

6 20338090

0 12633409

2 25215425

TD 223



**APLICABILIDAD DE LA TERMOMETRÍA DIGITAL  
POR INFRARROJOS EN LA VALORACIÓN  
VASCULAR DEL PIE**

**TESIS DOCTORAL**

**Rafael Rayo Rosado**

**Escuela Universitaria de Ciencias de la Salud**

**Departamento de Podología**

**UNIVERSIDAD DE SEVILLA**



**-2008-**

**TD  
223**

UNIVERSIDAD DE SEVILLA  
SECRETARIA GENERAL

esta registrada esta Tesis Doctoral  
número 167 número 373 del  
condición.

El Jefe del Negociado de Tesis

3-11-08.  
P.D. *José María*

## **DEDICATORIA**

**A mis padres por enseñarme que en la  
constancia se sustenta la superación del día  
a día.**

**A mi esposa Katy y mis hijos Alberto y  
Rafael, puesto que esta tesis doctoral se  
hizo gracias a su comprensión y apoyo.**



## **AGRADECIMIENTOS**

**Al Director de esta tesis, el Prof. Dr. Antonio Córdoba Fernández por sus enseñanzas, su dedicación y sobre todo, por su amistad.**

**A la Profesora Dr. M<sup>a</sup> de las Mercedes Lomas Campos por las aportaciones que hizo a esta tesis.**

**A los colaboradores, profesores y alumnos de la asignatura Quiropodología I, por estimular a diario mis ganas de superación personal.**

**A mis compañeros del Departamento y del Área Clínica de Podología por su apoyo incondicional.**

**A Juan Antonio González por su asesoramiento estadístico.**



# INDICE GENERAL

## **Introducción**

## **Capítulo 1**

### **Termometría y vascularidad podal**

<b>1.1. Termometría.....</b>	<b>10</b>
<b>1.1.1. La termometría aplicada a la salud.....</b>	<b>15</b>
<b>1.1.2. Termorregulación.....</b>	<b>21</b>
<b>1.2. Vascularidad del miembro inferior.....</b>	<b>34</b>
<b>1.2.1 Anatomía vascular del miembro inferior.....</b>	<b>34</b>
<b>1.3. La vascularidad cutánea.....</b>	<b>38</b>
<b>1.3.1. Vascularización cutánea.....</b>	<b>41</b>
<b>1.3.2. Vascularización subcutánea.....</b>	<b>44</b>
<b>1.3.3. Sistema neurovascular.....</b>	<b>47</b>
<b>1.3.4. Regulación del flujo cutáneo.....</b>	<b>47</b>

<b>1.4. Vasculopatías arteriales periféricas.....</b>	<b>52</b>
<b>1.4.1. Arteriopatías del miembro inferior.....</b>	<b>52</b>
<b>1.4.2. Valoración clínica de las arteriopatías periféricas.....</b>	<b>58</b>
<b>1.5. El «pie frío».....</b>	<b>67</b>
<b>1.5.1. El «pie frío» como signo clínico.....</b>	<b>74</b>
<b>1.5.2. Relación entre «pie frío» y pie isquémico.....</b>	<b>75</b>

## **Capítulo 2**

### **Planteamiento, justificación y objetivos**

<b>2.1. Planteamiento del problema.....</b>	<b>82</b>
<b>2.2. Justificación.....</b>	<b>84</b>
<b>2.3. Hipótesis.....</b>	<b>86</b>
<b>2.4. Objetivos.....</b>	<b>88</b>

## **Capítulo 3**

### **Material y Método de investigación**

<b>3.1. Marco metodológico.....</b>	<b>90</b>
<b>3.1.1. Diseño metodológico del estudio.....</b>	<b>90</b>
<b>3.1.2. Población .....</b>	<b>95</b>
<b>3.1.2.1. Criterios de inclusión.....</b>	<b>96</b>
<b>3.1.2.2. Muestreo.....</b>	<b>98</b>
<b>3.1.2.3. Tamaño muestral.....</b>	<b>100</b>
<b>3.2. Método de recogida de datos.....</b>	<b>104</b>
<b>3.3. Variables.....</b>	<b>117</b>
<b>3.4. Consideraciones éticas.....</b>	<b>118</b>
<b>3.5. Análisis de datos.....</b>	<b>120</b>

## **Capítulo 4**

### **Resultados**

<b>4.1. Características generales de la muestra.....</b>	<b>123</b>
<b>4.2. Validación de los datos.....</b>	<b>126</b>
<b>4.3. Resultados descriptivos por subgrupos.....</b>	<b>134</b>
<b>4.3.1. Características termométricas del grupo hombres sanos.....</b>	<b>134</b>
<b>4.3.2. Características termométricas del grupo mujeres sanas.....</b>	<b>136</b>
<b>4.3.3. Características termométricas del grupo patológicos.....</b>	<b>138</b>
<b>4.4. Resultados pruebas de contraste.....</b>	<b>139</b>
<b>4.4.1. Diferencias biotérmicas podales ligadas al sexo.....</b>	<b>144</b>
<b>4.4.2. Diferencias biotérmicas podales ligadas a la edad.....</b>	<b>148</b>

<b>4.4.3. Diferencias biotérmicas podales ligadas al estado vascular periférico.....</b>	<b>150</b>
<b>4.5. Resultados correlación entre variables.....</b>	<b>153</b>
<b>4.6. Resultados. Pruebas de sensibilidad y especificidad.....</b>	<b>160</b>
<b>Capítulo 5</b>	
<b>Discusión y prospectiva del estudio</b>	
<b>5.1. Discusión y prospectiva.....</b>	<b>161</b>
<b>Capítulo 6</b>	
<b>Conclusiones</b>	
<b>6.1 Conclusiones del estudio.....</b>	<b>170</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>173</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>176</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>204</b>

## INTRODUCCIÓN

El interés humano por conocer las propiedades físicas y químicas de los objetos, es el fundamento que ha propiciado el desarrollo de diversas ciencias. Entre esas propiedades físicas, destacamos la temperatura como característica fundamental y propia de cada elemento o sujeto. El término temperatura procede del vocablo latino *temperatura* y se define como el grado sensible de calor o frío<sup>1</sup>. La temperatura de un objeto o sustancia puede verse modificada, debido a que esta propiedad depende de la cantidad de energía térmica presente en el elemento a estudio, y a las variaciones ligadas al flujo energético, que se desarrollan en cada momento entre dicho elemento y su entorno. La forma que tiene la energía térmica de moverse o fluir es estudiada por la termodinámica. Inicialmente podríamos relacionar esta ciencia exclusivamente dirigida al estudio de los flujos de energía térmica en objetos o sustancias inertes, pero debemos indicar que sin duda, esos procesos termodinámicos, ocurren igualmente en los seres vivos, lo que condiciona, por las propias necesidades fisiológicas de cada uno de los organismos, que estos desarrollen sistemas biológicos de generación, regulación y flujo de la cantidad de

energía térmica presente en los tejidos del ser vivo, y de mecanismos fisiológicos que permitan controlar este flujo térmico dentro del propio ser y hacia el medio ambiente que lo rodea. Estos sistemas de generación, regulación y flujo biotérmico son extremadamente complejos dependiendo lógicamente, de las características propias del organismo, y son objeto de estudio por parte de diversas disciplinas científicas como son la termofisiología.

Culturalmente, el calor biológico siempre se ha relacionado con la vida, en contraposición con la frialdad que caracteriza a los cadáveres, sobre todo en los organismos de sangre caliente. Ya desde la prehistoria, el ser humano se dio cuenta de la importancia que tenía el calor corporal y los procesos de termorregulación, observando que los seres vivos permanecían calientes y con el fallecimiento, estos seres perdían el calor vital<sup>2</sup>. Por tanto, concluyeron que el calor era un símbolo de vida, de poder y de fuerza, en contraposición con el frío, indicativo de muerte y/o debilidad. Un gran número de rituales y festejos se dedicaron a esta temática que tenía para ellos, una explicación mágica, mística y misteriosa. Desde las primeras civilizaciones, se empieza a analizar y evaluar las presentaciones del calor corporal y su relación con los procesos de salud/enfermedad. Así, en el Papiro de Ebers, considerado uno de los textos médicos más antiguos, se plantean tratamientos y observaciones sobre la fiebre<sup>3</sup>. Con el desarrollo de la cultura helénica, aparece el concepto de “balance ideal”, siendo

estos los primeros en comprender que el organismo pretende constantemente mantener una temperatura uniforme. Aristóteles<sup>4</sup> elaboró un sistema fisiológico centrado en el corazón donde, según él, ardía la llama vital de la vida que se mantenía por un espíritu de la vida llamado “pneuma” que producía calor. Estas aportaciones se siguieron utilizando como referencias hasta bien entrado el siglo diecisiete, cuando William Harvey defendió un sistema en el cual el corazón no aparece como fuente única del calor vital<sup>5</sup>. Con el desarrollo científico de los siglos diecisiete y dieciocho, y más concretamente con la introducción de los principios científicos de la física y de la química, se empieza a analizar y comprobar algunas teorías experimentales que dieron el soporte necesario para poder explicar que el calor corporal no estaba justificado por procesos físicos, sino que la termogeneración y termorregulación biológica eran procesos del tipo bioquímicos.

Esta referencia de calor/frío, como signo de vida-salud/enfermedad-muerte ha sido y sigue siendo utilizada frecuentemente, en la vida cotidiana y, en algunos casos, incluso se utiliza como referente a la hora de establecer un juicio clínico. Así por ejemplo, si revisamos diversas fuentes bibliográficas que tratan sobre las características clínicas de las enfermedades vasculares que cursan con déficit de aporte sanguíneo a las extremidades inferiores y más concretamente al pie, en la gran mayoría de estas fuentes aparece la «frialidad»

del pie como signo clínico característico de estas anomalías vasculares<sup>6,7</sup>. Este signo clínico se relaciona tanto en los procesos crónicos como en las situaciones que de forma aguda cursan con pérdidas importantes del flujo sanguíneo hacia los territorios más distales<sup>8</sup>. El concepto de «pie frío», ha sido ampliamente utilizado por clínicos de todo el mundo referido a la situación de stress tisular por isquemia vascular periférica<sup>9,10</sup>. En las guías clínicas más actualizadas para la evaluación vascular periférica, aparece reflejada este signo clínico ligado a las situaciones de isquemia tisular periférica y con suficiente entidad propia como para ser reflejado entre los datos clínicos de interés obtenidos en una exploración reglada<sup>11,12</sup>. Sin embargo, estos trabajos no definen qué características debe presentar un pie para ser considerado patológico o normal desde un punto de vista termométrico y, aunque si existen trabajos<sup>13</sup> donde aparecen reflejados datos cuantitativos específicos sobre las características termométricas del pie, es necesario que dichos resultados sean corroborados por estudios similares, estableciéndose unos referentes validos que nos permita determinar la situación de normalidad biotérmica del pie, y determinar un protocolo clínico adecuado, para que esta información sea tan veraz que pueda ser reflejada con plenas garantías, en la historia clínica de un sujeto. Una vez determinada la normalidad biotérmica del pie, podemos utilizar estas referencias para analizar las alteraciones biotérmicas del pie y sus relaciones con los procesos patológicos que concurren en el sujeto a estudio, si efectivamente existe relación entre ambos procesos.

La temperatura corporal, ha sido ampliamente estudiada<sup>14, 15</sup> y se ha determinado el intervalo de normalidad térmica corporal (referida a la temperatura tomada en la cavidad oral) entre los 35,8°C a 37°C<sup>16</sup>. Sin embargo, esta referencia térmica no ha sido definida con precisión al referirnos al pie como estructura anatómica más distal. La dificultad técnica para realizar las mediciones oportunas, la variabilidad termométrica presente en las zonas periféricas relacionada con el impacto del medio exterior en su temperatura global y, posiblemente, el desinterés por parte de clínicos e investigadores ha propiciado que, actualmente existan pocos estudios que pretendan determinar las características termométricas del pie y, si realmente existe alguna relación entre la temperatura podal y el estado vascular de este, a pesar de que como hemos referido, se utiliza habitualmente como signo clínico de disfunción vascular.

## **MARCO CONCEPTUAL**

### **1.1. TERMOMETRÍA**

#### **1.1.1. La termometría aplicada a la salud (biotermometría)**

La valoración de la situación térmica del individuo desde un punto de vista médico procede de los tiempos de Sócrates y, desde entonces, la moderna medicina ha incorporado diversos sistemas termométricos que se han utilizado y validado ampliamente, como herramientas para determinar el estado de salud/enfermedad de los pacientes<sup>17</sup>. La temperatura corporal de los individuos humanos sanos se mantiene dentro de unos estrechos límites, que son necesarios para el normal funcionamiento fisiológico de órganos y sistemas biológicos, a pesar de las condiciones ambientales extremas y de la actividad física. Al igual que ocurre con la mayoría de las variables biológicas, definir el concepto de temperatura corporal normal, desde un punto de vista estricto no es práctico pues los límites superior e inferior, pueden sufrir algunas variaciones fisiológicas dentro de una población sana. Podemos encontrar individuos que presentan, en condiciones de normalidad clínica, temperaturas situadas ligeramente por encima o por debajo de lo que la comunidad científica estipula como temperatura normal. Además, un mismo individuo presenta considerables variaciones de su temperatura corporal dependiendo de gran cantidad de factores internos y externos, que constantemente el organismo intenta,

regular para mantener una temperatura corporal lo más estable posible. Sin embargo, podemos considerar, en términos generales, que un individuo en decúbito que no se vea afectado por la realización de ningún tipo de actividad que le origine una producción intensa de calor endógeno, debe presentar una temperatura bucal no superior a los  $37,2^{\circ}\text{C}$ <sup>18</sup>. En un individuo sano podemos registrar temperaturas corporales de hasta  $35,8^{\circ}\text{C}$ , también tomadas a nivel bucal. Dependiendo del punto elegido para la realización de la toma de la temperatura podemos también encontrar diferencias, por ejemplo, la temperatura rectal es entre  $0,3$  a  $0,6^{\circ}\text{C}$  superior a la temperatura tomada en la cavidad bucal. Las zonas de registro no invasivo o mejor dicho, menos molesta para el sujeto a estudio y más accesibles para el investigador clínico, y que nos pueden aportar una información más fiables de la temperatura corporal real, son las zonas de la piel donde encontramos las temperaturas más elevadas, constantes y, que se encuentran cercanas a grandes troncos vasculares como es el caso del pliegue axilar o el pliegue inguinal, puesto que lo que nos interesa conocer es la temperatura de la sangre que circula e irriga los órganos centrales, que necesitan temperaturas estables para su funcionamiento.

Como parámetro biológico, no puede considerarse un valor único como normal puesto que, si registramos la temperatura axilar, bucal y rectal en una población de individuos sanos en reposo, encontraremos diferencias individuales evidenciables, incluso en el mismo individuo, bajo las mismas condiciones de estudio, si realizamos dos mediciones en un plazo corto de tiempo. La temperatura rectal es una de las más cercanas a la temperatura interna y se encuentra entre los  $36,5^{\circ}\text{C}$  y  $37,5^{\circ}\text{C}$ ; siendo aproximadamente  $0,6^{\circ}\text{C}$  mayor que la temperatura bucal<sup>19</sup>. Este procedimiento, aunque se engloba dentro de las medidas de temperatura corporal no invasivas, implica una serie de problemas como el discomfort del paciente en el momento de realizar la medición, riesgo de provocar una lesión rectal, diseminación de patógenos fecales y el rechazo emocional por parte del paciente. Por ello se ha utilizado como punto de medida clásico, la colocación del instrumento de medida en el pliegue axilar, al ser considerado un punto de acceso rápido, sin contacto con mucosas o sustancias biológicas potencialmente biocontaminantes, confortable para el paciente y con un importante grado de eficiencia<sup>20</sup>. La toma de temperatura en la cavidad oral es muy utilizada, pero las propias características anatómicas y fisiológicas de la boca originan que diversos factores influyan sobre los resultados obtenidos. La ingesta de alimentos o fluidos fríos o calientes, los cambios de

temperatura del medio ambiente, si el individuo aspira aire a través de la cavidad oral, etc, influirá lógicamente en los datos obtenidos.

A principios de la década de 1990 se desarrollan unos sistemas de medición de la temperatura de la piel mediante cristal líquido, siendo considerados en su momento los mejores sistemas para evaluar los cambios térmicos en los pacientes hospitalizados, al ser una técnica no invasiva y asequible desde un punto de vista económico. Los estudios comparativos realizados confirmaron la aplicabilidad de estos sistemas frente a otros sistemas o puntos menos accesibles para la toma de esta constata vital como la toma de temperatura esofágica, en la arteria pulmonar, a nivel rectal, etc<sup>21</sup>. El problema común de todos estos sistemas de valoración térmica es que requieren el contacto de la sonda de medidas con el sujeto a estudio, incluso los sistemas de medida no invasivos que requieren el contacto con la piel. Evidentemente, este contacto físico no es deseable pues podría ser fuente de contaminación y propagación a otros sujetos.

Recientemente, los sistemas tecnológicos de medición termométrica por infrarrojos utilizados sobre la membrana timpánica se han convertido en un sistema fiable y preciso para determinar la temperatura de la arteria temporal de una forma no invasiva<sup>22</sup>. Hay

estudios comparativos con otras técnicas de termometría más clásicas que indican que la fiabilidad de las termometrías timpánicas utilizando un termómetro de infrarrojos tiene un valor predictivo del 99%<sup>23</sup>. Estudios recientes validan la termometría cutánea por infrarrojos como un sistema válido para controlar la temperatura corporal<sup>24</sup>.

Existe una variación térmica dependiendo de la hora del día en que se realice la toma de la temperatura, siendo la temperatura más baja presente por la noche y la más alta a última hora de la tarde independientemente de la actividad laboral del individuo a estudiar.

El ejercicio intenso o prolongado puede ocasionar una importante elevación de la temperatura corporal y, como ejemplo, se han observado temperaturas de 40°C en corredores de maratón. En términos generales, la actividad física y la correspondiente generación de calor endógeno estimula y desencadena los mecanismos fisiológicos encargados de la eliminación de todo el calor sobrante. Si estos mecanismos biológicos fallan se produce una hiperpirexia que si no es controlada adecuadamente terminará originando lo que conocemos como golpe de calor.

La aplicación de sistemas de medición fiables de la temperatura corporal en la evaluación clínica supuso un desarrollo importante en las ciencias sanitarias del siglo XX. Sin duda, hoy día no se concibe la valoración clínica de un individuo si no se le realiza la toma de su temperatura corporal. Esta es la aplicación clínica más conocida de la termometría clínica, sin embargo esta rama de la ciencia médica tiene otras aplicaciones menos conocidas. El desarrollo tecnológico de equipos de termometría y termografía de alta precisión permiten aplicar estas herramientas en la valoración clínica de diversos sistemas y procesos.

