, con catéter en su interior y sin flujo en relación con tromboflebitis.

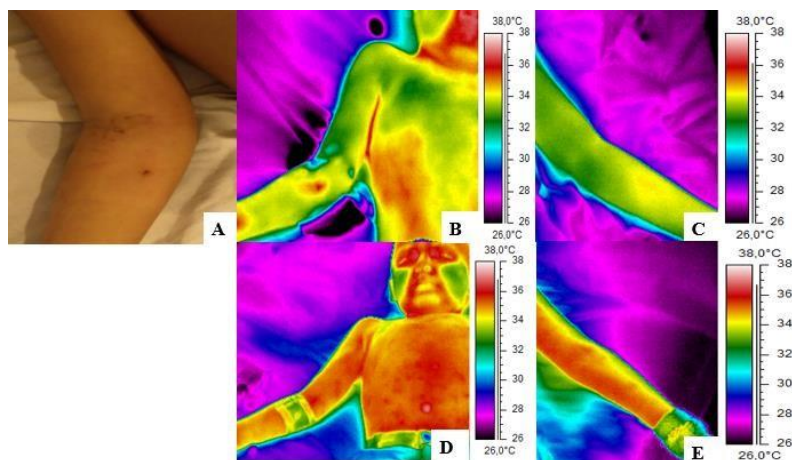


Figura 61: Paciente 30. Infección PICC derecho (retirado). A-C. Imágenes al diagnóstico. A. Fotografía: cicatriz en antebrazo derecho en punto de inserción de PICC (ya retirado), con leve eritema. B y C. Imágenes termográficas: aumento de temperatura en brazo derecho (B) respecto al izquierdo (C). D y E. Seguimiento (24 h): disminución de temperatura en brazo afecto (D) respecto al diagnóstico y respecto al contralateral sano (E). Imágenes de ecografía no disponibles: CVC con acceso periférico en vena basílica de antebrazo derecho, observándose discretos signos de edema de partes blandas. No signos de trombosis en el trayecto del catéter, constatándose permeabilidad de vena basílica, y venas axilar y subclavia derechas.

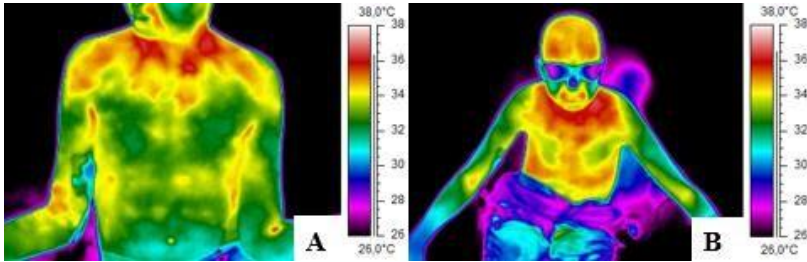


Figura 62: Paciente 31. Infección PICC izquierdo (retirado). A y B. Imágenes termográficas: A. Diagnóstico: discreto aumento de temperatura en brazo izquierdo respecto a contralateral. B. Seguimiento (8 días): sin asimetrías térmicas entre zona afecta y contralateral sana. Imágenes de ecografía no disponibles: tercio distal de vena basilíca, vena axilar y tramo más distal de subclavia izquierda, aumentadas de calibre con material ecogénico alrededor de catéter, no compresibles, en relación con trombosis a ese nivel.

## 2.2. Catéter venoso central tipo PAC

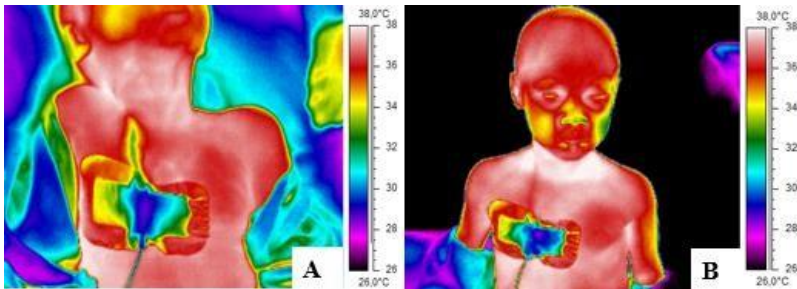


Figura 63: Paciente 33. Infección PAC derecho. A y B. Imágenes termográficas: A. Diagnóstico: disminución de temperatura en el trayecto del catéter, respecto la zona contralateral. B. Seguimiento (24 h): menor asimetría térmica que al diagnóstico entre zona CVC y contralateral.