En cuanto a la aplicación de la termometría en la evaluación vascular de los miembros inferiores, debemos indicar que hay estudios que han valorado la utilidad de la termometría cutánea como medio auxiliar de diagnóstico en la detección de la trombosis venosa profunda, como opción para sustituir a la termografía, que requiere una equipación mucho más costosa y compleja<sup>25, 26, 27</sup>.

Igualmente, la búsqueda de métodos diagnósticos no invasivos para el estudio de las patologías vasculares, que de una parte no originen molestias al paciente y dificultades técnicas al evaluador, y que de otra parte, reduzcan el consumo de recursos siempre limitados, sin reducir por ello la cantidad y calidad de la información acerca del grado de afectación vascular, a propiciado

que se utilicen las técnicas de termometría y termografía. La termometría cutánea ha resultado una prueba económica, fiable y altamente sensible en el diagnóstico de pacientes afectos de trombosis venosa profunda, los cuales desarrollan un aumento ponderado de la temperatura en el miembro inferior afecto<sup>28</sup>.

### **1.1.2. Termorregulación**

La homeostasis es el conjunto de fenómenos de autorregulación conducentes al mantenimiento de una relativa constancia en la composición y propiedades del medio interno del organismo. Al referirnos a la temperatura corporal, este sistema de homeostasis térmico se conoce como sistema termorregulador y es el encargado de mantener el equilibrio entre el calor generado por el organismo y el calor eliminado por éste. Esto también se aplica a la mayoría de los pájaros y de los mamíferos, por lo que estos animales se denominan homeotérmicos, o de sangre caliente, pues disponen de un sistema fisiológico que les permite mantener de forma autónoma la temperatura corporal, en contraposición de los animales heterotermos o poiquilotermos, que se caracterizan por la variabilidad de su temperatura corporal que tiende a equipararse con la temperatura ambiental. Esta característica biológica de autogenerar el calor necesario para las diversas funciones vitales adquiere gran importancia, al situar a las

especies homeotérmicas entre las más desarrolladas en la escala evolutiva, con respecto a aquellas especies que tienen dependencia de una fuente generadora de calor externa. Esta característica ha permitido a las especies homeotérmicas estar presentes con éxito en todos los ecosistemas existentes en nuestro planeta, incluso en aquellos con condiciones térmicas extremas.

Los estudios sobre los mecanismos que actúan en las relaciones de intercambio de calor entre el organismo humano con el medio ambiente son actualmente consideradas de gran interés<sup>29</sup>. Una forma simple de entender cómo funciona, desde un punto de vista biotérmico, el organismo humano, sería compararlo con una sauna<sup>30</sup>, en la cual hay unos sistemas de generación de calor propio, unas pérdidas de calor al medio externo dependiendo de las características de este y unos sistemas que nos permiten regular de forma precisa la situación dentro del espacio de la sauna o bien a reaccionar ante cambios brusco de la temperatura dentro de dicho espacio.

El delicado equilibrio térmico que se desarrolla entre la producción de calor y la eliminación hacia el medio exterior, puede verse afectado por la mayoría de los procesos patológicos

sistémicos e incluso algunos procesos locorregionales que cursan con alteraciones de la regulación de la temperatura corporal, por lo general en forma de una elevación anómala de ésta, que es lo que conocemos como fiebre. Incluso en ausencia de una respuesta febril clínicamente evidenciable, es evidente que estos procesos patológicos influyen en la capacidad reguladora de la temperatura, originando otras fluctuaciones erráticas de la temperatura corporal dentro de los límites normales que el individuo describe como sensaciones de frío, calor, sofocos y que clínicamente son evidenciables por la palidez y/o la hipersudoración del paciente.

El control de la temperatura corporal, que integra los diferentes procesos físicos y químicos de la producción y pérdida de calor, es una función de los centros cerebrales localizados en el hipotálamo. El sistema regulador de la temperatura es un sistema de control por retroalimentación negativa y posee tres elementos esenciales que son: 1) receptores que perciben las temperaturas existentes en el compartimiento central; 2) mecanismos efectores que regulan los efectos metabólicos, sudomotores y vasomotores; y 3) estructuras integradoras que determinan si la temperatura existente es demasiado alta o baja y que activan la respuesta motora apropiada en cada momento. Decimos que estamos ante un sistema de retroalimentación negativa pues un aumento de la temperatura del compartimento

central origina la puesta en marcha de mecanismos conducentes a la eliminación del calor sobrante, mientras que un descenso de la temperatura central activará los mecanismos fisiológicos necesarios para la producción y conservación del calor corporal. La activación de estas respuestas efectoras están gobernadas por un mecanismo integrador central, que se puede comparar con un termostato, y que responde a gran cantidad de estímulos de origen diverso tales como los impulsos generados al sudar o sofocarse, los impulsos del comportamiento, ejercicio y probablemente la temperatura de la sangre que circula a través de los centros hipotalámicos. Un ejemplo clásico de la influencia neuroendocrina sobre la temperatura es el efecto de la menstruación. La temperatura corporal media de las mujeres es más elevada durante la segunda mitad del ciclo menstrual si la comparamos con las temperaturas medias registradas entre el comienzo de la menstruación y el momento de la ovulación. A nivel local, los cambios de temperatura focal han sido referidos desde los principios de la medicina clásica como signo evidente de alteraciones biológicas; sin duda la descripción que hizo Celso en el siglo I d.C. de la inflamación es un claro ejemplo de esta evidencia clínica al afirma *«en verdad los signos de la inflamación son cuatro: tumor y rubor con calor y dolor»*<sup>31</sup>.

- **Termogénesis biológica**

La temperatura corporal es el resultado de un equilibrio entre mecanismos de producción de calor y mecanismos de enfriamiento regulados por los centros nerviosos termorreguladores situados en el hipotálamo. La producción de calor, o termogénesis biológica, está basada principalmente en el metabolismo celular que de forma continua desarrolla procesos químicos que por reacción desencadena la generación de energía térmica. El enfriamiento corporal o termolisis, se obtiene a partir de diversos mecanismos, como por ejemplo, la vasodilatación cutánea, la sudoración y la respiración.

La radiación y la evaporación, sistemas principales de pérdida de calor, dependen de la temperatura exterior y del grado higrométrico. La superficie de la piel, sede de estas pérdidas de calor, suele tener una temperatura inferior a la del resto de los tejidos corporales y dicha temperatura será distinta dependiendo de la parte del cuerpo y de las condiciones medioambientales que discurran en dicho momento.

El enfriamiento del área pre-óptica hipotalámica anterior aumenta la producción de la hormona liberadora de TSH (hormona estimulante del tiroides)<sup>18</sup>, que estimula la producción y liberación de hormonas tiroideas responsables del aumento de la actividad metabólica celular y, por tanto, del aumento de la generación de calor endógeno. El calor corporal se genera principalmente a través de la termogénesis tiroidea y la acción de la trifosfatasa de adenosina /ATPasa de la bomba de sodio presente en todas las membranas celulares<sup>32</sup>. Este calor generado por los procesos metabólicos en las células lo definimos como calor central o de generación central. Además el organismo dispone de una serie de sistemas auxiliares que le permiten generar calor según la demanda que tenga en cada momento y que podemos denominar calor auxiliar o de generación auxiliar<sup>33</sup>. La propia ingesta de alimentos condiciona un incremento del metabolismo oxidativo respecto a este en condiciones basales.

Los músculos tienen gran importancia en la producción de calor mediante la contracción continuada de las fibras musculares que aportan grandes cantidades de calor<sup>34</sup>. Esta producción de calor, procedente de las contracciones musculares, tiene gran importancia en los procesos de termorregulación pues nos permiten variar la cantidad de calor generado dependiendo de las

necesidades que, en cada momento tenga el organismo. La actividad de generación de calor por parte de la musculatura esquelética es tan importante que produce el 20% del calor total en condiciones de reposo y puede llegar a generar hasta 10 veces esta cantidad, es decir duplicar las necesidades térmicas del organismo durante el ejercicio<sup>35</sup>. En la mayoría de los casos, esta variación de la generación de calor consiste en un aumento o reducción del número de impulsos nerviosos que llegan al tejido muscular, y que desencadena una relajación o tensión que habitualmente es inaparente, excepto en los casos en que exista una gran demanda de generación de calor que origine temblores musculares apreciables que, a veces, llegan a ser tan marcados que los denominamos escalofríos. El escalofrío es el mecanismo más importante para la generación de calor y este se desencadena cuando la temperatura corporal desciende de forma excesiva. El metabolismo muscular aumenta la producción de calor hasta un 50% antes incluso de provocar escalofríos pero durante el desarrollo de los mismos, la producción de calor corporal puede aumentar entre 4 a 5 veces lo normal<sup>36</sup>.

- **Termolisis biológica**

El organismo elimina calor de diversas formas. Se utilizan pequeñas cantidades para calentar la comida y bebida presente en

nuestro tracto gastrointestinal y también es importante el gasto térmico que se produce en el sistema respiratorio, necesario para calentar el aire que penetra en los pulmones y para permitir la evaporación de agua presente en las cavidades pulmonares. La forma por la cual eliminamos mayor cantidad de calor corporal es a través de la convección térmica que se produce en la superficie corporal. La pérdida de calor por convección depende de la existencia de un gradiente de temperatura entre la superficie corporal y el aire ambiental que rodea al organismo. Un segundo mecanismo de pérdida de calor es la radiación, que se puede definir como un intercambio de energía electromagnética entre el organismo, y el medio radiante. La evaporación es el tercer gran sistema de disipación de calor corporal, y tiene una particular importancia cuando la temperatura ambiente supera la del organismo, o cuando la temperatura del compartimento central aumenta por la realización de actividades físicas que condicionan la generación de grandes cantidades de calor procedentes de las contracciones musculares. En condiciones normales, el aporte sanguíneo que llega a la piel de forma global se caracteriza por la presencia de oscilaciones sincronizadas con el ritmo cardíaco<sup>37</sup>.

El principal mecanismo fisiológico que utiliza el organismo para eliminar los excesos de calor y, por tanto, regular la

temperatura basal es mediante la variación del volumen de sangre que fluye desde el compartimiento central hacia la superficie corporal. Un rico entramado microvascular presente en los tejidos más superficiales, piel y tejidos subcutáneos, permiten conducir el calor hacia la superficie, donde puede ser eliminado.

Cuando la temperatura corporal alcanza un cierto nivel, se suda; proporcionando la presencia de agua en la superficie de la piel que requiere gran cantidad de energía térmica para ser eliminado por el proceso de evaporación. Este proceso enfría la piel y este enfriamiento se transmite a los tejidos. Se pierde aproximadamente 1 cal. por cada 1,7 ml de sudor. Este sistema de eliminación de calor es limitado, e incluso en los casos de máxima eficacia, el sudor sólo puede eliminar entre 400-500 cal. /h. La eliminación de calor mediada por la sudoración puede llegar a ser tan intensa que el individuo excrete incluso un litro de agua por hora.

El sudor es una solución débil de cloruro sódico (ClNa) y agua, pequeñas cantidades de potasio, urea, trazas de electrolitos y ácido láctico. Tiene un peso específico de 1.002 y un pH que oscila entre 4,2 y 7,5 La concentración de ClNa oscila entre 50 y 100 mEq/l. Cuando la temperatura ambiental excede a la corporal, el calor se pierde sólo por la evaporación asociada al sudor<sup>38</sup>. En estos casos, el principal mecanismo para disipar el calor es aumentar la

sudación<sup>39</sup>. Su mantenimiento requiere la reposición de las pérdidas de líquidos y de iones de cloro (Cl) y sodio (Na). De lo contrario, no sería posible mantener la producción de sudor de forma indefinida.

La cantidad de calor que se pierde a través del sudor también dependerá de las condiciones medioambientales donde se produzca el intercambio, tanto de la temperatura como del grado de humedad<sup>40</sup>.

Cuando existe la necesidad de conservar calor, los estímulos autónomos adrenérgicos dan lugar a una brusca reducción en el flujo sanguíneo a la superficie del cuerpo. Esto produce vasoconstricción y transforma la piel y los tejidos subcutáneos en capas de aislamiento térmico.

- **Termodinámica biológica**

Dentro del organismo se produce una transferencia de calor por *conducción* entre los órganos y estructuras adyacentes, y por *convección* circulatoria, que está regida por el movimiento de grandes volúmenes de líquidos corporales, que sirven para facilitar el intercambio de energía térmica entre las células generadoras y el torrente circulatorio. De forma simplificada, podemos imaginar

desde un punto de vista térmico al organismo como un sistema central que requiere una temperatura constante, rodeado de una capa aislante externa capaz de regular las pérdidas de calor mediante el control de la llegada de líquidos portadores del calor a la superficie, donde se produce el intercambio con el exterior. Esta capa aislante exterior es bastante uniforme pero existen áreas que, por sus características fisiológicas y anatómicas, pueden verse afectadas de forma más intensa por el frío, como es el caso de los dedos de los pies, al unirse la pérdida de calor que sufre la sangre a lo largo del miembro inferior hasta llegar a estas estructuras tan distales y, que la superficie de contacto es muy importante, en comparación con el volumen de tejidos que recubre. El organismo dispone de dos sistemas termorreguladores interrelacionados, cuya función conjunta es mantener la temperatura central del organismo dentro de unos parámetros de normalidad: El sistema central, que incluye todas las estructuras centrales del organismo y comprenden los órganos vitales o tejidos fundamentales para el organismo, y de otra parte aparece un sistema termorregulador periférico que sirve de apoyo al compartimento central. Los cambios en la temperatura central condicionan una respuesta inmediata que compromete al sistema periférico que actúa de tal forma que normaliza en la medida de lo posible esta variación. De esta forma, si la temperatura central aumenta por encima de lo normal, se produce un proceso de redistribución del calor del organismo, desde el

compartimento central hacia el periférico y viceversa<sup>41</sup>. La conducción del calor hacia la piel por la sangre está controlada por el grado de vasoconstricción/vasodilatación de las arteriolas y anastomosis arteriovenosas que desembocan en los plexos venosos subcutáneos. En condiciones normales, esta vasoconstricción está casi exclusivamente regulada por el sistema nervioso simpático, que responde a los cambios térmicos del compartimento central y también a la temperatura ambiental<sup>42</sup>. Finalmente, el calor sobrante que llega a la piel es eliminado al exterior al producirse un proceso de vasodilatación superficial, que conduce mayores volúmenes de sangre caliente hacia la piel, y aumenta la conducción de calor de la piel al exterior al crearse un gradiente térmico, siempre y cuando la temperatura exterior sea inferior a la de la piel. En caso de temperaturas ambientales altas y necesidad por parte del organismo de eliminar sobrantes de calor, éste dispone de mecanismos fisiológicos como la sudoración que le facilitarán esta función.

La termorregulación se produce en centros nerviosos situados en el hipotálamo que actúan por vía refleja. La temperatura de la piel es percibida por las terminaciones cutáneas sensibles al frío o al calor. La sensación llega a los centros nerviosos por vía espinotalámica. El organismo también dispone de marcadores de la temperatura presente en el torrente circulatorio. Las vías aferentes de control pertenecen al sistema nervioso simpático y controlan los procesos de vasodilatación y vasoconstricción que

ocurren en los tejidos. Las variaciones de la temperatura desencadena una respuesta inmediata, en condiciones normales, del centro hipotalámico termorregulador; así, en condiciones de hipertermia corporal, se genera una respuesta biológica consistente en una reducción moderada del metabolismo celular y la activación de los mecanismos de eliminación de calor a través de la vasodilatación, la sudoración, etc. En condiciones de frialdad se desencadena un aumento de la actividad metabólica celular generadora de calor y una reducción en las pérdidas térmicas a través de la piel por vasoconstricción de ésta. La vasoconstricción local como respuesta al frío y, el desarrollo de una serie de procesos metabólicos dependientes del enfriamiento tisular, ha sido estudiado recientemente con el objetivo de buscar mediadores químicos que nos permitan regular el proceso de vasoconstricción-vasodilatación tisular<sup>43</sup>.

## **1.2. VASCULARIDAD DEL MIEMBRO INFERIOR**

El organismo genera calor y necesita eliminar los excedentes de producción mediante diversos procesos, uno de ellos, es la eliminación de calor a través de la piel, pero para que este hecho se produzca es necesario que el calor excedente llegue de alguna forma a los tejidos más superficiales. Esta función se realiza mediante el sistema circulatorio, por mediación de la sangre. En nuestro caso, nos interesa conocer cómo llega la sangre y por tanto el calor hacia el pie por lo que es razonable revisar las estructuras anatómicas que componen el sistema arterial de los miembros inferiores.

### **1.2.1. Anatomía vascular del miembro inferior**

La sangre arterial llega al miembro inferior principalmente por la arteria femoral, que es la continuación de la arteria ilíaca externa<sup>44</sup>. Está situada en la parte ántero-interna del muslo y se extiende desde el arco femoral al anillo del tercer aproximador, a partir del cual pasa a denominarse arteria poplítea. Esta atraviesa

de arriba a abajo el hueco poplíteo y termina en el arco del sóleo, donde se divide en arteria tibial anterior y tronco tibio-peroneo.

La arteria tibial anterior conforma la bifurcación anterior de la arteria poplíteo y ésta desciende hasta el borde inferior del ligamento frondiforme, donde toma el nombre de pedia<sup>45</sup>. Tomando como origen esta estructura vascular se disponen una serie de ramas colaterales, concretamente, la arteria recurrente peronea posterior que contornea el cuello del peroné, la arteria recurrente tibial anterior que forma parte de la red perirrotuliana y la arteria recurrente peronea anterior que se ramifica en la cara externa de la rodilla. Más distalmente aparecen otras ramas colaterales con origen en la arteria tibial anterior. Entre ellas mencionamos a la arteria maleolar interna que termina en el maleolo dando ramos cutáneos y articulares, la maleolar externa que se anastomosa con la peronea y la dorsal del tarso.

A su paso por el tobillo, la arteria tibial anterior se empieza a denominar arteria pedia. Conforman una serie de ramas colaterales como son las ramas dorsales del tarso que dan ramas a los huesos, a las articulaciones y al pedio, que se anastomosan con la peronea anterior y, la maleolar externa por arriba, con la dorsal del metatarso por delante y con la plantar externa por fuera. Otras ramas de interés son la arteria del seno del tarso, que nace en ocasiones de la arteria dorsal del tarso o de la maleolar externa, la

cual recorre la entrada del seno astrágalo-calcáneo, para anastomosarse con una rama de la arteria plantar interna.