### 3. Hemangiomas

#### 3.1. Cabeza/cara:

##### Zona peribucal

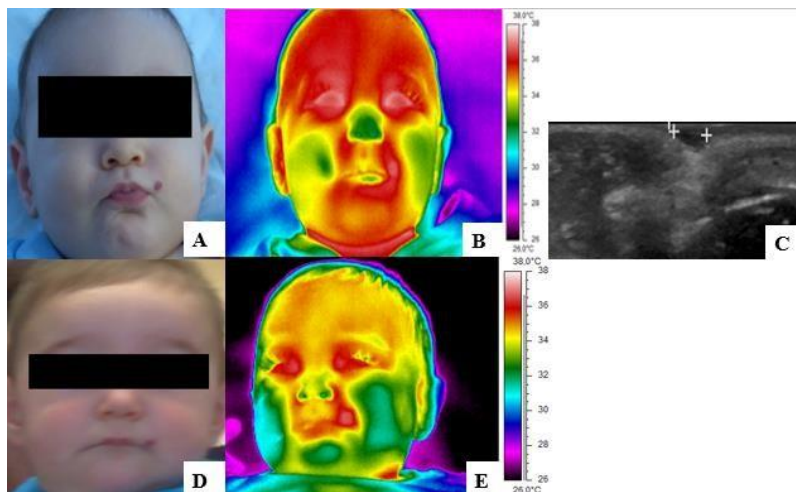


Figura 64: Paciente 35. A-C. Imágenes al diagnóstico. A. Fotografía: hemangioma en parte izquierda del labio superior, discretamente sobreelevado, < de 0.5 cm de diámetro, de coloración rojo intensa, bordes bien definidos y sin deformar la morfología del labio. B. Imagen termográfica: aumento de temperatura en la zona del hemangioma. C. Ecografía: LOE 3,5x2 mm, en hemilabio superior izquierdo, sugestiva de hemangioma. No se realiza Ecografía Doppler dado el pequeño tamaño y la situación de la lesión. D-E. Imágenes seguimiento (2 meses). D. Fotografía: disminución del hemangioma en volumen, coloración discretamente más clara. E. Imagen termográfica: aumento de temperatura en la zona del hemangioma respecto a contralateral sana.



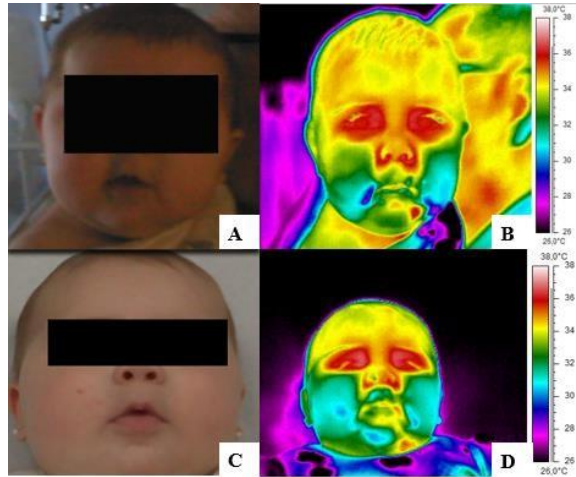


Figura 65: Paciente 37. A-B. Imágenes al diagnóstico. A. Fotografía: hemangioma en mentón con extensión a cara interna del labio inferior izquierdo, la lesión es nodular con coloración violácea. B. Imagen termográfica: aumento de temperatura en la zona del hemangioma. C-D. Imágenes seguimiento (1 mes). C. Fotografía: disminución del tamaño del hemangioma. D. Imagen termográfica: aumento de temperatura en la zona del hemangioma, pero disminución respecto al diagnóstico.

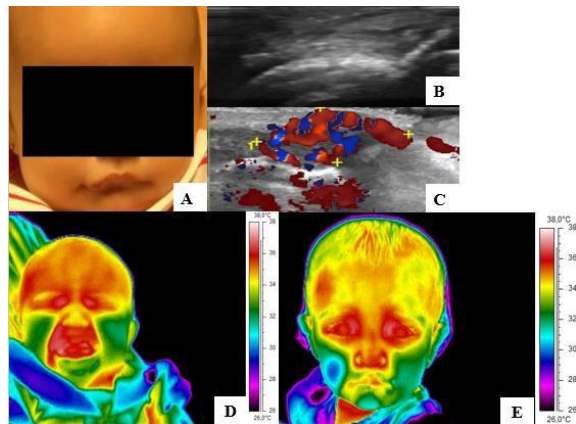


Figura 66: Paciente 38. A-D. Imágenes al diagnóstico. A. Fotografía: hemangioma en parte derecha del labio superior, profundo y con discreta deformación de la morfología del labio. B. Ecografía: LOE homogénea de 1,5x0,8 cm, situada en el labio superior lateral derecho. C. Ecografía Doppler: gran densidad de vasos, compatible con hemangioma en crecimiento. D. Imagen termográfica: aumento de temperatura en la zona del hemangioma. E. Imagen termográfica seguimiento (9 meses): sin diferencias térmicas entre la zona del hemangioma y la sana.

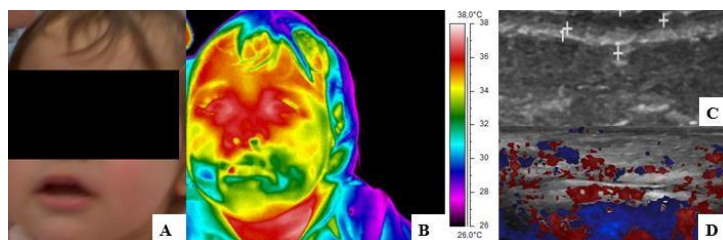


Figura 67: Paciente 39. A-D. Imágenes seguimiento (13 meses). A. Fotografía: hemangioma profundo en labio superior derecho. B. Imagen termográfica: aumento de temperatura en la zona afectada por el hemangioma. C. Ecografía: Prácticamente sin alteraciones. No masa de partes blandas en labio superior. D. Ecografía Doppler: discreto aumento de la vascularización en labio superior derecho.

### **Zona periauricular**

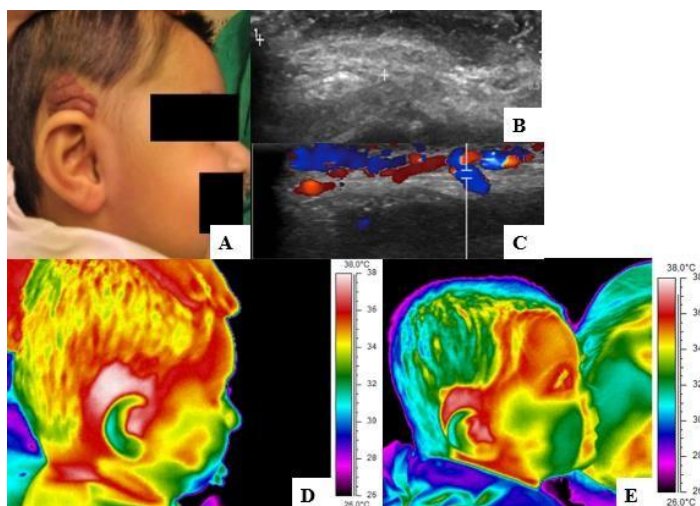


Figura 68: Paciente 40. A-D. Imágenes al diagnóstico. A. Fotografía: hemangioma retro y supraauricular derecho de 2x3 cm, con coloración rojiza-violácea, sobreelevado y con bordes mal delimitados. B. Ecografía: LOE retro y supraauricular derecha de 2,3x0,8 cm, homogénea y mal delimitada. C. Ecografía Doppler: importante vascularización en su interior, identificando flujo tanto venoso, como arterial de altas velocidades pico sistólicas y bajos índices de resistencia, compatible con hemangioma. D. Imagen termográfica: aumento de temperatura en la zona del hemangioma. E. Imagen termográfica seguimiento (1 mes): aumento de temperatura en la zona del hemangioma, respecto la contralateral sana. Mediante análisis cualitativo de la imagen impresiona de disminución de temperatura respecto al diagnóstico.