A nivel más distal se conforman la arteria dorsal del metatarso que se anastomosa en el borde del pie con la dorsal del tarso y la plantar externa. Originan las arterias interóseas dorsales; cada interósea dorsal se anastomosa por un ramo perforante posterior con el arco plantar y por un ramo perforante anterior con la interósea plantar correspondiente. También es de interés la arteria interósea dorsal del primer espacio que se subdivide en dos: una interna que da las colaterales dorsales interna y externa del primer dedo, y otra, externa, que es la colateral dorsal interna del segundo. Además de una perforante anterior, voluminosa, que se anastomosa con la interósea plantar del primer espacio.

La bifurcación posterior de la arteria poplítea es lo que denominamos tronco tibio-peroneo y es el encargado de irrigar la mayor parte de los tejidos situados en la zona posterior de la pierna y los tejidos plantares. Comienza en el anillo del sóleo, desciende verticalmente y termina dividiéndose en dos ramas: la arteria peronea y la tibial posterior.

Las ramas colaterales son la arteria nutricia del peroné y una rama anastomótica transversal que se une, un poco por encima de los maleolos, a una rama análoga de la arteria tibial posterior.

La arteria peronea desarrolla varias ramas terminales: la arteria peronea anterior que se anastomosa en la cara anterior de la articulación tibio tarsiana con la maleolar externa y la arteria peronea posterior que se anastomosa con la peronea anterior, la maleolar externa, la dorsal del tarso y la plantar externa.

La arteria tibial posterior se corresponde con la bifurcación interna del tronco tibio-peroneo y es mucho más voluminosa que la arteria peronea. Sobre ella se asientan varias ramas colaterales como son las ramas musculares para los músculos vecinos; un ramo anastomótico transversal, supramaleolar, que se une a un ramo análogo de la peronea; la arteria maleolar posterior e interna; este ramo se anastomosa con la maleolar interna rama de la tibial anterior; ramos calcáneo y a las partes blandas de la región póstero interna del talón.

A nivel más distal, la arteria tibial posterior se divide en el canal calcáneo en dos ramas terminales: las arterias plantares externa e interna. La arteria plantar externa que es más voluminosa que la interna, y parece la prolongación de la tibial posterior, y la arteria plantar interna que va en dirección hacia el dedo grueso dando dos ramas, interna y externa.

A nivel terminal distal las estructuras arteriales son múltiples y difusas, su calibre es muy reducido y en muchas ocasiones son inconstantes o sufren multitud de variantes.

### 1.3. LA VASCULARIDAD CUTÁNEA

Es evidente que la piel cumple una importante misión como zona de eliminación del calor sobrante de los procesos metabólicos corporales. Este calor es transportado desde los tejidos más profundos hacia la piel mediante la circulación sanguínea, siendo una de las principales funciones que tiene el tejido biológico que discurre a través del sistema vascular, es decir la sangre, que no sólo es la encargada del transporte de nutrientes y metabolitos, sino también de la traslación de energía térmica desde unos puntos a otros<sup>46</sup>. En diversos estudios se constata que existe una clara relación entre los cambios de temperatura central y las variaciones térmicas que se desarrollan de forma sincrónica en las extremidades<sup>47,48</sup>. Al provocar un calentamiento o enfriamiento de una zona del cuerpo desencadenamos una respuesta conjunta del resto del organismo<sup>49</sup>. El término vasodilatación indirecta es utilizado en la literatura para describir la respuesta vasodilatadora que ocurre en una parte del organismo como respuesta al calentamiento de otra parte del organismo<sup>50</sup>.

La convección circulatoria, como mecanismo termorregulador, puede verse alterado por el estado del sistema circulatorio sobre el que se sustenta, puesto que si existen alteraciones o disfunciones del entramado vascular puede condicionarse la eficacia de este sistema. Esta circunstancia es más apreciable en estructuras vasculares más distales y que, por el calibre de los vasos, sea más propensa a sufrir procesos patológicos. Desde un punto de vista clínico, la termorregulación por convección circulatoria se puede valorar en el ámbito de las estructuras microcirculatorias más periféricas; concretamente tendrá, en una disfunción o enfermedad que limite o reduzca los posibles volúmenes de sangre que puedan llegar a la superficie cutánea, un efecto de reducción significativa del calor eliminado a través de esta superficie de intercambio. Por tanto, el estado del sistema microcirculatorio subcutáneo determinará la cantidad de calor que llega a dicha estructura y estará relacionado con el volumen de sangre y el estado circulatorio en general.

Podemos definir al sistema microcirculatorio como la interfaz entre el aparato circulatorio y los tejidos que irriga. La microcirculación posee una estructura compleja y autorregulada. Las funciones del sistema microcirculatorio son: permitir los necesarios intercambios metabólicos de líquidos biológicos,

transportar o servir de vía de transporte para los elementos celulares y sustancias necesarias para la vida celular y tisular. Además el sistema microcirculatorio es el encargado de adaptar y regular las variaciones hemodinámicas impuesta por la macrocirculación arterial y venosa sobre el medio biológico tisular y celular.

La macrocirculación referida a todas las estructuras vasculares que por su tamaño son apreciables visualmente, es fácilmente valorable al existir diversos medios que, de forma directa o indirecta, nos determinan el grado de funcionalidad y eficacia de estas<sup>51</sup>. Sin embargo, las estructuras microvasculares, referidas a todas aquellas que por sus tamaños requieren el uso de medios para su visualización, constituyen casi un mundo inexplorado, teniendo en cuenta el tamaño de éstas y sobre todo el número de estructuras implicadas. Su valoración clínica la podemos realizar a través de datos físico indirectos como son: la oximetría cutánea<sup>52</sup>, el láser-doppler<sup>53</sup> y la espectrografía capilaroscópica<sup>54</sup>. Desde un punto de vista clínico, podemos evaluar el estado microvascular de la piel por los cambios de color y volumen que se producen a este nivel y que son indicativos indirectos del estado microcirculatorio. Estos cambios son evaluables de forma directa y podemos utilizar la volumetría, que cuantifica los cambios de volumen que, por ejemplo,

registra el contorno de un dedo, o de un tramo del miembro inferior, al producirse la entrada de sangre con cada pulso arterial, la cromometría, que cuantifica los cambios de coloración que se producen en la piel con el aporte de sangre y la termometría, que cuantifica la temperatura cutánea.

### 1.3.1. Vascularización cutánea:

La epidermis se trata de un espacio avascular que se nutre por imbibición de los vasos dérmicos que se proyectan a través de las papilas. La vascularización dérmica puede dividirse de forma esquemática en dos grandes grupos, los vasos cutáneos directos y los vasos cutáneos indirectos, formados a su vez por las perforantes musculocutáneas y el sistema fasciocutáneo<sup>55</sup>:

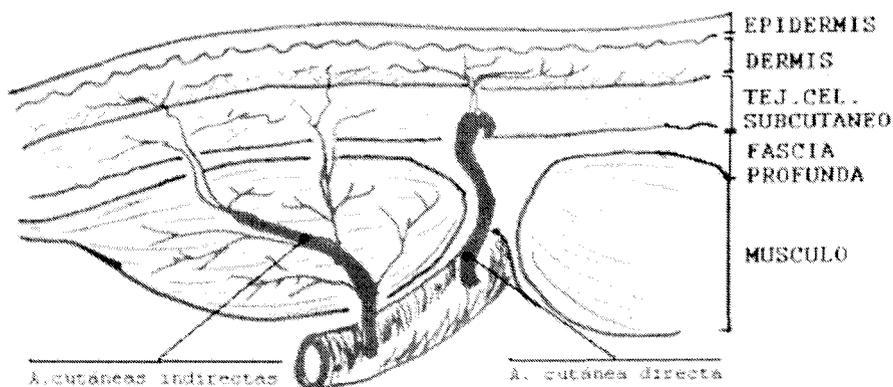


Ilustración 1: Vascularización cutánea

1. **Vasos cutáneos directos:** Constituyen los vasos primarios o dominantes en la irrigación de una zona determinada. Proceden habitualmente de una arteria subfascial o de alguna de sus ramas musculares pero, indiscutiblemente, se dirigen a irrigar la piel. Suelen ser largas, bien diferenciadas, en las zonas donde la piel es más móvil: torso, cabeza, cuello, brazos y muslos. Sin embargo, son más pequeñas y numerosas en los antebrazos y las piernas, excepto aquellas arterias que acompañan a nervios cutáneos. En las palmas y plantas están constituidas por una densa red de pequeños vasos cutáneos.

Estas arterias, que circulan en paralelo a la superficie de la piel en el tejido subcutáneo, alcanzan progresivamente la dermis profunda, donde se anastomosan para formar el plexo subdérmico. De esta red salen ramas perpendiculares a la superficie cutánea para dar de nuevo, entre la dermis papilar y reticular, un plexo superficial o subpapilar del que saldrán ramas que van a parar a las papilas dérmicas.

Las venas que recogen la sangre de estos vasos papilares forman una fina red, inmediatamente bajo la dermis papilar, que forma parte del plexo superficial. Continúan después hacia otra red de vasos de mayor tamaño entre la dermis papilar y reticular –plexo intermedio- y acaban en el plexo profundo entre la dermis y el tejido subcutáneo.

**2. Vasos Cutáneos Indirectos:** Constituyen el aporte secundario o suplementario de la piel. Son vasos pequeños, muy numerosos, que emergen de la fascia profunda y cuyo aporte procede de diferentes tejidos profundos, fundamentalmente músculos. Independientemente de su origen, estos vasos se unirán y formarán una red única con los vasos cutáneos directos. A menudo, estos vasos cutáneos indirectos son el mayor suplemento de los colgajos musculocutáneos, especialmente en aquellos en que la isla cutánea se sitúa sobre el músculo o está estrechamente unida. El conocimiento de estas arterias que, tras irrigar el músculo o la fascia se dirigen hacia la piel, es lo que permite la disección de una isla cutánea sobre el colgajo para el diseño de colgajos musculocutáneos o fasciocutáneos.

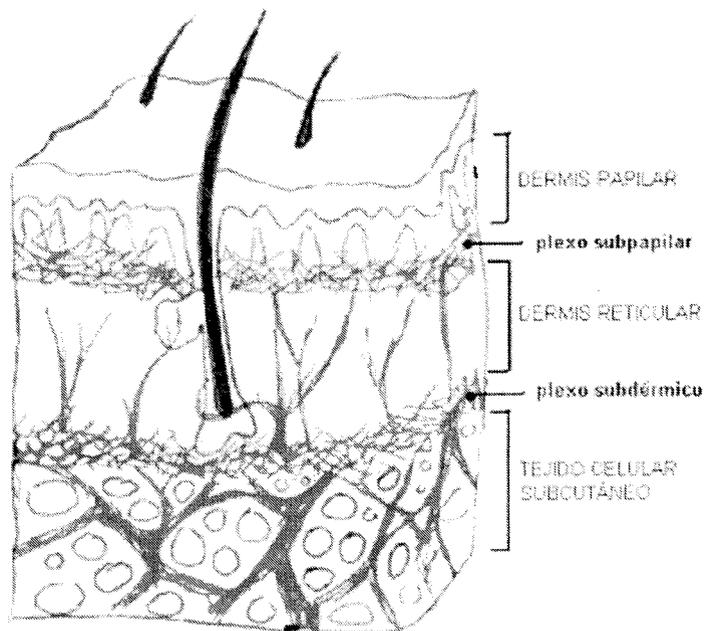


Ilustración 2: Plexos cutáneos

### 1.3.2. Vascularización subcutánea:

El tejido adiposo contiene su propio sistema vascular, a diferencia de la grasa perivascular, que no pertenece realmente al tejido subcutáneo, sino al tejido u órgano al que van asociados (p.ej. grasa mesentérica).

La grasa está dispuesta en lóbulos separados por septos fibrosos que se conectan tanto a la dermis como a la fascia profunda. A través de estas uniones de tejido conjuntivo pasan los nervios y vasos cutáneos. Cada lóbulo está formado por cientos o

miles de células adiposas, irrigadas por un simple pedículo que entra en el centro del lóbulo y drena a venas de la periferia.

Los vasos que nutren este tejido celular subcutáneo proceden de la fascia profunda y ascienden a través de la grasa subcutánea. Sin embargo, en zonas donde la capa de tejido graso es delgada, los lóbulos están vascularizados fundamentalmente por ramas descendentes del plexo subdérmico. Lo más frecuente es que, en áreas de importante panículo adiposo, esté irrigado por ambas arterias, tanto ascendentes como descendentes. La importancia de este hecho radica en la posibilidad de tomar colgajos adipofasciales, llevándose el sistema de irrigación profunda y dejando la piel y la grasa superficial nutrida por el plexo subdérmico.

• **Fascia profunda:**

La fascia no es uniforme ni de las mismas características en todo el cuerpo, por lo que podemos dividirla en dos grupos diferentes:

- ✓ En el tronco consiste en una superficie bien desarrollada sobre el músculo. Es una estructura elástica, en el sentido en que permite el movimiento del tórax y abdomen.

- ✓ En las extremidades, sin embargo, se trata de una estructura mucho más rígida. La fascia profunda de los muslos se continúa con la fascia intercompartimental. En este caso, no sólo recubre grupos musculares, sino que, además, sirve como parte del sistema retinacular, donde nacen fibras musculares y recubren tendones.

No sorprende, por lo tanto, que la irrigación de la fascia abdominal no guarde relación con la de las extremidades.

En el tronco, la vascularización está unida a la anatomía de los músculos planos subyacentes, sin un plexo fascial específico.

En las extremidades, los vasos circulan a través de septos fasciales entre los músculos, contribuyendo a la formación de dos plexos fasciales: uno subfascial y otro suprafascial. El plexo profundo está formado por ramas minúsculas de los vasos ascendentes que después perforan la fascia. El plexo superficial es más extenso y está formado por vasos mayores, también procedentes de los vasos ascendentes, pero una vez que han perforado la fascia.

### **1.3.3. Sistema neurovascular:**

Existen, además, dos plexos más que contribuyen a la vascularización cutánea: el plexo vascular paraneural, que recubre los nervios sensitivos que se dirigen a la piel, y el plexo vascular perivenoso. Ambos sistemas, además de nutrir la estructura que acompañan, se anastomosan al resto de plexos cutáneos contribuyendo a la vascularización de la piel.

### **1.3.4. Regulación del flujo sanguíneo**

El sistema microcirculatorio presente en la piel se caracteriza por estar abundantemente innervado por ramas de nervios simpáticos que regulan el flujo sanguíneo al controlar el cierre o apertura de las anastomosis arteriovenosas y de las arteriolas precapilares. En condiciones normales, se producen unos ciclos de vasodilatación-vasoconstricción provocados por periódicas descargas nerviosas o bien por la presencia de mediadores químicos endógenos. El sistema simpático garantiza que estos ciclos rítmicos se ejecuten, siendo fundamentales para permitir una buena parte de la perfusión tisular<sup>56</sup>. Las disfunciones del sistema simpático condicionan el ritmo de perfusión sanguínea a la piel al alterar la filtración de fluidos procedentes de los capilares<sup>57</sup>. Si las disfunciones afectan a zonas localizadas del organismo, condicionan alteraciones en la

termorregulación de estas áreas, originando una reducción del tono vasoconstrictor y el consiguiente aumento del flujo sanguíneo de la zona. Si este proceso ocurre en la piel el efecto es un aumento ponderal de la temperatura cutánea de la zona<sup>58</sup>. Esta circunstancia parece ser determinante en procesos como son la diabetes, donde se ha determinado que la pérdida del tono nerviosos del sistema simpático, junto a la disfunción de los nervios sensitivo-motores, son fundamentales para desencadenar un incremento de la permeabilidad capilar<sup>59</sup>.

Varios factores extrínsecos o intrínsecos de los vasos regulan el flujo sanguíneo. Los factores intrínsecos son aquellos que, procedentes del mismo vaso, regulan su función. Los factores extrínsecos circulan en la sangre y son capaces de interactuar con las células endoteliales para la regulación del vaso, ya sean de origen nervioso, humoral o metabólico. La capacidad de regular el aporte de sangre a la piel es muy complejo, y el equilibrio que se establece entre los proceso de vasoconstricción/vasodilatación aparece influenciados por multitud de factores como las condiciones medioambientales, los requerimientos de aporte de nutrientes de los tejidos, etc. Es tal la capacidad que este sistema posee, que se ha estudiado que en condiciones adversas puede reducirse el flujo de sangre hasta anularse completamente o incrementar el flujo vascular hasta niveles máximos<sup>60</sup>.

El óxido nítrico (NO) es el mediador final común para muchas sustancias que realizan su función sobre la pared del vaso. Los factores reguladores del flujo se dividen en aquellos que producen vasodilatación (estímulo beta-adrenérgico, colinérgico, bradicinina, histamina, PGE1, prostaciclina, hipoxia, acidosis e hipertermia) y aquellos que producen vasoconstricción (estímulo alfa-adrenérgico, serotonina, tromboxano A2, hipotermia y la distensión miogénica). Además, la serotonina, trombina, adenosina difosfato (ADP) e histamina producen vasodilatación mediante la liberación de NO. Estudios posteriores han demostrado que la secreción continua de NO es necesaria para la disminución de las resistencias vasculares<sup>61 62</sup>.

El control miogénico también forma un importante mecanismo de regulación en el músculo liso arteriolar, que puede reaccionar para contraerse y producir un importante aumento de la presión intraluminal. Este mecanismo actúa fundamentalmente en arteriolas menores de 100 micras y tiende a mantener un flujo sanguíneo continuo a pesar de verse sometido a incrementos de presión.

El sistema nervioso simpático provee directamente inervación a los vasos y es, indirectamente, uno de los mayores contribuidores del tono vascular basal, mediante el control de la función de las anastomosis arteriovenosas. Algunas sustancias se conocen como lesivas para el flujo sanguíneo, es el caso de la nicotina, que se ha demostrado en múltiples estudios, el efecto vasoconstrictor de la

misma y, por lo tanto, la reducción del caudal sanguíneo disponible<sup>63</sup>.

Una revisión de los estudios de Manchot y Salmon<sup>64</sup> combinado con estudios del aporte vascular de la piel y tejidos subyacentes, hizo que Taylor y Palmer<sup>65</sup> desarrollaran en 1987 una división anatómica del cuerpo en territorios vasculares tridimensionales llamados angiosomas, que corresponden a cada territorio cutáneo que está irrigado por una arteria y su vena accesoria. Cada angiosoma se divide a su vez en un territorio arterial, llamado arteriosoma, y un territorio venoso, denominado venosoma. Las venas cutáneas también forman una red tridimensional de canales interconectados bien desarrollada. Aunque la mayoría de estas venas poseen válvulas para crear un flujo unidireccional, a menudo están interconectadas por venas avalvulares (oscilantes) que permiten el flujo bidireccional entre territorios venosos adyacentes. La vascularización de la piel se dispone en forma de dos plexos arteriovenosos horizontales denominados superficial y profundo, localizados entre la dermis papilar y reticular el primero, y el límite dermohipodérmico el segundo, e interconectados por vasos comunicantes de disposición vertical.