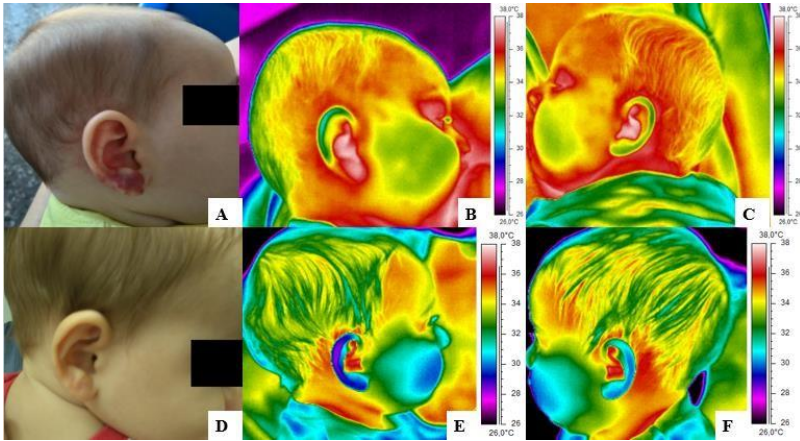


Figura 69: Paciente 41. A-C. Imágenes al diagnóstico. A. Fotografía: hemangioma en lóbulo de la oreja derecha, de 2.5x1.4 cm de diámetro, que muestra múltiples placas eritematosas de superficie lisa y abollonada con islotes de piel sana entre las lesiones, ocupando la mitad inferior del hélix. B y C. Imágenes termográficas: aumento de temperatura en la zona del hemangioma (B) respecto a zona sana (C). D-F. Imágenes seguimiento (2.5 meses). D. Fotografía: disminución de la consistencia y coloración del hemangioma. E y F. Imágenes termográficas: discreta disminución de temperatura en oreja afectada (E) respecto contralateral sana (F).

### Zona periocular

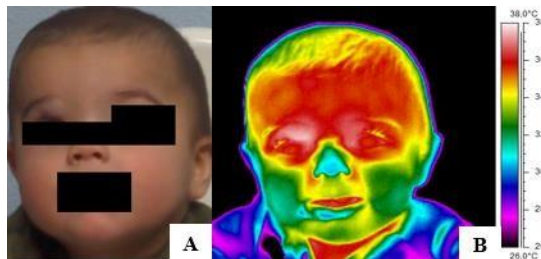


Figura 70: Paciente 45. A. Fotografía: hemangioma profundo en párpado superior derecho. B. Imagen termográfica: aumento de temperatura en la zona del hemangioma.

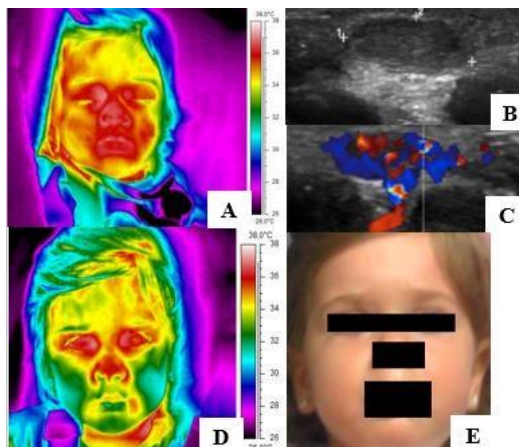


Figura 71: Paciente 46. A-C. Imágenes seguimiento (10 meses). A. Imagen termográfica: aumento de temperatura en el hemangioma (párpado superior derecho). B. Ecografía: imagen hipocogénica en tejido celular subcutáneo, diámetro de 9x3 mm de contornos regulares. C. Ecografía Doppler: lesión altamente vascularizada con flujos arteriales de baja resistencia y venosos. D y E. Imágenes seguimiento (14 meses). D. Imagen termográfica: discreto aumento de temperatura en región del hemangioma respecto a contralateral sana. E. Fotografía: disminución del hemangioma.

## **Zona nariz**

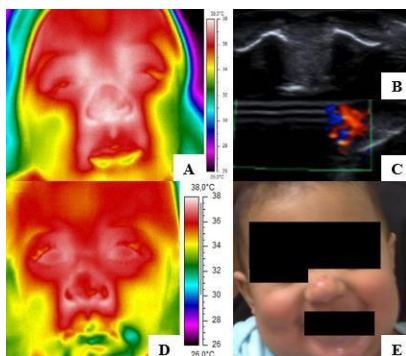


Figura 72: Paciente 47. A-C. Imágenes al diagnóstico. A. Imagen termográfica: aumento de temperatura en región del hemangioma (punta nasal). B. Ecografía: lesión hipocóica y heterogénea, de contornos imprecisos. C. Ecografía Doppler: la lesión presenta vascularización arterial y venosa y bajo flujo. D-E. Imágenes seguimiento (4 meses). D. Imagen termográfica: aumento de temperatura en región del hemangioma, pero disminución respecto al diagnóstico. E. Fotografía: disminución de la consistencia y de la coloración del hemangioma.