Las arteriolas terminales, asas capilares papilares y vénulas postcapilares, son componentes del plexo superficial; todas ellas se caracterizan por poseer luces estrechas y paredes delgadas. Las

arteriolas y vénulas colectoras son las características del plexo profundo y presentan luces más amplias y paredes más gruesas que los vasos presentes en el plexo superficial.

Además, existen estructuras vasculares especializadas llamadas glomus, localizadas entre arteriolas y vénulas e inervados por la rama simpática del sistema nervioso vegetativo, muy abundantes en zonas acras (nariz, pabellón auricular, punta de los dedos) que actúan como intercambiadores de flujo entre ambos plexos.

## 1.4. VASCULOPATIAS ARTERIALES PERIFÉRICAS

### 1.4.1. Arteriopatías del miembro inferior

La arteriosclerosis obliterante es la causa más frecuente de la enfermedad oclusiva arterial en los adultos y su forma más común es la aterosclerosis<sup>66</sup>. La arteriosclerosis se asocia a la presencia de factores de riesgos bien definidos, que a su vez se pueden clasificar en propios del sujeto, como es la edad, el sexo, su carga genética, etc; y en factores adquiridos o extrínsecos como son el tabaquismo, la diabetes mellitus, la hipertensión arterial, la dislipemia, la obesidad y el sedentarismo<sup>67</sup>. Esta enfermedad afecta alrededor del 15% de los adultos con edades superiores a los 55 años, aunque es cuatro veces más frecuente en varones que en mujeres<sup>68</sup>. Es un proceso que, en términos generales suele evolucionar lentamente, y después de 5 a 10 años se ha observado que entre el 20 al 30% de los pacientes afectados presentan síntomas de empeoramiento afectando principalmente a los miembros inferiores<sup>69, 70</sup>. Este proceso desemboca en un cuadro clínico de isquemia crónica que se acompaña, en los estadios más avanzados, de dolor, que puede llegar a ser intenso incluso en reposo, dificultad para andar trayectos largos, edema y eritrocianosis del tercio distal del miembro inferior, necrosis de los tejidos más distales, reducción de la temperatura cutánea en los tejidos afectados, etc<sup>71</sup>.

El diagnóstico de las enfermedades vasculares periféricas se debe sustentar en una anamnesis detallada seguida de una exploración física completa<sup>72</sup>. Se debe interrogar sobre la existencia de antecedentes familiares y personales que se relacionen con el desarrollo de estas enfermedades, y por la existencia de hábitos o factores que desarrollen el riesgo vascular. Sin ningún tipo de dudas, el síntoma fundamental de este tipo de procesos es el dolor. El dolor de la isquemia crónica se desarrolla de forma progresiva con la deambulación mantenida, llegando a ser tan intenso que finalmente obliga al sujeto a detener la marcha y reposar, con lo cual, la clínica dolorosa remite progresivamente determinando un proceso que denominamos como claudicación intermitente. La distancia recorrida por el sujeto afecto por esta disfunción vascular, antes de aparecer la clínica dolorosa, suele ser aproximadamente la misma, y la reducción de esta distancia nos indica que existe un empeoramiento de la obstrucción arterial, pudiendo utilizar esta información como test diagnóstico.

En la evaluación clínica de estos casos se utilizan técnicas exploratorias no invasivas e invasivas. Los procedimientos no invasivos más habituales son la evaluación hemodinámica basada en la medida de la presión arterial y del flujo sanguíneo del tramo vascular en estudio. En los casos más graves, con cuadros de

calcificación arterial severa, estas técnicas resultan inútiles al no poder provocar una oclusión arterial mediante la insuflación de un manguito de presión por la rigidez que llegan a desarrollar las arterias calcificadas en los tramos más distales, con el resultado de presiones extremadamente altas (+ 300 mmHg), o la imposibilidad de provocar el colapso arterial. En estos casos, la termometría aparece como una opción válida, para evaluar la situación vascular periférica del individuo<sup>73</sup>.

Las arteriopatías oclusivas se caracterizan por la disminución del aporte de sangre a los tejidos periféricos y los efectos derivados de la falta de aportes de nutrientes y oxígeno y la retirada de metabolitos derivados de los procesos bioquímicos celulares. La instauración de este tipo de procesos patológicos tiene una etiopatogenia de tipo multifactorial, pero independientemente de los factores que influyen en el desarrollo del proceso de obliteración de la luz vascular, la limitación o reducción del flujo sanguíneo, y por tanto de aporte de oxígeno a los tejidos a través de los sistemas microcirculatorios, adquieren gran relevancia para poder justificar el desarrollo de las alteraciones que se instauran en los tejidos afectados<sup>74</sup>. El primer estudio que empieza a analizar la influencia de la microcirculación en el desarrollo de lesiones isquémicas en extremidades inferiores fue realizado por Goldenberg<sup>75</sup> en 1959

realizando estudios microscópicos de piezas anatómicas procedentes de pies amputados por procesos isquémicos. Estudios histológicos posteriores<sup>76,77</sup> determinaron que el desarrollo de lesiones isquémicas tanto en pacientes diabéticos como no diabéticos se producía por una obliteración de la luz de los vasos y por un incremento desmesurado de la proliferación de las células endoteliales<sup>78</sup>. Estudios anatomopatológicos más recientes, han determinado que en existe una reducción significativa de la densidad de los microcapilares funcionales presentes en la epidermis en pies con lesiones isquémicas<sup>79,80</sup>. Además, se ha determinado que los pacientes con lesiones isquémicas periféricas presentan un disfunción de los plexos vasculares subpapilares, con un aumento de la permeabilidad vascular, alteraciones en la capacidad autorreguladora de las propias estructuras microvasculares y aumento de las anastomosis arteriales si lo comparamos con un grupo control<sup>81</sup>. Este conjunto de alteraciones determina la incapacidad para originar una respuesta vasodilatadora eficaz ante una situación de isquemia tisular<sup>82</sup>. De hecho algunas terapias físicas que se utilizan en el tratamiento coadyuvante de las úlceras neuro-isquémicas crónicas, se basan en la aplicación controlada de calor con el objeto de producir vasodilatación del lecho subdérmico sobre el que se asienta la lesión, provocar un efecto hiperemiante y estimular de esta forma la actividad regeneradora del sistema reticulondotelial<sup>83</sup>. La termoterapia por

infrarrojos es el ejemplo más claro de este proceso<sup>84, 85</sup>. Este defecto aparece como elemento clave, ligado al desarrollo de lesiones secundarias a procesos de isquemia, por obliteración arterial, en la insuficiencia arterial periférica. La insuficiencia arterial periférica aparece en muchas ocasiones ligada a la diabetes<sup>86</sup>. Esta relación implica la presencia tanto de lesiones o alteraciones a nivel macrocirculatorio como a nivel microcirculatorio. El incremento de la agregación plaquetaria y de la capacidad de adhesión de los monocitos, la mayor viscosidad del plasma por aumento del fibrinógeno presente y la disminución en la producción de óxido nítrico necesario para que se active la guanil-ciclasa y se provoque la vasodilatación de los vasos son los pilares bioquímicos sobre los que se sustentan los procesos vasculares que cursan con obliteración vascular<sup>87, 88</sup>. Al originarse una pérdida de flujo vascular por limitarse la capacidad vasodilatadora de los vasos se origina un stress oxidativo por falta de oxígeno, provocándose un aumento de la generación de radicales libres que pueden inactivar de forma más notoria la función del óxido nítrico.

Los síntomas asociados con la insuficiencia arterial periférica, en especial la claudicación, el dolor en reposo y las lesiones tisulares son causados por la reducción del flujo sanguíneo hacia los capilares que conforman las estructuras microcirculatorias,

provocando una incapacidad para atender las demandas metabólicas de los tejidos irrigados por los elementos vasculares afectados. Mientras que las patologías que cursan con oclusión de estructuras macrovasculares son actualmente fácilmente diagnosticables, al existir diversos instrumentos tecnológicos que nos permiten evaluar de forma precisa la funcionalidad de dichas estructuras, la valoración de la funcionalidad del sistema microcirculatorio es, a veces, extremadamente complejo, motivado por la multitud de vasos que lo conforman, el tamaño de éstos, la forma en que se interrelacionan y la dificultad técnica para poderlos valorarlos de forma aislada.

#### **1.4.2. Valoración clínica de las arteriopatías periféricas.**

La evaluación vascular de un individuo debe comenzar con la anamnesis, en estos casos debemos enfatizar el interrogatorio al paciente, sobre aspectos de la sintomatología que se relacionan con las alteraciones vasculares<sup>89</sup>. Los pacientes con reducciones significativas del flujo arterial a las extremidades refieren la presencia de dolor ligado a la realización de actividades físicas moderadas. En las arteriopatías moderadas, el dolor por claudicación intermitente, sobre todo presente en la pierna, obliga a los pacientes a realizar una deambulación con paradas frecuentes originadas por dolor isquémico ante la insuficiente irrigación de la musculatura. Otro indicador importante de la insuficiencia vascular es la dificultad para cicatrizar heridas o ulceraciones. El examen físico debe valorar aspectos como el estado de las faneras y la presencia de lesiones. Puntualmente el examen de los pulsos periféricos es de la mayor importancia. Los pulsos periféricos se clasifican en cinco categorías entre 0 y 4, siendo 0 la ausencia de pulso y 4 un pulso normal. Los pulsos que se examinan de forma rutinaria son el femoral, poplíteo, tibial posterior y pedio.

En líneas generales, la presencia de pulsos distales (pedio y/o tibial posterior) normales o levemente disminuidos, son compatibles con perfusión suficiente para cicatrizar una lesión<sup>90</sup>. Por otro lado, la ausencia de pulsos no significa necesariamente perfusión insuficiente. Esto puede ocurrir en pacientes con calcificación vascular, en los cuales la onda de pulso no se transmite por rigidez de la pared arterial.

Otro procedimiento sencillo que habitualmente se utiliza en la evaluación clínica de las arteriopatías, es el test de relleno capilar o tiempo de relleno capilar<sup>91</sup>. Esta prueba simple, descrita por primera vez por Buerger<sup>92</sup> en 1924, no requiere ningún tipo de aparatología específica y orienta al explorador sobre el estado de la circulación colateral. Básicamente valoramos el tiempo que necesita una zona plantar para recuperar la coloración después de provocar isquemia tisular por compresión. Algún estudio estandariza el uso de una jeringa de 5 ml. como elemento para provocar una superficie cutánea comprimida similar y niveles de compresión parecidos<sup>93</sup>.

Entre las técnicas diagnósticas instrumentalizadas aplicables, debemos diferenciar entre las que evalúan la morfología y las que evalúan la funcionalidad de las estructuras vasculares en estudio.

Entre las pruebas funcionales más utilizadas destacamos las presiones segmentarias, el índice tobillo/brazo (ITB)<sup>94</sup> y la plestimografía<sup>95</sup>.

La prueba de las presiones segmentarias consiste en registrar la presión arterial sistólica de los diferentes segmentos de la extremidad inferior: muslo, pantorrilla y tobillo<sup>96</sup>. Para realizarlo se utilizan manguitos de diferentes medidas, aunque el de tobillo es idéntico al utilizado normalmente para la medición de la presión arterial en el brazo. Para identificar el reinicio del flujo después de la oclusión con manguito (presión sistólica), se auscultan las arterias distales con doppler. El doppler es un instrumento capaz de representar en sonido audible el movimiento de los glóbulos rojos, a su paso a través de la luz vascular.

Como presión de referencia, y asimilándola a la presión sistémica, se utiliza la presión arterial sistólica del brazo. De esta forma se puede realizar una relación entre la presión del tobillo y del brazo, que represente el porcentaje de la presión arterial de la extremidad respecto a la sistémica: Índice tobillo / brazo (ITB) o índice de Yao.

La interpretación clínica del ITB es la siguiente<sup>97</sup>:

<b>ITB</b>	<b>Estadio clínico</b>
> 1.3	Arterias calcificadas
0.9 - 1.3	Estado hemodinámico normal
0.75 - 0.9	Arteriopatía leve
0.4 - 0.75	Arteriopatía moderado
< 0.40	Arteriopatía severa

Tabla 1: Valoración clínica mediante el ITB.

El ITB es un procedimiento de evaluación sencillo que no requiere el uso de equipos sofisticados y que aporta al explorador una información cuantitativa fácilmente comprensible<sup>98</sup>. Las dificultades comienzan al encontrarse con arterias calcificadas, como ocurre en la diabetes. Al tomar la presión, no será posible comprimirlas normalmente con el manguito para detener el flujo. La presión arterial así registrada, será más alta que la real y potencialmente se puede catalogar falsamente como normal.

La pletismografía (registro de volúmenes de pulso o PVR) consiste en registrar cambios de volumen de segmentos de la extremidad en relación con el ciclo cardíaco, correlacionando ésto con el volumen de sangre que recibe la extremidad o segmento en estudio. Nuevamente, se utilizan manguitos de presión inflados a una presión y volumen standard, conectados a un transductor de presión y a un sistema de registro. De esta forma se logran curvas con morfología similar a las registradas con una línea arterial y de cuyo análisis, tanto morfológico como cuantitativo, se puede determinar el grado de reducción de la perfusión arterial<sup>99</sup>.

Este último sistema es independiente de la calcificación de las arterias, por lo que es particularmente útil en el paciente diabético. Sus características le permiten determinar la capacidad de cicatrización y también es útil en la evaluación inicial y en el seguimiento del paciente con claudicación intermitente de origen vascular.

La combinación de estos dos exámenes permite valorar eficazmente el nivel de la lesión y su magnitud<sup>100</sup>. Ambos exámenes se realizan en reposo. En el paciente con claudicación intermitente se puede asociar el realizarlo después de ejercicio. Con ésto se pone en evidencia una lesión crítica, que sólo con la vasodilatación

distal se hace hemodinámicamente significativa, llevando a la caída de la presión arterial y de la onda de volumen de pulso en el segmento estudiado.

Existen múltiples exámenes que apuntan en la misma dirección, por ejemplo la fotopletismografía, el análisis de las curvas de doppler y otros<sup>101</sup>.

El estudio morfológico por excelencia es la angiografía<sup>102</sup>. A pesar ser invasivo y de requerir hospitalización, al menos transitoria, sigue siendo vital en la toma de decisiones de tipo terapéutico al plantearse cirugía tradicional o endovascular. Consiste en la introducción de un catéter en la circulación arterial, habitualmente utilizando la técnica de Seldinger<sup>103</sup> y, en general, a través de la arteria femoral común u otra (humeral, axilar o aorta abdominal). Una vez localizado el área a estudiar, se inyecta un medio de contraste radiopaco y se realiza la adquisición de la imagen directamente en placas radiológicas (angiografía tradicional) o en un sistema de procesamiento de imágenes digitales (angiografía por sustracción digital).

Recientemente ha aparecido la aplicación generalizada de la ecografía dúplex, en el estudio de la enfermedad arterial oclusiva de extremidades inferiores<sup>104</sup>. En líneas generales, consiste en asociar imágenes de ecografía a tiempo real con un sistema doppler pulsado, capaz de ser enfocado a distintas áreas del vaso en estudio. Además, es capaz de «colorear» las áreas de sangre en movimiento, asignando colores arbitrarios según la dirección del flujo.

La resonancia nuclear magnética (angioresonancia), es una tecnología en pleno desarrollo en patología vascular periférica<sup>105</sup>. Experiencias recientes en extremidades inferiores la comparan muy favorablemente con la angiografía. Incluso tendría la ventaja (entre otras) de mostrar vasos distales permeables, de muy bajo flujo, que la angiografía no sería capaz de detectar.

Se han desarrollado distintas técnicas exploratorias para realizar valoraciones cuantitativas y cualitativas del sistema microcirculatorio. Entre las más utilizadas destacamos la tensión transcutánea de oxígeno, la iontoforesis, la capiloroscopy dinámica y la imagen hiperespectral.

La tensión transcutánea de oxígeno (TCpO<sub>2</sub>) es el método más utilizado desde 1970 para evaluar la microcirculación de la piel<sup>106</sup>. Este método exploratorio cuantifica las moléculas de oxígeno transferidas a la microcirculación de la piel mediante el uso de un transductor. Existen estudios donde se confirma una reducción de esta saturación de oxígeno en los tejidos cutáneos del pie en individuos que presenten enfermedad vascular periférica<sup>107</sup>, y en los estadios más severos de la enfermedad, con presencia de dolor en reposo o presencia de lesiones isquémicas periféricas, la saturación de oxígeno aparece muy baja<sup>108</sup>. Este procedimiento se ha utilizado con éxito para predecir la viabilidad de los tejidos, por ejemplo en amputaciones distales en el pie, determinándose, en algún estudio, que, con tensiones transcutáneas superiores a 30 mmHg, más del 90% de los casos cicatrizan con normalidad sin requerir amputaciones mayores<sup>109</sup>.

El desarrollo tecnológico de técnicas no-invasivas ha posibilitado la cuantificación de la función endotelial como un factor presente en las alteraciones microcirculatorias. La valoración de la vasoreactividad o respuesta vasodilatadora, se ha realizado mediante la iontoforesis, que es una técnica que requiere la administración intradérmica de sustancias químicas que provocan

procesos de vasodilatación en la zona, midiendo la variación del flujo vascular mediante un doppler.

También se utiliza la capiloroscofia dinámica, en la que se administra una sustancia fluorescente, concretamente la fluoresceína, que nos permite la valoración funcional de la microcirculación cutánea<sup>110</sup>. Esta técnica hace posible visualizar no sólo los capilares microvasculares sino también los espacios intersticiales y por tanto, cómo se realiza la perfusión transcápilar. Los estudios realizados con esta técnica indican que la fluoresceína administrada se difunde a los tejidos de una forma no homogénea cuando nos encontramos en un tejido afecto por procesos isquémicos<sup>111</sup>. Actualmente se utiliza en combinación con la flujometría doppler en la evaluación de la viabilidad de los injertos cutáneos pues nos informa sobre la irrigación, procedente de los plexos subpapilares y que nutren el injerto realizado.

La técnica más novedosa actualmente consiste en el uso de cámaras que permiten la obtención de imágenes de alta resolución que evalúan el espectro que emiten la hemoglobina, oxihemoglobina, desoxi-hemoglobina y el oxígeno presentes en un tejido limitado y, por tanto, nos refiere la forma que tienen estas moléculas de acceder a los tejidos en estudio y que evidentemente estarán relacionados con el flujo sanguíneo presente en dicha zona.

## 1.5. EL «PIE FRÍO»

La termometría, aplicada a la cuantificación de los volúmenes de sangre que llegan a la piel como medida del estado circulatorio microvascular, fue la primera técnica exploratoria vascular periférica no invasiva que se desarrolló. Fue Lewis en 1930 quien intentó comprobar si existía alguna relación entre temperatura cutánea y funcionalidad vascular<sup>112</sup>. Este investigador realizó su estudio utilizando termómetros de mercurio fijados a la piel mediante vendajes.

El enfriamiento de los tejidos va a provocar una serie de cambios químicos y fisiológicos en los tejidos que presenten esa situación de hipotermia. Sabemos que si reducimos la temperatura de un tejido vivo, entre los 20 a 30°C se va a producir un notable aumento de la viscosidad plasmática<sup>113</sup>, con lo que se verá reducida y dificultada la movilidad del plasma y todo lo que este transporte. Ligado al enfriamiento tisular, se produce un aumento de la rigidez y del volumen celular de los hematíes, lo que producirá cierto grado de incapacidad de estas células para adaptarse al medio y realizar sus funciones fisiológicas sobre todo a nivel capilar<sup>114</sup>. La reducción de la temperatura tisular, por debajo de los 30°C, reduce la

movilidad de los leucocitos, y por tanto, su capacidad para acudir a los lugares donde sea necesario para desarrollar sus funciones inmunitarias<sup>115</sup>. La temperatura también influye de forma evidente en otros procesos, de esta forma, la reducción de flujo sanguíneo provocada por el aumento de la viscosidad plasmática, y la reducción de la capacidad de las células sanguíneas para ser transportadas a través de estructuras vasculares de reducido tamaño, van a provocar en conjunto, una reducción del flujo sanguíneo con la consiguiente reducción de los aportes de oxígeno a las células y reducción de la eliminación de los metabolitos tóxicos resultantes de la fisiología celular<sup>116</sup>. Parte de estos detritus, como es el óxido nítrico, la prostaciclina<sup>117</sup> y otras sustancias que tienen influencia en la vasoconstricción, tales como la angiotensina II o la endotelina<sup>118</sup>, aumentan sus concentraciones tisulares, provocando a su vez una mayor reducción del flujo sanguíneo tisular. En conjunto, podemos concluir, que la hipotermia tisular desencadena toda una serie de procesos bioquímicos y fisiológicos que desencadena una reducción del flujo sanguíneo en dichos tejidos.

El pie, como estructura anatómica, es biotérmicamente deficitario, al ser una estructura con mucha superficie de contacto con el exterior respecto a la masa global del pie. Esta

desproporción condiciona que ante una situación medioambiental adversa, se produzcan importantes flujos biotérmicos que influyen en la temperatura del pie. También debemos tener en cuenta que la masa anatómica del pie es reducida y por tanto, la capacidad para almacenar calor en los tejidos también es muy limitada, lo que condiciona la inestabilidad térmica ante cambios bruscos de temperatura. Otra circunstancia que es determinante para comprender la inestabilidad térmica del pie, reside en las características de los tejidos presentes en dicha estructura anatómica. De una parte, la presencia de tejidos grasos, que porcentualmente son importantes en el pie, componen capas de este tipo de tejidos con espesores muy reducidos. Teniendo en cuenta, que una de las principales funciones del tejido graso es servir de aislante térmico, podemos entender que la poca cantidad de estos tejidos dificultará la preservación de calor en situaciones deficitarias. De otra parte, el pie como cualquiera de los territorios anatómicos, es capaz por si solo de generar calor, procedente del metabolismo de los tejidos presentes en dicha estructura anatómica. Teniendo en cuenta que el tejido que más capacidad posee de forma intrínseca para generar calor, son las fibras musculares, y que la presencia de estructuras musculares en la anatomía del pie, es ciertamente reducida, provoca que la capacidad de generación de calor propio procedente del metabolismo muscular en el pie, este ciertamente muy limitada.

Por tanto, el pie de una parte genera poco calor biológico de forma autónoma, y de otra parte, por sus características anatómicas, se ve muy influenciado por los cambios medioambientales que lo rodean. Estas circunstancias provocan que dependa en gran medida, del calor importado de otros territorios biológicos a través del sistema circulatorio.

Estas circunstancias determinan que el pie sea un territorio anatómico que siempre estará más frío si lo comparamos con la temperatura presente en el compartimento central.

Lotens<sup>119, 120, 121</sup> desarrolla un modelo de simulación del estado térmico podal ante situaciones de exposición al frío, basado en la interrelación de las características medioambientales, la capacidad de aislamiento del calzado del medio exterior y el flujo sanguíneo al pie. Este autor llega a la conclusión de que la temperatura superficial del pie depende sobre todo del flujo sanguíneo que llega a este nivel, indicando igualmente que esta temperatura superficial se ve afectada importantemente por otros factores, sobre todo por las condiciones térmicas del exterior. En sus trabajos define una serie de principios que pretenden explicar la termodinámica superficial del pie, y que son:

- la extremidad inferior esta constituido por una piel delgada, con un sistema pasivo de control térmico y de flujo sanguíneo cutáneo.

- El control de flujo sanguíneo a la piel es una combinación lineal del calor corporal, temperatura superficial y la temperatura local de la piel. Cada uno de estos tres factores tiene un peso específico que se cuantifica con un valor  $x$  de 1.5, 0.2 y 0.16 respectivamente

- El sistema de transporte de calor a través de la sangre aporta al menos el 60% de calor presente en la piel.

Los trabajos de Lotens han sido recientemente validados para comprobar la eficacia del calzado utilizado en condiciones de frío extremo, indicando los autores que ciertamente es un modelo que pretende explicar cómo se mantiene caliente el pie, pero que existen algunas limitaciones en el modelo que deben ser mejoradas<sup>122</sup>.

Como hemos indicado previamente, desde principios del siglo veinte se empieza a analizar la relación que puede existir entre la temperatura de la piel y el grado de irrigación sanguínea, entendiéndolo como marcador del estado vascular de dicho tejido.

Este método de evaluación clínica se utilizó poco, debido a las limitaciones que presentaba referidas a la incapacidad para discriminar entre las variaciones térmicas por aporte sanguíneo de tipo nutricional y las modificaciones debidas a la termorregulación, a la falta de sensibilidad al detectar sólo las grandes variaciones y, sobre todo, a la falta de resolución de los instrumentos de medida<sup>123</sup>. Con el desarrollo posterior de termómetros que determinan la temperatura a distancia de la piel y que miden con gran precisión la cantidad de calor irradiada por el tejido, se nos abren nuevas posibilidades diagnósticas para esta tecnología<sup>124</sup>. Estudios recientes, reflejan el gran interés que podría tener la valoración de las características térmicas, sobre todo en el manejo clínico del pie diabético<sup>125, 126</sup>. La potencialidad de estas técnicas, unido al desarrollo de una tecnología capaz de obtener datos fiables y precisos<sup>127</sup>, posibilitan que se realicen aplicaciones incluso para evaluar el riesgo de sufrir lesiones en puntos muy específicos<sup>128</sup>.

Existen diversos estudios clínicos que relacionan la temperatura superficial cutánea con el estado vascular de los tejidos subcutáneos<sup>129, 130</sup>. En términos generales, relacionamos un «pie frío» con un pie con problemas vasculares. Sin embargo, esta asociación entre frialdad podal y disfunción vascular periférica

no está cuantificada, no apareciendo claramente definida en la bibliografía cuál es la temperatura normal en el pie y qué podemos considerar como normal y anormal al referirnos a la temperatura distal, de ahí que nos hayamos planteado el presente trabajo.

De igual manera, aunque no es el objetivo de nuestra investigación, debemos indicar que esta descrito el “síndrome del pie ardiente” que hace referencia a un cuadro clínico donde el paciente describe hipertermia podal sobre todo a nivel plantar, no relacionado con un aumento de la temperatura corporal, y que habitualmente aparece en condiciones de relajación del sujeto. La sensación de hipertermia plantar se suele asociar a procesos de hiperalgesia o dolor de tipo neuropático, y aparece frecuentemente cuando el sujeto esta acostado imposibilitándolo para conciliar el sueño<sup>131</sup>. Recientemente se ha determinado que la hipertemia podal esta provocada por una disfunción nerviosa que origina una amplificación de la sensación dolorosa acompañada de vasodilatación<sup>132</sup>.

### 1.5.1. El «pie frío» como signo clínico

La aplicabilidad clínica de la termometría ha sido ampliamente validada para diversos usos<sup>133, 134</sup>. Desde un punto de vista vascular, hay estudios que definen qué tejidos periféricos tienen mejor capacidad para cicatrizar basándose en las temperaturas obtenidas<sup>135</sup>. Estos datos permiten al clínico valorar la viabilidad de un injerto cutáneo<sup>136</sup>, el nivel para realización de una amputación<sup>137</sup> o la capacidad de una úlcera para cicatrizar<sup>138</sup>. En los referentes bibliográficos<sup>139</sup>, la gran mayoría de los autores coinciden en relacionar la disminución de la temperatura podal como indicativo de la instauración de un proceso obstructivo arterial evolutivo de grado severo, y de que este signo se relaciona con la inminencia del desarrollo de lesiones necróticas en el pie. También es de destacar como el aumento de la temperatura podal, aparece relacionado con diversas situaciones clínicas, tales como la instauración de un proceso séptico<sup>140</sup> o en la instauración de la distrofia osteoarticular como es el caso de la artropatía de Charcot<sup>141, 142</sup>. En la revisión bibliográfica aparecen pocos datos que determinen cuál es la temperatura normal en el pie. No obstante, este interés por las condiciones termométricas de la piel en las extremidades ha desembocado recientemente en la realización de estudios sobre la normalidad térmica de las manos<sup>143</sup>. Kidawa<sup>144</sup>, en un estudio sobre la relación entre la temperatura digital y la

capacidad para cicatrizar una herida o lesión ulcerosa, indica que la temperatura digital normal es superior a 29°C y que es un indicativo de un correcto estado vascular. Entre 23,3° y 29°C existe el riesgo de sufrir procesos de cicatrización tórpidos y, por debajo de 23,3°C se demuestra una pobre capacidad biológica para reparar los daños tisulares en la piel. Este autor, en alguno de sus trabajos, concluye con la aplicabilidad que tendría el conocimiento de las características térmicas del pie en diversas situaciones, y su aplicabilidad clínica<sup>145</sup>.

Basándonos en estos referentes podemos inferir que la temperatura de los tejidos es un signo clínico valorado y valorable. Por la asequibilidad en la obtención de este parámetro de una forma cualitativa para el explorador y por la simpleza de su obtención, se podría utilizar como dato clínico de interés a la hora de reflejar una situación concreta.

### **1.5. 2. Relación entre «pie frío» y pie isquémico**

En pacientes con compromiso arterial, el volumen de flujo sanguíneo y la perfusión vascular cutánea aparecen reducidos de forma notoria, sobre todo en los tramos más distales de los miembros inferiores<sup>146</sup>. Además de este uso, la termometría cutánea también puede ser utilizada para evaluar de forma cuantitativa

aumentos de la temperatura superficial en otros procesos que cursan con variaciones térmicas como la tromboflebitis, linfangitis, vasculitis, celulitis por trauma o infección, evidentemente en procesos superficiales<sup>147</sup>. Las variaciones térmicas más profundas, como por ejemplo los procesos inflamatorios, pueden ser evaluadas con equipos termográficos que, por sus características y sensibilidad, están capacitados para identificar y valorar los cambios térmicos que se produzcan en los planos anatómicos más profundos. La aplicación más conocida de la termografía en el campo de la medicina es para el diagnóstico y seguimiento de procesos tumorales que cursan con un aumento de la perfusión y, por tanto, de la temperatura focal. Se ha observado cómo la colocación en horizontal de estos individuos (exploración en camilla en decúbito supino) origina una disminución paulatina de la temperatura de la piel más distal. En los casos más extremos de vasculopatías arteriales periféricas, la situación no mejora con la deambulación del individuo, puesto que el ejercicio físico y sobre todo las necesidades metabólicas de la musculatura del miembro inferior implicada en los gestos biomecánicos de la deambulación, condicionarán que la mayor cantidad de sangre disponible pase a irrigar la musculatura del muslo y la pantorrilla, en detrimento de la irrigación de zonas más distales, con la correspondiente pérdida de flujo sanguíneo a estos niveles y la reducción de la temperatura de la superficie cutánea, sobre todo de los dedos del pie. En

arteriopatías orgánicas, que originan una paulatina oclusión o estenosis de la luz vascular y siempre en procesos crónicos de larga duración, la pérdida de perfusión distal se intenta paliar mediante la colateralización que en ocasiones mantendrá dentro de una normalidad razonable, los niveles de perfusión dérmica distal y, por tanto, de las temperaturas presentes a estos niveles. Igualmente, podemos observar cómo en algunos pacientes diabéticos con arteriosclerosis y que, por un proceso metabólico han desarrollado una autosimpatomía, existe normalidad o incluso un aumento local de la temperatura distal por un proceso continuo de vasodilatación periférica<sup>148</sup>. Hay estudios que han determinado que existen aumentos del flujo sanguíneo, ligados a la polineuropatía diabética<sup>149</sup>, aunque también se ha determinado en estos estudios que la saturación de oxígeno presente en estos tejidos permanece reducida<sup>150</sup>.

Los procesos que cursan con una excesiva vasoespasticidad como son el síndrome de Raynaud, la acrocianosis, la livido reticularis y otras, se caracterizan por una reducción de las temperaturas sobre todo en la piel de los dedos<sup>151,152</sup>. Este proceso parece que está relacionado con la vasoconstricción originada por la musculatura circular presente en la túnica media de las arterias que, condiciona una reducción del calibre de los vasos. Incluso se

ha llegado a observar como la temperatura de los dedos era igual o inferior a la temperatura ambiental. En individuos con antecedentes de congelación o eritemas perniosis también se ha observado esta disfunción térmica periférica. Algunos procesos que alteran los mecanismos de termorregulación periférica como el hipertiroidismo y la distrofia simpático-refleja pueden cursar también con cuadros de hipotermia distal por un excesivo tono vascular.

La temperatura podal está íntimamente relacionada con el calor que importa de otras zonas corporales a través del flujo sanguíneo. De una parte, la carencia de grandes masas musculares situadas en el pie, que pudieran generar calor procedente de los procesos fisiológicos del tejido muscular, y de otra parte, la importante superficie de contacto con el medio exterior y la excasa presencia de tejidos grasos que sirvan como aislantes térmicos, para impedir la eliminación excesiva de calor podal hacia el medio ambiente, provocan que el pie, desde un punto de vista térmico, sea deficitario y requiera grandes aportes de calor externo vehiculizados por convección a través del sistema circulatorio. Lotens calcula que el volumen de un pie medio (talla de calzado = 41) es de  $0.0014 \text{ m}^3$ , con una superficie de piel dorsal de  $0,040 \text{ m}^2$ , y de piel plantar de  $0.021 \text{ m}^2$ .

Si se desarrolla un deficiente aporte circulatorio del pie, y como consecuencia secundaria, un deficiente aporte calórico, y las condiciones medioambientales son adversas, se produce una situación de hipotermia podal que condiciona alteraciones bioquímicas y metabólicas en los tejidos presentes en el pie. El enfriamiento o la incapacidad para mantener una temperatura distal mínima, teóricamente podría desencadenar una progresión de la polineuropatía, condicionada por el desarrollo extremo de una serie de mecanismos. Específicamente, el enfriamiento produce una reducción de los aportes sanguíneos de forma primaria o secundaria, y el proceso de isquemia resultante también afectará a los tejidos neuronales, esta circunstancia y el incremento de reacciones químicas provocadas por la falta de oxígeno libre en los tejidos, desencadenará una importante reducción en la capacidad y eficiencia del transporte de información vital a través de los sistemas neuronales. Otras circunstancias a tener en cuenta, y que se relacionan con la reducción de la temperatura tisular, es el incremento de la actividad de las proteínas C kinasa y la influencia que esta reducción térmica llega a producir en los procesos inmunológicos locales.

Otro aspecto a valorar, es que la incapacidad para adaptarse al medio, provoca que se desarrollen procesos de fluctuación biotérmicas (calor-frío), que desencadenan y exacerban el dolor neuropático al estimular procesos de hiperexcitabilidad o de denervación funcional. Es evidente, que existen de forma fisiológica estos procesos de fluctuación biotérmica más acentuados en los tejidos más distales. Es razonable pensar, que en sujetos que presenten disfunciones del sistema termorregulador, estas fluctuaciones serán de mayor escala y sus efectos nocivos sobre los tejidos también deben ser de mayor envergadura. Como hemos indicado, una reducción del aporte sanguíneo aunque sea leve, produce una incapacidad funcional para mantener la temperatura podal en condiciones adversas.

El enfriamiento de los tejidos condiciona la aparición de disfunciones neurológicas periféricas y a su vez, esta neuropatía provoca una mayor incapacidad para provocar una termorregulación conducente a mantener unas constantes térmicas mínimas. Como resultante de este círculo vicioso, se desarrollan unos procesos que finalmente producen degeneración neuronal, que evidentemente lleva acompañada un aumento de la disfunción termorreguladora.

Teniendo en cuenta estas circunstancias, podemos intuir que las variaciones de la temperatura podal, juegan un importante papel pero que actualmente desconocemos. Por ejemplo en el desarrollo y

la sintomatología de la polineuropatía en el pie diabético. Las similitudes clínicas observadas entre pacientes que presentan polineuropatía diabética y pacientes que han sufrido lesiones nerviosas por frío, parece determinar que efectivamente, la reducción de la temperatura distal será un factor importante para la instauración y posterior desarrollo de la neuropatía diabética<sup>153</sup>.

## **2.1. Planteamiento del problema**

La indeterminación de las características biotérmicas en el pie normal y patológico pueden crear un sesgo importante desde un punto de vista clínico, al carecer el explorador de una referencia, científicamente validada, que nos permita determinar de forma clara qué consideramos como temperatura normal del pie y, por tanto, poder definir unas características térmicas alteradas. La indefinición de este intervalo de normalidad puede provocar que el explorador catalogue como normal o patológico un caso que no lo es. Como hemos referenciado, una exploración clínica de la temperatura central superior a 38°C siempre será catalogada como indicativa de una posible situación patológica, que deberá ser corroborada por otras evaluaciones y pruebas complementarias. Sin embargo, este referente tan objetivo no ha sido definido adecuadamente con respecto al pie y, por tanto, consideramos necesario definirlo y dar unas bases científicas adecuadas que permitan utilizar esta simple exploración como referente clínico en las situaciones o procesos en que estos datos puedan ser de interés para el explorador clínico.