## Zona cuero cabelludo

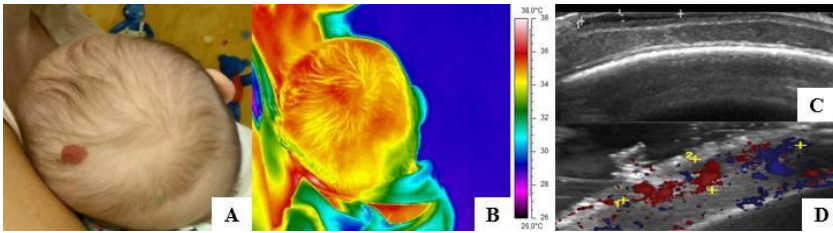


Figura 73: Paciente 48. A-D. Imágenes al diagnóstico. A. Fotografía: hemangioma superficial en cuero cabelludo. B. Imagen termográfica: aumento de temperatura en la zona del hemangioma. C. Ecografía: área isoecoica con respecto a tejido celular subcutáneo de 1,2x0,4 cm. D. Ecografía Doppler: aumento de vascularización en su interior, con flujos arteriales de baja resistencia, así como venosos.

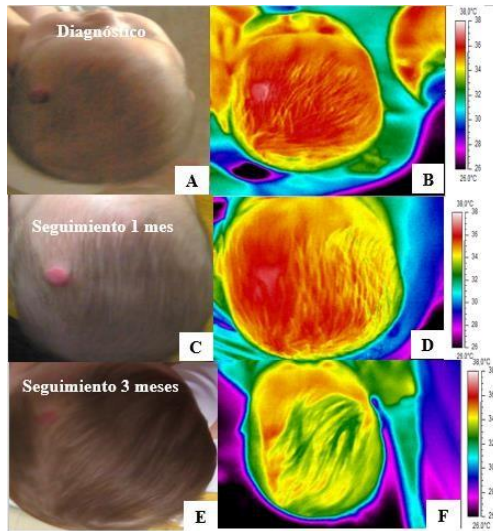


Figura 74: Paciente 49. A-B. Imágenes al diagnóstico. A. Fotografía: hemangioma superficial en cuero cabelludo. B. Imagen termográfica: aumento de temperatura en la zona del hemangioma. C-F. Imágenes seguimiento. C y E. Fotografías: disminución del hemangioma al mes (C) y a los 3 meses (E). D y F. Imágenes termográficas: disminución de temperatura al mes (D) y a los 3 meses (F). En la Tabla 16 se resumen las variables termográficas.



Tabla 16: Resumen variables termográficas del paciente 49 (fig. 74) en diferentes momentos.

Momento	TAM (°C)	TAMáx (°C)	IT (%)	Respuesta clínica (subjetiva)
Diagnóstico	1,2	1,2	3,4	-
Seguimiento 1 mes	1,4	0,9	3,9	Disminución
Seguimiento 3 meses	1	0,7	2,8	Disminución

3.2. Tronco:

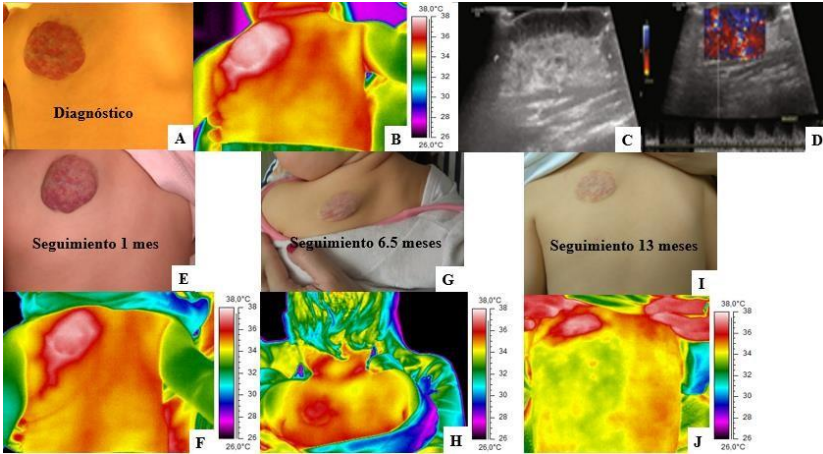


Figura 75: Paciente 50. A-D. Imágenes al diagnóstico. A. Fotografía: hemangioma en región escapular izquierda. B. Imagen termográfica: aumento de temperatura en la zona del hemangioma. C. Ecografía: lesión ocupando la piel y el tejido celular subcutáneo en la espalda, homogénea e hiperecoica, de 3,6x1,5 cm. D. Ecografía Doppler: gran densidad de vasos en el interior de la lesión, con flujo arterial de baja resistencia e índices venosos. E- J. Imágenes seguimiento. E, G e I. Fotografías: disminución progresiva del tamaño, coloración y consistencia del hemangioma al mes (E), a los 6,5 meses (G) y a los 13 meses (I). F, H y J. Imágenes termográficas: al 1 mes, 6,5 y 13 meses respectivamente. En la Tabla 17 se resumen las variables termográficas.

Tabla 17: Resumen variables termográficas del paciente 50 (fig. 75) en diferentes momentos.

Momento	TAM (°C)	TAMáx (°C)	IT (%)	Respuesta clínica (subjetiva)
Diagnóstico	1,9	1,8	5,3	-
Seguimiento 1 mes	1,8	2	5,1	Disminución
Seguimiento 6,5 meses	0,9	1,2	2,5	Disminución
Seguimiento 13 meses	1,2	0,6	3,3	Estabilización

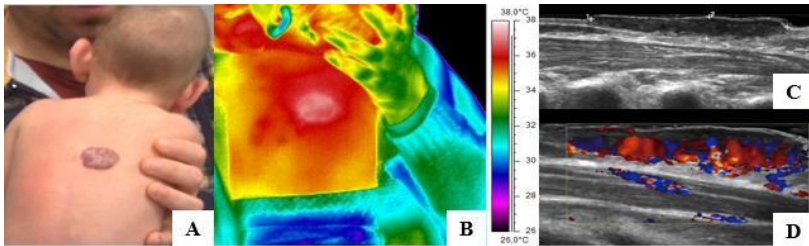


Figura 76: Paciente 51. A-D. Imágenes al diagnóstico. A. Fotografía: hemangioma en espalda. B. Imagen termográfica: aumento de temperatura en región del hemangioma. C. Ecografía: LOE, hipoecoica, de 2,2 cm de longitud por 0,34 cm de grosor, situado en piel (sobresaliendo de la misma). D. Ecografía Doppler: gran densidad de vasos, con flujos tanto venosos, como arteriales de baja resistencia.

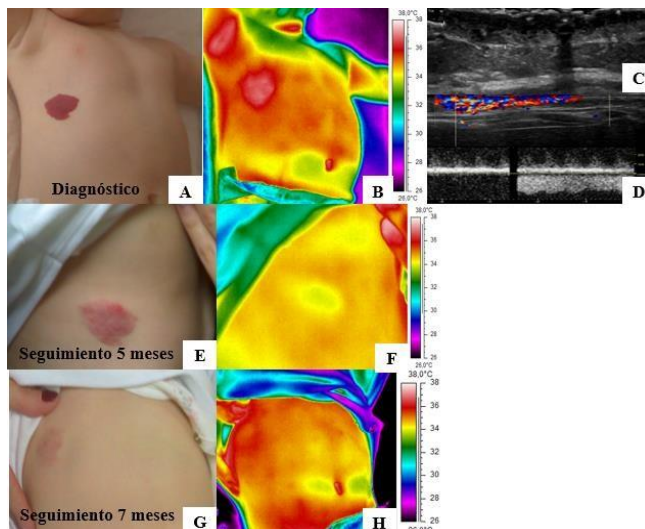


Figura 77: Paciente 54. A-D. Imágenes al diagnóstico. A. Fotografía: hemangioma en parte anterior derecha del tronco. B. Imagen termográfica: aumento de temperatura en región del hemangioma respecto al contralateral. C. Ecografía: LOE de 2,4x0,4 cm en piel de pared abdominal anterior, hipoecoica. D. Ecografía Doppler: gran densidad de vasos con flujos tanto venosos como arteriales de baja resistencia. E-H. Imágenes seguimiento. E y G. Fotografías: mejoría clínica del hemangioma a los 5 (E) y 7 meses (G). F y H. Imágenes termográficas: disminución de la temperatura respecto al diagnóstico a los 5 (F) y 7 meses (H). En la Tabla 18 se resumen las variables termográficas.

Tabla 18: Resumen variables termográficas del paciente 54 (fig. 77) en diferentes momentos.