Otra cuestión que consideramos importante, es que la hipotermia podal se relaciona habitualmente con estadios de insuficiencia arterial periférica o al menos, con disfunción funcional de la irrigación arterial distal. Esta circunstancia aparece reflejada de forma habitual en los historiales clínicos como un referente válido a la hora de realizar un juicio clínico. Sin embargo, existen pocos estudios que relacionen la temperatura podal con el nivel de vascularidad arterial y que cuantifiquen si existe alguna proporcionalidad entre estos dos aspectos, que nos permitan presumiblemente, realizar una catalogación válida de la situación vascular del pie a través de su temperatura.

## **2.2. Justificación del estudio**

En términos generales, al realizar una evaluación del pie, el clínico indica simplemente si el pie está frío o caliente como dato cualitativo según el criterio del propio explorador<sup>154</sup>. El hecho de utilizar este hallazgo clínico como referente habitual para determinar, junto a otras valoraciones, la situación vascular de los miembros inferiores de un individuo, nos plantea la necesidad de definir de forma clara los intervalos normales de temperatura en el pie como datos cuantitativos y, por tanto, como datos de tipo paramétrico que nos permitan utilizar dicha información a la hora de realizar una clasificación objetiva, según el grado de alteración térmica y su relación con los factores externos o internos que afectan al individuo sometido al estudio. Además, es razonable determinar si existen variaciones ligadas a otros factores propios del individuo a estudiar, tales como la edad o el género, y finalmente si podemos dar una base científica al hallazgo clínico de la hipotermia del pie relacionada con el déficit de aporte sanguíneo a esta estructura tan distal. Como hemos resaltado, es habitual el uso clínico del hallazgo de una sensación hipotérmica exclusivamente determinada de forma manual por el explorador, al valorar el pie del sujeto a estudio, sin el uso de sistemas de medida objetivos, como signo clínico de reducción del aporte

sanguíneo al pie. Esta exploración sencilla se realiza habitualmente y, es frecuente que el explorador anote en el historial clínico del paciente si desde su punto de vista ese pie está frío o no. Evidentemente es impensable que existiendo sistemas de medidas simples y adecuados para este fin, se siga anotando en una historia clínica, un dato tan subjetivo como la sensación que el explorador tiene de la temperatura distal de un sujeto utilizando exclusivamente la sensibilidad térmica de las manos del explorador, que lógicamente se puede ver alterada por multitud de factores extrínsecos e intrínsecos. La toma de la temperatura podal mediante la palpación manual simple sólo ha demostrado que es capaz de detectar diferencias reales cuando la diferencia de temperaturas es mayor de  $6^{\circ}\text{C}$ <sup>155</sup>. Es por tanto, que consideramos oportuno, evidenciar el uso de sistemas de medida fiables y sencillos para la realización de esta exploración básica, determinar los patrones de normalidad térmica en los diversos grupos de población, esclarecer si existen relaciones entre la perfusión arterial del pie y la temperatura presente en esta estructura periférica, y finalmente si es correcto el uso de esta información para cimentar un juicio diagnóstico y, si podemos desarrollar algún tipo de referencia que nos permita catalogar de forma fiable tanto los aspectos térmicos como el estado de la perfusión arterial a nivel distal, y si finalmente evidenciamos relación entre ambos aspectos.

### **2.3. Hipótesis de trabajo**

Para plantear el presente trabajo de investigación, y basándonos en nuestra propia experiencia clínica y la información recopilada en la búsqueda bibliográfica, hemos redactado una serie de premisas que pretendemos corroborar con nuestro estudio. Estas son:

**A)** Existe un patrón de normalidad térmica en el pie, es decir al igual que se ha definido un intervalo de temperatura corporal central normal podemos definir un intervalo de temperatura podal normal.

**B)** La temperatura cutánea en el pie está relacionada con el estado vascular periférico. Por tanto debe existir una relación entre esta temperatura distal y un marcador fiable del estado vascular como es el índice tobillo/brazo (ITB).

**C)** Existen diferencias en el patrón de normalidad termométrica distal ligadas al sexo/género y a la edad del sujeto.

Estas premisas se van a concretar en las principales hipótesis de trabajo que, en nuestro caso, se plantean, por ejemplo, como **hipótesis alternativa  $H_1$** : «Existe relación entre la temperatura distal y el índice tobillo/brazo (ITB) como marcador indirecto del flujo arterial distal».

La **hipótesis nula,  $H_0$** , es la negación de esta hipótesis alternativa.

## **2.4. Objetivos del estudio**

Nuestro estudio pretende descubrir si la temperatura cutánea en el pie está relacionada con el estado vascular de éste. Si existiera una relación entre la temperatura del pie y su estado vascular, se podría utilizar la medición de la temperatura como marcador fiable de la situación vascular del pie en estudio. Por tanto, los objetivos que nos marcamos son:

- A)** Determinar la validez de la termometría cutánea en la evaluación vascular clínica del pie.
  
- B)** Crear un Patrón de Oro (Gold Estándar) termométrico cutáneo del pie que nos sirva de referente para estudios posteriores.
  
- C)** Desarrollar unos intervalos de temperatura en distintos puntos del pie, que nos permita catalogar al pie como térmicamente normal o alterado.

- D)** Desarrollar un protocolo de medición de temperaturas podales fiable, sencillo y que nos aporte información sobre el estado térmico del pie del sujeto.
  
- E)** Determinar si existen diferencias estadísticamente significativas entre las características térmicas de los sujetos dependientes de su género y/o edad y, si existen dichas diferencias, determinar los estándares termométricos de cada grupo en estudio.
  
- F)** Determinar si existen variaciones significativas entre las características termométricas podales en pacientes con arteriopatías y las características termométricas de la población sana.
  
- G)** Cuantificar la sensibilidad y especificidad de la termometría cutánea, como prueba diagnóstica en los procesos que cursen, con reducción de los aportes sanguíneos a los tramos más distales de los miembros inferiores.

### **3.1. MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1.1. DISEÑO METODOLÓGICO DEL ESTUDIO**

La metodología del presente estudio, de una parte, se corresponde con un modelo de estudio descriptivo, de tipo observacional y de corte transversal y con una vertiente de estudio no experimental prospectivo correlacional o ex post facto, al intentar relacionar dos parámetros distintos y que inicialmente, no guardan ningún tipo de relación, como son temperatura podal y el estado vascular periférico. De otra parte, y para determinar la validez, la sensibilidad y la especificidad de la termometría podal, como prueba diagnóstica complementaria de la situación vascular periférica de un sujeto, realizaremos un estudio de casos y controles comparando las características termométricas podales de los sujetos que presenten arteriopatías periféricas que cursen con reducción del flujo arterial en el pie y que hayan sido diagnosticadas previamente mediante el uso de otras pruebas complementarias validadas o que presenten situaciones clínicas propias de la insuficiencia arterial periférica. La elección de este tipo de diseño retrospectivo que supone comparar las características de casos o sujetos que padecen determinada enfermedad o condición<sup>156</sup>, con casos o sujetos considerados sanos, refuerza la fortaleza de nuestro estudio si determinamos que

existen similitudes entre los rasgos extrínsecos de los casos y controles, apareciendo diferencias estadísticas entre las características a estudiar.

El estudio se ha basado en la observación directa y descripción de las características de diversos sujetos tal cual están presentes en su forma natural, por tanto es un estudio no experimental. La valoración y toma de datos de los sujetos se realiza en un momento temporal y por tanto catalogamos el estudio como de tipo transversal. El intento por comprender cómo se relacionan dos fenómenos distintos definen este estudio también como de tipo correlacional, teniendo en cuenta que la correlación es una interrelación o asociación entre dos variables distintas e independientes, es decir, la tendencia a que las variaciones registradas en una variable se relacionen con las variaciones de otra.

Entre los objetivos que pretendemos desarrollar a través de nuestro estudio está la validación de la termometría podal como prueba en la valoración de la situación de la vascularidad arterial periférica. Para ello realizaremos pruebas para conocer la sensibilidad y especificidad de esta técnica diagnóstica en aquellos procesos que cursen con reducción del aporte sanguíneo a los miembros inferiores, tales como insuficiencia vascular periférica y procesos similares. Sin duda, para determinar la validez y la utilidad

de cualquier prueba diagnóstica debemos conocer y tener en cuenta una serie de características como son la validez<sup>157</sup>, es decir que dicha prueba mide lo que queremos medir y nos sirva eficazmente para diagnosticar un determinado proceso; otra característica debe ser la fiabilidad al ser reproducibles los resultados obtenidos de un sujeto en las mismas condiciones; una prueba se debe caracterizar igualmente por tener una buena relación coste-beneficio teniendo en cuenta lo limitado que son siempre los recursos económicos para la asistencia en cualquier sistema sanitario; debe ser aceptable para la población caracterizándose por la sencillez del proceso de evaluación, rapidez en su ejecución, teniendo en cuenta que el tiempo que se le dedica a la evaluación de un paciente también debe ser optimizado, que su aplicación esté exenta de provocar dolor o reacciones adversas en el sujeto a estudio y, por tanto, ser fácilmente admitida por la población sobre la que se va a aplicar. Para que una prueba pueda ser validada como tal, se debe caracterizar por la estandarización de su uso implicando una precisa definición de lo que pretendemos medir, desarrollar una técnica de medición objetiva referida dentro de un protocolo de uso, definir las condiciones bajo las que se va a usar la técnica o prueba en cuestión para reducir la influencia de factores externos en los resultados obtenidos, que el personal encargado para la realización de los estudios esté entrenado adecuadamente para tal fin, evitando de esta forma la influencia

del operador que puede originar alteraciones en los resultados obtenidos y que en conjunto, estos resultados puedan ser comparables con otros, para evidenciar alteraciones de los resultados que nos puedan orientar en la realización de un juicio diagnóstico.

Podemos definir la validez de una prueba como la capacidad para medir correctamente la característica objeto de nuestro estudio, Habitualmente, la validez de una prueba diagnóstica se subdivide en dos componentes: la validez interna y externa.

La validez interna de una prueba es aquella que depende exclusivamente de la calidad intrínseca de la misma sin verse alterada por factores externos. Los parámetros que la miden son la **sensibilidad** y la **especificidad**.

La sensibilidad (**S**) hace referencia a la proporción de enfermos que la prueba ha detectado con respecto al total de enfermos de la población. Es decir, si la termometría podal es realmente una prueba diagnóstica eficaz, el porcentaje detectado por esta prueba como casos patológicos del total de pacientes que presentan déficit arteriales periféricos y son catalogados como tales, será cercano al 100% si es una prueba con una sensibilidad alta.

La especificidad (**E**) hace referencia a la proporción de sujetos sanos que la prueba ha detectado con respecto al total de sujetos sanos de la población estudiada. La especificidad evidencia la capacidad que tiene una prueba diagnóstica para detectar pacientes sanos (verdaderos negativos). Si la prueba diagnóstica tiene escasa especificidad, entre los resultados obtenidos como casos patológicos habrá un porcentaje de sujetos sanos (falsos positivos). A mayor especificidad de la prueba, aparecerán un menor porcentaje de sujetos sanos erróneamente catalogados como casos patológicos.

Para una misma prueba diagnóstica, la **E** y la **S** están en relación inversa. Al aumentar la sensibilidad de la prueba reducimos la especificidad y viceversa, por lo que es necesario que determinemos los márgenes para que la sensibilidad y especificidad sean máximos.

### **3.1.2. POBLACIÓN**

Teniendo en cuenta que los objetivos principales del presente estudio son definir un patrón de normalidad termométrica en el pie, correlacionar estos hallazgos con un marcador fiable del estado de salud arterial del pie y determinar si existen diferencias estadísticas entre las características termométricas podales entre sujetos con déficit de aporte arterial distal y sujetos con aporte arterial periférico normal, es necesario que los individuos a estudiar tengan unas características bien definidas. La muestra corresponde de una parte, a individuos jóvenes y sanos desde un punto de vista vascular. Estos han sido seleccionados de entre los estudiantes de la Diplomatura de Podología que cumplían los criterios de inclusión, de pacientes con características adecuadas para el presente estudio, atendidos en el Área de Prácticas Clínicas de la Universidad de Sevilla y de pacientes similares procedentes de dos clínicas podológicas del sector privado concertadas para tal fin y situadas en la provincia de Sevilla, concretamente en Arahál y Utrera. De otra parte, hemos recolectado datos de una muestra conformada por sujetos de ambos sexos con edad igual o superior a 60 años . Estos han sido seleccionados de entre los pacientes o acompañantes con características adecuadas para el presente estudio, atendidos en el Área de Prácticas Clínicas de la

Universidad de Sevilla y de pacientes o acompañantes con características similares procedentes de dos clínicas podológicas del sector privado concertadas para tal fin y situadas en la provincia de Sevilla, concretamente en Arahál y Utrera. La creación de grupos según su edad y sexo es necesaria pues uno de los objetivos marcados en nuestro estudio es determinar si existen diferencias ligadas a la edad y el sexo.

Para nuestro estudio debemos crear un grupo de casos compuesto por sujetos que podrían ser de cualquier edad pero para homogeneizar la muestra, nos limitaremos a casos con edad igual o mayor de 60 años, teniendo en cuenta que en estos grupos etarios existe mayor prevalencia de procesos que cursen con reducción del aporte arterial periférico. Evidentemente, este grupo de casos, estará compuesto por sujetos que presenten cuadros de insuficiencia arterial periférica en cualquiera de sus estadios y que se les haya diagnosticado la presencia de esta anomalía circulatoria.

#### **3.1.2.1. Criterios de inclusión**

+ Grupos control (Gold Estándar):

Para la determinación de un patrón de normalidad realizaremos el muestreo en un grupo de individuos sanos de ambos sexos con edades comprendidas entre los 18 y 40 años que no sufran de

vasculopatias periféricas, enfermedades cardiovasculares, alteraciones del sistema simpático, hipertensión arterial (HTA), fiebre o patología que altere la circulación o la temperatura periférica. Para la determinación del grupo control de sujetos mayores realizaremos igualmente un muestreo en un grupo de individuos de ambos sexos con edades iguales o superiores a los 60 años, que no sufran vasculopatias periféricas, enfermedades cardiovasculares, alteraciones del sistema simpático, hipertensión arterial (HTA), fiebre o patología que alteren la vascularización podal o la temperatura periférica. Este criterio de inclusión es similar al utilizado por otros investigadores para la realización de estudios parecidos<sup>158, 159</sup>.

+ Grupo casos:

Para el grupo de casos realizaremos el muestreo de individuos de ambos sexos con edades iguales o superiores a los 60 años, que sufran de vasculopatias que reduzcan la circulación arterial periférica hasta unos niveles, que puedan ser evidenciados mediante el uso del ITB, o que presenten situaciones clínicas compatibles con reducción importante de aportes sanguíneos periféricos, tales como presencia de lesiones de tipo isquémicas o neuroisquémicas a nivel podal, presencia de claudicación intermitente, etc.

Otro de los criterios de inclusión para todos los grupos fue el hecho de que los individuos quisieran participar voluntariamente en el estudio, tras informarle verbalmente de las características del proceso, los objetivos y dando respuesta a cualquier duda que pudiera indicarnos el sujeto a valorar. Tanto la información dada al paciente como el consentimiento de éste para participar en el estudio se hace de forma verbal a tenor de las características del protocolo de toma de datos, y teniendo en cuenta que la técnica exploratoria no origina ningún tipo de molestia al sujeto y está completamente exenta de riesgos asociados.

### **3.1.2.2. Muestreo**

Los estudios muestrales ofrecen ventajas sobre los censales, ya que con una importante reducción de costes, y al referirnos a costes no sólo hablamos de costos económicos sino de trabajo, tiempo, desarrollo de problemas, etc; obtenemos información válida procedente de una población. Cualquier muestra extraída de una población debe cumplir tres requisitos: debe ser homogénea (características similares), adecuada y no viciada (las alteraciones deben ser similares) <sup>160</sup>.

La selección de los individuos del grupo que serán analizados debe ser aleatoria para garantizar que los resultados serán extrapolables al resto de los individuos del grupo poblacional.

Como hemos referido, los sujetos estudiados en los diversos grupos, son captados a través del Área de Prácticas Clínicas de Podología de la Universidad de Sevilla, de clínicas privadas concertadas para tal fin y del grupo de alumnos de la Escuela Universitaria de Podología de Sevilla. Por esto, podemos concretar que el muestreo es de conveniencia. Este sistema de muestreo es habitual en los estudios clínicos con características similares al presente y se considera adecuado para dichos estudios. Es evidente que para obtener una muestra adecuada de pacientes con arteriopatías, es necesario localizarlos en un medio donde sean localizables y donde las condiciones permitan el protocolo de estudio.

### 3.1.2.3. Tamaño muestral

Teniendo en cuenta las características de nuestra investigación y que nos encontramos ante un estudio donde necesitamos reducir el tamaño de la muestra para que este estudio sea factible, sin perder la confianza en la veracidad de los resultados obtenidos, utilizaremos sistemas que aporten calidad a las muestras con un número bajo de sujetos valorados. El tamaño del estudio requerido en diferentes circunstancias puede determinarse mediante métodos estadísticos<sup>161</sup>.

La elección del tamaño del estudio suele estar condicionado en la práctica por limitaciones económicas y de tiempo o de disponibilidad de casos. Dada una población y un periodo de observación determinados, el tamaño del estudio se puede utilizar para calcular supuestos resultados del mismo. Estos hipotéticos resultados se utilizan posteriormente para medir el efecto esperado del error aleatorio.

La población de estudio puede ser un conjunto finito de elementos identificados, lo que se denomina población finita  $U=\{1,\dots,N\}$ . Por ejemplo, los alumnos de la Facultad de Medicina, los andaluces mayores de 18 años con derecho a voto o el PAS de la Universidad de Sevilla.

En otras ocasiones la población no reúne las características de los ejemplos anteriores y puede que esté formada por elementos no identificados,

lo que origina el término de población infinita (aunque este quizás no sea el término más adecuado).

Nuestro estudio se enmarca dentro de las poblaciones infinitas, intentando dar respuestas razonables a las preguntas formuladas a partir de la observación sobre algunos elementos de la población.

Uno de los objetivos de nuestro estudio es determinar unos parámetros de normalidad en la población estudiada basándonos en la estimación de las medias.

El problema planteado es equivalente al de calcular el tamaño  $n$  que hemos de considerar para que  $[T - \delta, T + \delta]$  sea un intervalo de confianza para  $\theta$  al nivel  $1-\alpha$ .