Momento	TAM (°C)	TAMáx (°C)	IT (%)	Respuesta clínica (subjetiva)
Diagnóstico	1,4	1,5	3,9	-
Seguimiento 5 meses	-0,6	-0,5	1,6	Disminución
Seguimiento 7 meses	0,5	0,6	1,4	Disminución



### 3.3. Miembros inferiores:

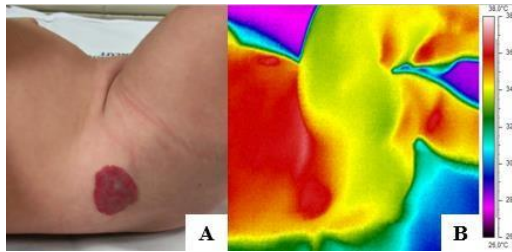


Figura 78: Paciente 55. A-B. Imágenes al diagnóstico. A. Fotografía: hemangioma en cadera derecha. B. Imagen termográfica: aumento de temperatura en región del hemangioma.

### 3.4. Miembros superiores:

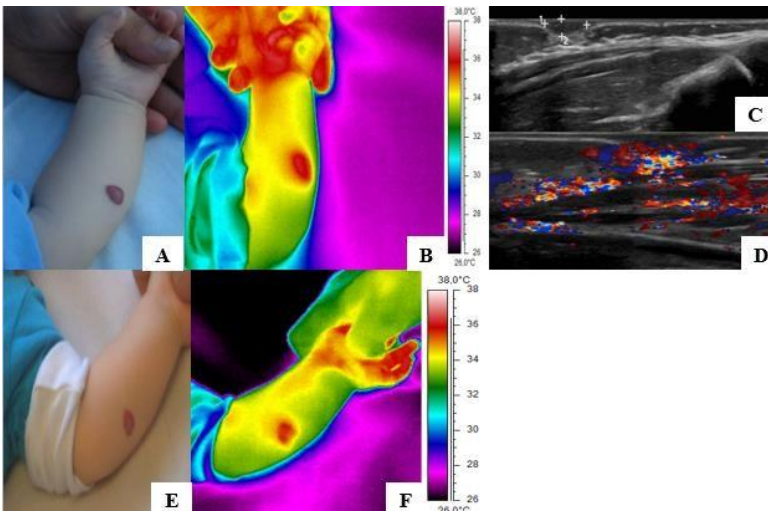


Figura 79: Paciente 56. A-D. Imágenes al diagnóstico. A. Fotografía: hemangioma en cara interna del antebrazo izquierdo. B. Imagen termográfica: aumento de temperatura en la zona del hemangioma. C. Ecografía: LOE de 7x3 mm situada en piel de brazo izquierdo, hipoecoica homogénea y bien delimitada. D. Ecografía Doppler: aumento de vascularización, con importante densidad de vasos, con flujo fundamentalmente arterial de baja resistencia. E-F. Imágenes seguimiento (2 meses). E. Fotografía: hemangioma menos voluminoso y más claro que al diagnóstico. F. Imagen termográfica: aumento de temperatura en la zona del hemangioma.

## 4. Malformaciones vasculares

### 4.1. Malformaciones venosas:

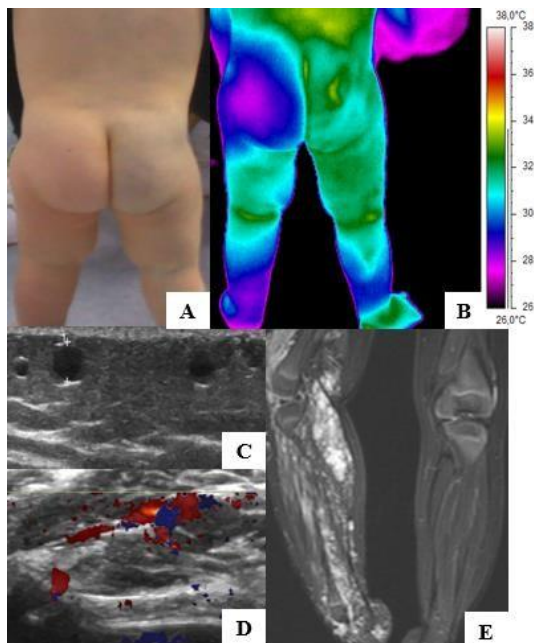


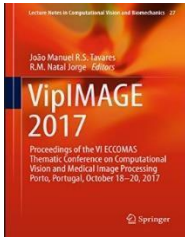
Figura 80: Paciente 59. A-F. Imágenes al diagnóstico. Fotografía: flebotasia difusa de Bockenheimer en hemicuerpo derecho. B. Imagen termográfica: aumento de temperatura en zona afecta (hemicuerpo derecho) respecto contralateral sano. C: Ecografía: dilataciones varicosas en hemicuerpo derecho de predominio en glúteo donde llegan a medir 3,5 mm, de diámetro, compresible. D: Ecografía Doppler: flujo venoso en el interior de las dilataciones varicosas. No se identifican áreas sugestivas de trombosis. E. Resonancia Magnética: dilataciones varicosas subcutáneas en múltiples niveles del hemicuerpo derecho, tanto a nivel del cuello, cintura escapular derecha, pared torácica posterior derecha, acompañándose de hipertrofia angiomatosa de la musculatura intercostal posterior derecha, retrosomática derecha, glútea derecha y en compartimentos anterior y posterior del muslo y pierna derecha.

## **12. PUBLICACIONES DERIVADAS DE LOS RESULTADOS DE LA TESIS**

---



## 12.1. Revistas



### *Infrared Thermography Versus Conventional Image Techniques in Pediatrics: Cases Study.*

O. Benavent Casanova et al. (2018). In: Tavares J., Natal Jorge R. (eds) VipIMAGE 2017. ECCOMAS 2017. Lecture Notes in Computational Vision and Biomechanics, vol 27. Springer, Cham  
[https://doi.org/10.1007/978-3-319-68195-5\\_106](https://doi.org/10.1007/978-3-319-68195-5_106)



### *Application of infrared thermography as a complementary technique to conventional imaging techniques in paediatrics: case studies.*

Olga Benavent Casanova, Francisco Núñez Gómez, Jose Ignacio Priego Quesada, Rosa María Cibrián Ortiz De Anda, Rolando de Jesús González Peña, M<sup>a</sup> Fe Mínguez Rey, Laura Pino Almero & Rosario Salvador Palmer (2018). Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering: Imaging & Visualization  
<https://doi.org/10.1080/21681163.2018.1542347>



*Application of infrared thermography in diagnosing peripherally inserted central venous catheter infections in children with cancer.*

Olga Benavent Casanova *et al* 2019 *Physiol. Meas.* in press

<https://doi.org/10.1088/1361-6579/ab031a>

## 12.2. Congresos

### 12.2.1. Comunicaciones orales



**Octubre 2017, VI ECCOMAS Thematic Conference on Computational Vision and Medical Image Processing:**

*Infrared thermography versus conventional image techniques in pediatrics: cases study.*

O. Benavent Casanova, F. Núñez Gómez, JI. Priego Quesada, RM. Cibrián Ortiz de Anda, R. González-Peña, T. Cuenca Bandín, R. Salvador Palmer.

### 12.2.2. Pósteres



#### **Mayo 2017, X Congreso Nacional de la Sociedad Española de Hematología y Oncología Pediátrica:**

*Aplicación de la termografía infrarroja en la infección de catéter venoso central en niños oncológicos.*

O. Benavent Casanova, F.J. Mares Diago, J. I. Priego Quesada, R. Salvador Palmer, F. Núñez Gómez.



#### **Junio 2017, V Congreso de las Sociedades españolas de Física Médica y de Protección Radiológica:**

*Aplicación de la Termografía Infrarroja en Pediatría.*

O. Benavent, F. Núñez, JI. Priego, R. Cibrián, R. González, R. Salvador, I. Jiménez, R. Salvador Palmer.



**Julio 2017, XXXVI Reunión Bienal de la Real Sociedad Española de Física:**

*Aplicabilidad de la termografía infrarroja en Biomedicina.*

A. Paredes, O. Benavent, JI. Priego, C. Blasco, MF. Mínguez, F. Núñez, C. Macián, M. Benimeli, L. Carbonell, R. González, R. Forner, R. Salvador, RM. Cibrián, R. Vardasca.



**Julio 2018, XIV Congress of the European Association of Thermology:**

*Preliminary study on the use of infrared thermography in diagnosing of central venous catheter infections in children with cancer.*

O. Benavent, N. Benavente, J.I. Priego Quesada, C. Galindo, R.M. Cibrián, R. Salvador, F. Núñez.





**Junio 2019, 6º Congreso conjunto SEFM/SEPR:**

*Aplicación de la termografía infrarroja a la valoración de la celulitis de catéter de derivación ventrículo-peritoneal.*

O. Benavent, F. Núñez, JI. Priego, RM. Cibrián, R. González, RR. Salvador, R. Salvador