El tamaño de muestra es una cuestión fundamental a resolver en la puesta a punto del plan de muestreo; está claro que dicho tamaño dependerá de la precisión deseada. Así pues, dado  $T=T(\underline{X})$  un estimador del parámetro  $\theta$  y fijados la precisión  $\delta$  y el nivel de confianza  $1-\alpha$ , se trata de determinar el tamaño muestral  $n$  para que  $P_{\theta} [|T - \theta| \leq \delta] \geq 1 - \alpha, \forall \theta$ .

El problema planteado es equivalente al de calcular el tamaño  $n$  que hemos de considerar para que  $[T - \delta, T + \delta]$  sea un intervalo de confianza para  $\theta$  al nivel  $1-\alpha$ .

En muchas ocasiones este problema tiene solución inmediata, por ejemplo si  $X_1, \dots, X_n$  es una muestra aleatoria de una variable  $X \rightarrow N(\mu, \sigma_0^2)$

con  $\sigma_0^2$  conocida,  $\left[ \bar{X} - \frac{\sigma_0}{\sqrt{n}} Z_{1-\alpha/2}, \bar{X} + \frac{\sigma_0}{\sqrt{n}} Z_{1-\alpha/2} \right]$  es un intervalo de confianza para  $\mu$  al nivel  $1-\alpha$ . En este caso, para calcular el  $n$  de forma que  $P_\theta \left[ \left| \bar{X} - \mu \right| \leq \delta \right] \geq 1 - \alpha, \forall \mu$ , se obtiene que  $\delta = Z_{1-\alpha/2} \frac{\sigma_0}{\sqrt{n}}$  y por tanto:

$$n = \left( \frac{Z_{1-\alpha/2} \sigma_0}{\delta} \right)^2$$

Para la determinación del tamaño muestral se ha tenido en cuenta fundamentalmente trabajos similares, superando con nuestra muestra de 390 individuos a la totalidad de los mismos. No se ha trabajado con un tamaño de muestra necesario para obtener una precisión prefijada debido a que los resultados obtenidos con dichos tamaños muestrales han sido bastante satisfactorios en este sentido, y por tanto, se presentaba innecesario el aumento de dichos tamaños.

A la hora de extraer conclusiones acerca de los parámetros de la población mediante intervalos de confianza, hay que resaltar que la construcción de los mismos se hace atendiendo a una serie de hipótesis, las cuales han sido contrastadas tanto gráfica como formalmente. Dichas hipótesis son como hemos reflejado anteriormente, que la muestra es aleatoria, que procede de una distribución Normal y teniendo en cuenta, si la varianza de la población es conocida o desconocida.

Sin embargo este tamaño muestral se ha reducido considerablemente cuando se ha procedido a la división de la población en subgrupos (atendiendo

a diversas variables como la edad, el sexo o la presencia de ciertas enfermedades) para estudiar las características diferenciales entre distintos grupos, hecho que podría afectar a la fiabilidad de los resultados. No obstante, se han empleado las técnicas adecuadas que aseguran la fiabilidad y que tienen en cuenta tamaños muestrales pequeños. Así pues, podemos citar, la utilización de las pruebas exactas del contraste de Rachas en lugar de las asintóticas para estudiar la aleatoriedad de la muestra, el contraste de Shapiro Wilks en lugar de Kolmogorov Smirnov para estudiar normalidad cuando  $n < 50$ , etc.

Así pues, cabe decir, que la muestra resultante es la que se ha obtenido con mucho esfuerzo durante algunos años, siendo ésta lo suficientemente grande o válida atendiendo a su nivel de calidad, que se han empleado las técnicas adecuadas para aceptar o rechazar hipótesis planteadas, y por tanto que los resultados son fiables con un nivel de confianza del 95 % y con una precisión bastante considerable.

### 3.2. MÉTODO DE RECOGIDA DE DATOS

La temperatura de la piel nos sirve como indicador del nivel de perfusión sanguínea del circuito vascular cutáneo<sup>162</sup>. La medida de la temperatura de superficie en la piel nos dará unos valores cuantitativos. Para ello existen diversos termómetros que nos permiten realizar dichas mediciones. Los termómetros de contacto son aplicados sobre la superficie a valorar y requieren de varios minutos hasta que se produce la equilibración térmica de la sonda de medida con la temperatura de superficie; sin duda el más conocido y clásico es el termómetro de mercurio, aunque recientemente se han utilizado los termómetros de cristal líquido por su precisión y porque requieren sólo de unos segundos para realizar una medición fiable. De todas formas, sabemos que el clásico termómetro de cristal con mercurio, es el más fiable de todos, sobre todo con temperaturas más extremas dentro de un rango biológico normal<sup>163</sup>, pero el hecho de requerir bastante tiempo y estar en contacto con el sujeto, lo hace menos idóneo para ciertos usos. En el estudio de Vega Gómez, se utilizó un termómetro electrónico, considerándose en su momento el más sofisticado e idóneo para su estudio. Se han desarrollado termómetros que, sin estar en contacto con la superficie o tejido a evaluar, nos permiten recoger este dato

de forma suficientemente precisa y fiable para su utilización en el medio clínico; hablamos de los termómetros de infrarrojos, que detectan la temperatura que es irradiada desde la superficie de la piel realizando una medición casi inmediata de este parámetro<sup>164</sup>. Los termómetros que se basan en la captación de la radiación infrarroja del objetos o tejido en estudio, no requieren contacto físico con este y por tanto, se considera una técnica no invasiva con características ideales para la toma de la temperatura de la piel en condiciones de seguridad biológica. La fiabilidad, precisión, sencillez de uso y rapidez hacen a este tipo de termómetros, ideales para los estudios clínicos de estas características. Actualmente se están utilizando para estudios donde se requiere monitorizar la temperatura de la piel en diversas situaciones fisiopatológicas, tales como la neuropatía periférica<sup>165</sup>, lesiones de partes blandas<sup>166</sup> o incluso lesiones óseas<sup>167</sup>. El termómetro de infrarrojos ha sido validado en varios trabajos como una herramienta idónea para evaluar los cambios de temperatura que se puedan desarrollar en diversas situaciones clínicas<sup>168, 169, 170</sup>, donde estas variaciones térmicas pueden ser relevantes a la hora de establecer un juicio diagnóstico o pronóstico. El reciente estudio de Foto y colaboradores<sup>171</sup>, determina que en general, los termómetros digitales por infrarrojos utilizados actualmente en uso clínico para la evaluación de las temperaturas podales, presentan unas características apropiadas de fiabilidad y reproductibilidad,

convirtiéndoles en la mejor opción para estos usos. De hecho, actualmente son utilizados para trabajos de investigación clínica donde es imprescindible utilizar un instrumento de medida de gran precisión<sup>172</sup>.

Las condiciones medioambientales de la sala de exploración podrían influir evidentemente en los resultados obtenidos. En el estudio de Kidawa se indicaba que lo ideal es que la sala esté entre 20° y 21°C para asegurar que la microcirculación de la superficie del pie y de los dedos esté en un estado de tonicidad normal<sup>99</sup>. Otro estudio recomienda que la toma de la muestra se realice en un horario similar y en unas condiciones medioambientales con una temperatura entre 22 a 24° C<sup>94</sup>. Hay algunos autores que indican que, además de las condiciones térmicas de la sala, es recomendable que el grado de humedad se situé en el 60% a 26° C<sup>173</sup>. Además, es necesario que se produzca una aclimatación del individuo en estudio a las condiciones medioambientales indicadas, puesto que si éste procede de un ambiente excesivamente frío o caluroso podría alterar de forma significativa los resultados de las mediciones, si estas se realizaran inmediatamente. Kidawa<sup>174</sup> recomienda que el paciente esté en el espacio donde se realizará la exploración 20 minutos antes de realizar mediciones. Pezzetta<sup>175</sup> indica en su protocolo de examen que el sujeto a estudiar deberá permanecer en un ambiente de 26°C durante al menos 30 minutos antes de realizar la evaluación de éste. Otro estudio indica que el

sujeto debe permanecer entre 20 a 30 minutos en la sala de exploración, e incluso refiere la no ingestión de grandes cantidades de cafeína previo a la realización del estudio, no realizar actividades físicas 2 horas antes de éste y, en el caso de mujeres, serán excluidas si estuvieran menstruando el día del estudio<sup>176</sup>. En el estudio de Vega Gómez, se indica que el sujeto debe permanecer descansando en posición de decubito supino durante 15 minutos en una habitación con temperatura estable entre los 23 a 25°C, haciendo hincapié en que este espacio esté aislado de ruidos molestos y evitando durante el proceso de exploración que entren o salgan sujetos de la habitación por considerar que los flujos de aire provocados pueden alterar los datos obtenidos. En un reciente estudio sobre la influencia de la temperatura en la velocidad de transmisión del pulso, se hace hincapié en que los sujetos a estudio no deben consumir cafeína en las cuatro horas precedentes al momento de la exploración, considerando igualmente que el espacio destinado al estudio debe estar a 26°C y en unas condiciones que permitan que el sujeto esté relajado<sup>177</sup>.

Es evidente la importancia que tienen las condiciones medioambientales en la realización de un estudio como éste. Incluso se ha determinado que un incremento de 10°C en la habitación donde se realiza la evaluación nos originará un aumento

de entre 2° a 8°C en la temperatura de los pies y de los dedos de los pies por una excesiva vasodilatación sin que se produzcan alteraciones térmicas en los miembros superiores<sup>178</sup>. En contraste con este fenómeno, el calentamiento local de la superficie plantar del pie y del primer dedo, en pacientes con neuropatía por diabetes, origina una reducción de los niveles de perfusión vascular cutánea del 65% por dilatación de las anastomosis arteriovenosas<sup>179</sup>. En pacientes sanos y en diabéticos sin neuropatía, con el calentamiento de la superficie plantar se obtuvo un incremento del flujo sanguíneo situado entre 228% y 262% , sin observarse alteraciones en el grado de perfusión vascular del dorso del pie.

Para la realización del presente estudio hemos utilizado diversa aparatología que nos permite tomar datos de interés. Básicamente, hemos utilizado equipos que nos han permitido cuantificar la temperatura corporal del sujeto, la temperatura cutánea y la toma de presiones arteriales en las extremidades. Describimos las características técnicas de dichos equipos:

- Toma de temperatura cutánea:

Para la realización de este apartado utilizamos un termómetro digital de infrarrojos modelo PCE-889 debidamente calibrado con

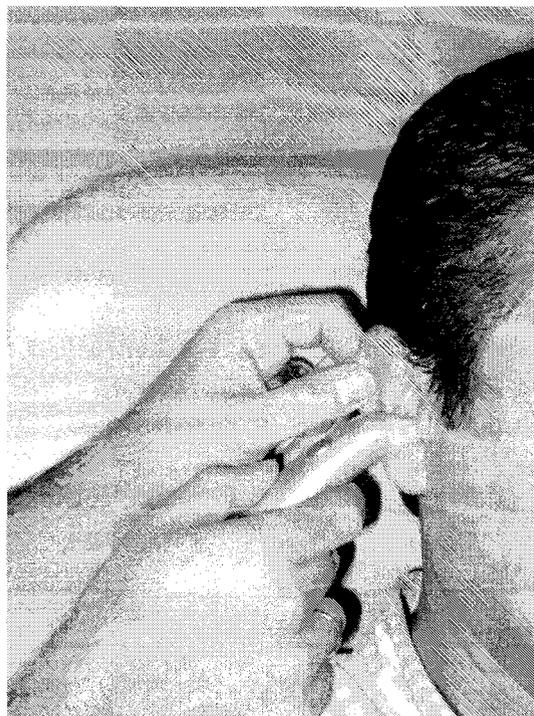
una resolución de 0,1°C en las condiciones ambientales en las que se realizarán la toma de muestras. Dicho instrumento, fabricado por PCE®, fue sometido a la certificación de su calibración para validar los datos obtenidos con este equipo por el laboratorio de metrología y calibración «Tecnologías Servincal S.L.L.» con nº de expediente 2962. Este instrumento nos permite medir la temperatura cutánea sin necesidad de que exista contacto del instrumento y la piel del sujeto a estudio.

-Toma de temperatura central:

La medida de la temperatura corporal mediante el uso de termómetros timpánicos por infrarrojos ha resultado un procedimiento diagnóstico clínicamente eficaz y operativo por la sencillez y rapidez del proceso; diversos estudios han validado esta técnica diagnóstica para la toma de la temperatura corporal de un sujeto<sup>180,181,182</sup>. Por tanto, basándonos en la evidencia científica por una parte<sup>183,184</sup> que valida esta prueba diagnóstica, y por otra parte, en la operatividad y por tanto la aplicabilidad clínica de esta tecnología<sup>185</sup>, que mediante una medición que requiere poco tiempo, no origina molestias al sujeto y nos permite visualizar los datos cuantitativos resultantes de la prueba de forma clara y con escasa probabilidad de cometer errores, consideramos que la termometría

timpánica por infrarrojos es, la mejor opción para la toma de la temperatura corporal del sujeto a estudio.

Para la medición de la temperatura timpánica utilizamos un termómetro digital por infrarrojos marca Medisana® modelo FTO con nº de artículo 76070 y EAN code 40 15588 76070 9. Las características técnicas permiten realizar mediciones con un intervalo de medida entre 0°C y 100°C con una exactitud de medida para las condiciones del estudio de 0,2°C. Este equipo ha sido diseñado específicamente para la toma de la temperatura timpánica para uso clínico.



**Ilustración 3: Medida de la temperatura central (TC)**

- Toma de presiones arteriales en extremidades.

La toma de tensiones arteriales, tanto a nivel supramaleolar como a nivel del antebrazo, se realiza mediante un esfigmomanómetro digital de la marca WelchAllyn® modelo 52000 debidamente calibrado.

Debemos indicar que todos los procedimientos fueron realizados una sola vez en cada caso y siempre la realizó el mismo observador. No exploramos en nuestro estudio la fiabilidad intraobservacional pues dichas mediciones no son reproducibles, al igual que ocurre con otras constantes vitales como la tensión arterial, que puede verse modificada de forma ostensible en periodos temporales mínimos de forma fisiológica.

### **1. Procedimiento de medida del índice tobillo/brazo.**

Para obtener la tensión arterial a nivel del tobillo, se utiliza un Doppler con una sonda de 8 – 10 MHZ. El brazaletes del tensiómetro se coloca inmediatamente por encima del tobillo y el Doppler identifica la presión sistólica de las arterias pedia y/o tibial posterior, la cual se divide por la presión sistólica obtenida en el

antebrazo. El índice normal tobillo / brazo en reposo se sitúa entre los 0,9 a 1,2.

Se debe sospechar calcificación vascular cuando el índice tobillo brazo es igual o mayor a 1,3, pues estos ITB nos refieren la dificultad para colapsar la estructura vascular a estudiar puesto que esta ha perdido parcial o totalmente su capacidad elástica, transformándose en un vaso rígido por calcificación de sus paredes. Otro marcador de arteriopatía vascular periférica es la ausencia de los pulsos periféricos o que estos sean difíciles de palpar, aunque se debe acompañar de otros estudios que nos ayuden a confirmar la existencia de alteraciones vasculares.

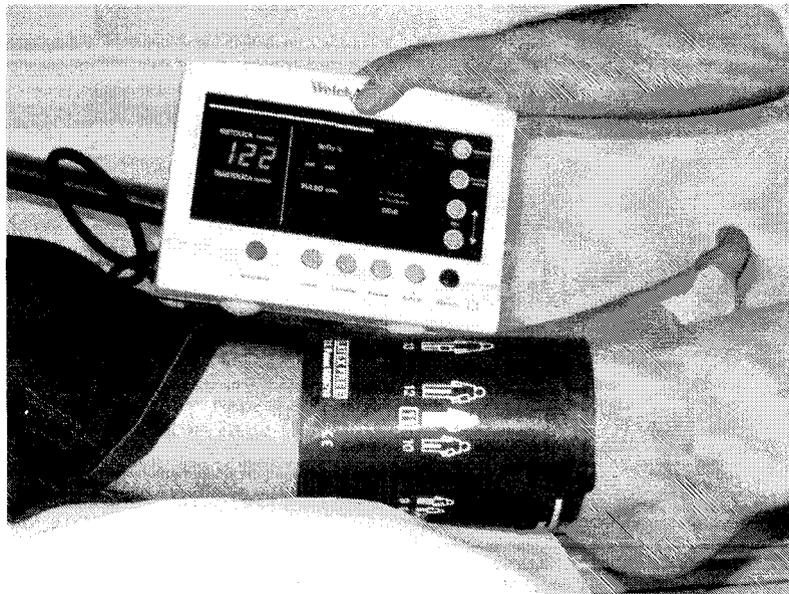


Ilustración 4: Valoración de la presión arterial en el tobillo

## 2. Procedimiento de termometría cutánea en el pie.

Como hemos indicado previamente, las condiciones ambientales del espacio donde se realiza son importantes para que estas no alteren de forma importante los niveles de sangre presentes en la superficie corporal. Basándonos en las indicaciones de otros autores referidos previamente<sup>81,88,99</sup>, y tomando como punto de partida el hecho de que la mayoría de los espacios que vamos a utilizar para la realización del presente estudio cuentan con sistema de climatización, nuestro estudio se realizará en unas condiciones ambientales bastante homogéneas, dentro de un intervalo de temperatura situado entre los 20 a 26°C. Entendemos que este intervalo de temperatura es factible pues son condiciones ambientales frecuentes en nuestro medio clínico-investigador.

Para la realización del estudio requeriremos algún elemento que nos permita situar al sujeto a estudiar en sedestación utilizando para ello camilla con respaldo o un sillón podológico. Para garantizar la homogeneidad del formato exploratorio, hemos desarrollado un protocolo a seguir en cada uno de los casos investigados (ANEXO 1).

Las condiciones térmicas del pie pueden verse afectadas por la interacción del individuo con el medio externo. Es evidente que el

individuo que acude al lugar donde será explorado vendrá convenientemente calzado y que, dependiendo de las características del calzado, puede verse influenciado el intercambio de calor residual con el medio externo. Además, la deambulación es una actividad física que puede influir en las condiciones térmicas generales y locales, y por tanto podemos encontrar variaciones dependiendo del nivel de esfuerzo realizado. Sabemos que la temperatura podal se incrementa con el ejercicio físico, pudiéndose observar un aumento superior a 3°C en corredores de fondo<sup>186</sup>. Aún es más evidente que las condiciones medioambientales externas tendrán que influir de forma decisiva sobre la situación térmica del pie, encontrando que, con condiciones de temperatura exterior muy frías o excesivamente calientes, puedan verse alteradas las condiciones de la temperatura existente en la piel del individuo<sup>187</sup>.

Estas circunstancias nos obligan a protocolizar un periodo de aclimatación desde que el individuo llega al espacio donde se realizará el estudio hasta que éste se ejecute. Siguiendo las indicaciones de otros autores consultados y referidos previamente<sup>188</sup>, consideramos oportuno que el individuo permanezca en un espacio con temperatura regulada según nuestro criterio, con la pierna y el pie desnudo, en sedestación durante al menos 20 minutos antes de realizar la toma de datos, con el objetivo de

eliminar la influencia que los factores externos pudieran ejercer sobre las condiciones de la temperatura podal.

En este estudio hemos optado por utilizar diversos puntos anatómicos para la toma de la temperatura local cutánea. Concretamente los puntos elegidos son el pulpejo del 1<sup>er</sup> dedo, la zona dorso-lateral del 5<sup>o</sup> dedo, la zona dorsal del 1<sup>er</sup> espacio intermetatarsal, la piel plantar proximal a las cabezas metatarsales 2<sup>a</sup> y 3<sup>a</sup>, y el espacio dorsal situado en la bisección de un eje que pasa por el maléolo tibial y el peroneal, es decir en la zona anterior del tobillo. La realización del estudio en estos puntos anatómicos concretos se basa en la facilidad para localizar dichas referencias topográficas de forma sencilla. En la revisión bibliográfica no hemos encontrado demasiados referentes para esta cuestión y en términos generales los diversos autores consultados utilizaban las temperaturas digitales<sup>81,94,99</sup>.

En el momento de tomar las temperaturas debemos tener en cuenta que los termómetros de infrarrojos usados en nuestro estudio utilizan, para realizar la captación de la radiación infrarroja, un sistema que capta un campo circular que aumenta al distanciar la superficie en estudio del sistema de captación. Al aumentar la distancia del sensor a la superficie, la superficie explorada aumenta

y viceversa. Esta característica nos plantea protocolizar unas distancias de medida determinadas puesto que, si alejamos excesivamente el sensor de la piel del sujeto, nos realizará una lectura de mucha superficie dérmica. Teniendo en cuenta que la vascularidad, y por tanto la temperatura, es muy variable a nivel de la piel si aumentamos la superficie en estudio también aumentamos la posibilidad de no obtener un dato fiable. Recomendamos en nuestro estudio que el sensor se sitúe aproximadamente entre 1 a 2 centímetros de la piel pues la superficie valorada será aproximadamente de un centímetro cuadrado de piel. Es también importante la orientación del sensor pues si no está completamente perpendicular a la superficie en estudio, nos puede alterar el resultado obtenido al explorar un área no circular de piel.

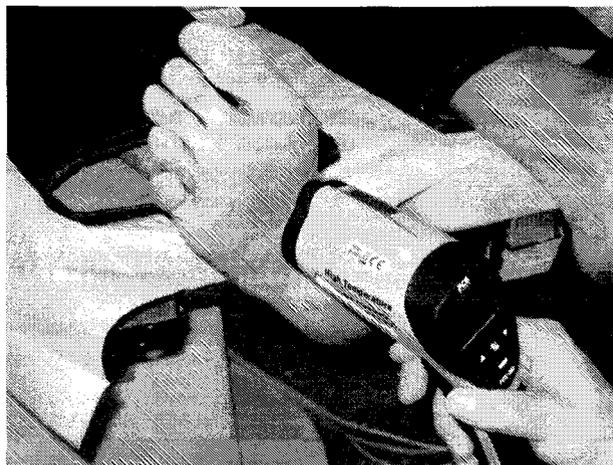


Ilustración 5: Técnica de termometría plantar .

La recogida de los datos se realiza en un formulario impreso diseñado para tal fin donde, además de anotar los datos termométricos aparecen recogidos datos generales del individuo, de la situación medioambiental en la que se realiza el estudio y otros datos de filiación (ANEXO 2).

### **3.3. VARIABLES**

Entendemos por variable a todo aquello que pueda asumir diferentes valores, desde un punto de vista cuantitativo o cualitativo, que medimos, analizamos y valoramos en el campo de la investigación<sup>189,190</sup>.

Todas las variables presentes en este estudio las catalogamos como cuantitativas de escala de razón, pues la mayoría de los parámetros analizados son temperaturas, medidas en la escala de grados centígrados y con un punto de origen 0 absoluto.

### 3.4. CONSIDERACIONES ÉTICAS

Cualquier trabajo científico, y más cuando el campo de investigación implica la participación de personas, debe estar regido por una serie de normas o declaraciones éticas<sup>191</sup>. La planificación, y posterior desarrollo del presente trabajo de investigación, se realizó conforme a los principios éticos básicos que deben estar presentes en todo grupo humano objeto de investigación y que aparecen recogidos en la Declaración de Helsinki<sup>192</sup> y más recientemente en el Convenio de Oviedo<sup>193</sup>. En este sentido, por las características expresas del presente trabajo de tipo no experimental, descriptivo-observacional, no se atenta en ningún momento contra los principios de beneficencia y de no maleficencia, ya que no se expone a los pacientes a tratamientos o pruebas que pudieran originarles ningún tipo de perjuicio.

El principio de autonomía queda preservado, por cuanto al paciente se le somete al protocolo de toma de datos tras haberle informado previamente del tipo de estudio que deseamos realizar y de cuales son sus objetivos. Tras las oportunas aclaraciones, el sujeto decide voluntariamente participar en el estudio o negarse a este.

El principio de justicia se cumple desde el mismo momento en que el objetivo del estudio pretende desarrollar una técnica diagnóstica que finalmente sirva para mejorar la asistencia sanitaria de todos los pacientes que lo requieran por igual.

Los datos personales de los pacientes incluidos en el estudio, se mantendrán en la más absoluta confidencialidad de acuerdo con la vigente ley de protección de datos personales<sup>194</sup>.

### **3.5. ANÁLISIS DE LOS DATOS**

El análisis estadístico de los datos recogidos se realizó mediante el programa SPSS 14.0 para Windows<sup>®</sup>, que nos proporciona un poderoso sistema de análisis estadístico y de administración de datos, incluyendo opciones para entorno gráfico. Se recogieron los resultados de los datos impresos en los formularios diseñados para tal fin y que fueron los recogidos en las exploraciones practicadas a los sujetos participantes en el estudio.

En el estudio que hemos desarrollado, tratamos con variables de tipo cuantitativo. Los objetivos que hemos definido, por una parte requieren la determinación de los descriptivos de la muestra, pero otros aspectos evaluados en nuestro estudio necesitan la realización de pruebas de contraste de hipótesis.

La valoración de los aspectos descriptivos del estudio se realizó mediante el uso de estadísticos descriptivos adecuados tales como el cálculo de medidas de tendencia central para resumir la información muestral, medidas de dispersión para reflejar cuánto de representativo de los datos son las anteriores medidas, medidas de forma de la distribución, etc.

En primer lugar contrastaremos la aleatoriedad de la muestra en cada caso, ya que ésta es la hipótesis de partida en cualquier

estudio de inferencia estadística. Para determinar estos aspectos de las muestras, utilizaremos la **prueba de rachas**.

Para la elección correcta de pruebas estadísticas debemos comprobar si las variables de estudio se ajustan a una distribución normal, en cuyo caso emplearemos pruebas paramétricas para extrapolar los resultados obtenidos acerca de los parámetros a la población, y en aquellos casos que la distribución no sea normal, utilizaríamos técnicas no paramétricas para tal fin. Este patrón de normalidad lo valoramos a través de la **prueba de Kolmogorov-Smirnov** para las muestras que están compuestas por 50 casos o más, y para muestras inferiores a 50 casos, utilizaremos la **prueba de Shapiro-Wilk**. Como hemos indicado que todas las variables utilizadas en este estudio siguen un patrón de distribución normal, utilizaremos como prueba de contraste para la comparación de medias, la **t de Student**.

Se estudiará la relación lineal entre dos variables cuantitativas, por medio del cálculo del **coeficiente de correlación de Pearson**, cuyos valores oscilan entre  $-1$  y  $+1$ .

Nuestra hipótesis plantea que existe una asociación-relación entre la disminución de las temperaturas distales y la reducción del índice de tobillo/brazo (ITB).

Igualmente para la valoración de la termometría como prueba diagnóstica, utilizaremos **tablas de contingencia** que nos permiten calcular la sensibilidad, especificidad y el valor predictivo de la prueba diagnóstica en cuestión.

## **RESULTADOS**

### **4.1. Características generales de la muestra.**

Para la realización del presente estudio, se obtuvo una muestra conjunta de 396 casos. De este grupo inicial se procede a extraer los subgrupos necesarios para realizar los estudios pertinentes y obtener los resultados estadísticos necesarios, que son los objetivos de este trabajo de investigación. Dichos datos son recogidos en un intervalo de tiempo definido desde abril del 2005 hasta enero del 2008.

La muestra está compuesta por individuos, que se pueden clasificar en varios subgrupos específicos, resultantes de las características definidas como criterios de inclusión en este estudio.

La distribución por género de esta muestra general es la siguiente:

#### Distribución de la muestra global por género

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Mujer	218	55,1	55,1	55,1
	Hombre	178	44,9	44,9	100,0
	Total	396	100,0	100,0	

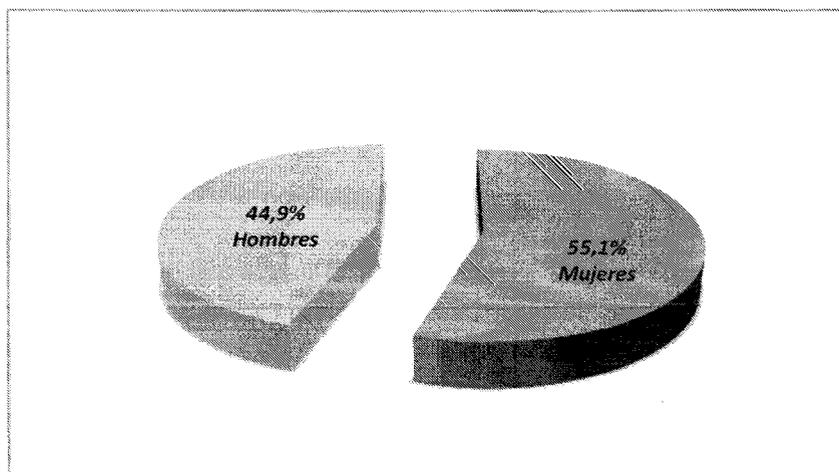


Gráfico 1: Distribución por género de la muestra.

Otra variable a destacar de nuestra muestra general es la distribución etaria, que siguiendo los criterios de inclusión, define dos intervalos bien definidos. De una parte se define un grupo con intervalo etario entre los 18 a los 40 años (Grupo jóvenes), y de otra parte, se define un grupo con intervalo etario de más de 59 años de edad (Grupo mayores).

**Distribución de la muestra por edad**

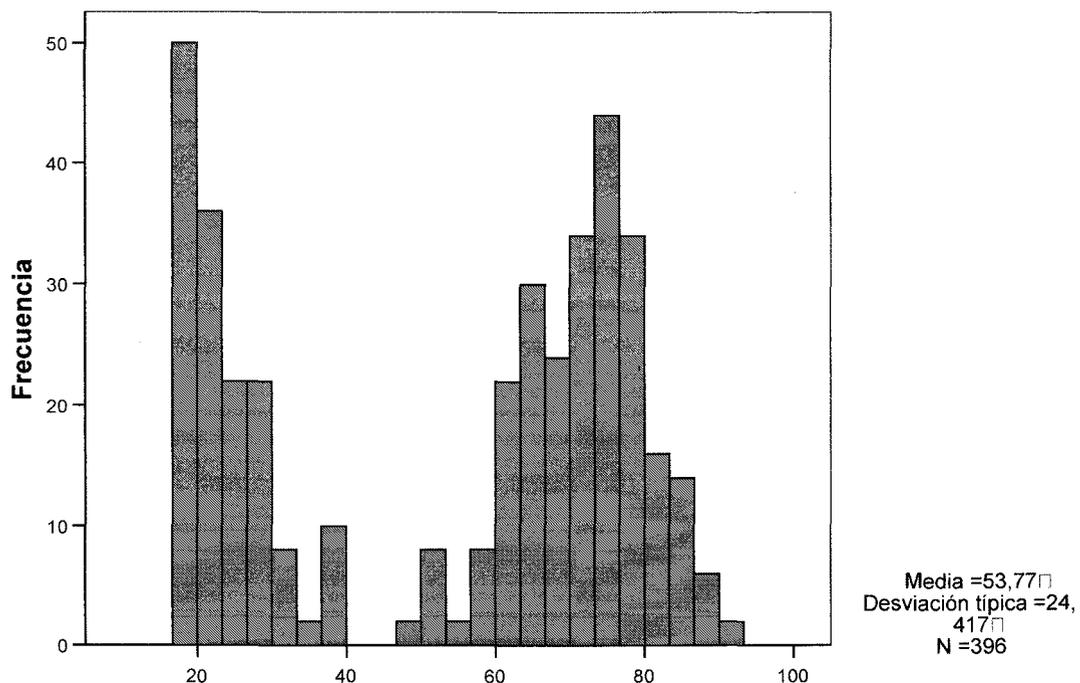


Gráfico 2: Distribución etaria de la muestra.

#### 4.2. Validación de los datos por subgrupos muestrales.

Entre los objetivos de nuestro estudio, destaca la determinación de las características termométricas podales en diversos grupos poblacionales, tanto en sujetos sanos como individuos que presenten disfunciones vasculares que cursen con isquemia periférica, con el objetivo de determinar si existe relación entre la distermia podal y las disfunciones vasculares.

Entre las variables estudiadas, se definen tres que se relacionan con la tensión arterial presente en distintos niveles anatómicos, concretamente a nivel humeral (Tensión sistólica central: **T/A**) y a nivel del tobillo, utilizando la valoración de la tensión arterial sobre la arteria pedia como referente (**TAP**). Utilizando estas dos referencias, obtenemos la tercera variable analizada, que es el índice tobillo brazo (**ITB**), resultante de dividir la tensión sistólica central por la tensión obtenida en el tobillo. El resto de variables analizadas hacen referencia a la temperatura central (**TC**), temperatura de 1º dedo (**T1**), temperatura de 5º dedo (**T5**), temperatura dorsal de 1º espacio (**TD**), temperatura plantar (**TP**) y, finalmente, la temperatura presente en la zona anterior del tobillo (**TT**).

Como hemos comentado anteriormente, la primera cuestión a comprobar es la aleatoriedad de la muestra para las distintas subpoblaciones de estudio, ya que en caso negativo, la fiabilidad de los resultados queda en entredicho.

### III. II. A. Pruebas de aleatoriedad de los subgrupos muestrales.

Las tablas siguientes muestran las pruebas de rachas para cada subgrupo y se interpretan a través de la fila de significación asintótica bilateral, de tal forma que si el valor obtenido es  $<0,005$ , podemos rechazar significativamente la aleatoriedad de la muestra.

#### - Grupo hombres jóvenes:

Prueba de rachas

	TC	T1	T5	TD	TP	TT	T/A	TAP	ITB
Valor de prueba	35,90	28,05	27,30	30,55	29,50	31,30	149,50	145,00	,98
Casos < Valor de prueba	16	18	18	18	17	17	23	22	22
Casos $\geq$ Valor de prueba	20	18	18	18	19	19	23	23	23
Casos en total	36	36	36	36	36	36	46	45	45
Número de rachas	21	18	16	15	13	13	23	26	26
Z	,590	-,169	-,845	-1,184	-1,847	-1,847	-,149	,607	,607
Sig. asintót. (bilateral)	,555	,866	,398	,237	,065	,065	,881	,544	,544

## - Grupo hombres mayores sanos:

## Prueba de rachas

	TC	T1	T5	TD	TP	TT	T/A	TAP	ITB
Valor de prueba	36,00	30,05	29,30	32,30	31,00	31,85	149,00	152,00	1,06
Casos < Valor de prueba	15	16	15	16	16	16	16	16	16
Casos >= Valor de prueba	17	16	17	16	16	16	17	17	17
Casos en total	32	32	32	32	32	32	33	33	33
Número de rachas	13	14	18	14	16	18	11	18	20
Z	-1,240	-,898	,203	-,898	-,180	,180	-2,119	,005	,713
Sig. asintót. (bilateral)	,215	,369	,839	,369	,857	,857	,034	,996	,476

## - Grupo mujer joven:

## Prueba de rachas

	T1	T5	TD	TP	TT	TC	T/A	TAP	ITB
Valor de prueba	27,20	27,60	30,40	29,05	31,15	36,25	149,50	145,00	,98
Casos < Valor de prueba	18	19	18	19	18	19	23	22	22
Casos >= Valor de prueba	20	19	20	19	18	19	23	23	23
Casos en total	36	36	36	36	36	36	46	45	45
Número de rachas	18	20	18	24	21	14	23	26	26
Z	-,477	,000	-,477	1,151	,507	-1,809	-,149	,607	,607
Sig. asintót. (bilateral)	,633	1,000	,633	,250	,612	,070	,881	,544	,544

## - Grupo mujer mayor sana:

## Prueba de rachas

	T1	T5	TD	TP	TT	TC	T/A	TAP	ITB
Valor de prueba	27,70	27,30	31,00	29,80	31,30	36,00	110,00	131,50	1,21
Casos < Valor de prueba	28	25	28	28	26	28	17	19	19
Casos >= Valor de prueba	29	32	29	29	31	29	21	19	19
Casos en total	59	59	59	59	59	59	38	38	38
Número de rachas	20	29	29	30	25	31	19	19	22
Z	-2,538	-,019	-,131	,136	-1,153	,403	-,096	-,164	,493
Sig. asintót. (bilateral)	,011	,985	,895	,892	,249	,687	,923	,869	,622

## - Grupo patológicos:

## Prueba de rachas

	T1	T5	TD	TP	TT	TC	T/A	TAP	ITB
Valor de prueba	26,80	27,30	29,50	29,70	30,70	35,90	150,00	110,00	,80
Casos < Valor de prueba	27	28	29	29	29	28	28	25	27
Casos >= Valor de prueba	30	30	30	30	30	31	29	30	27
Casos en total	57	58	59	59	59	59	57	55	54
Número de rachas	26	29	29	23	29	29	30	24	27
Z	-,917	-,256	-,392	-1,968	-,392	-,375	,136	-1,173	-,275
Sig. asintót. (bilateral)	,359	,798	,695	,049	,695	,708	,892	,241	,783

### III. II. B. Pruebas de distribución de los grupos muestrales.

En este capítulo se muestran los resultados procedentes de las pruebas de normalidad. Se interpretan haciendo uso de la Significación, bien de **Shapiro-Wilk** si el tamaño muestral del grupo en estudio es  $<50$ , o de **Kolmogorov-Smirnov** si este es  $>50$ , de tal forma que si el valor es  $<0,05$  podemos afirmar que la variable en cuestión no se ajusta a una distribución normal.

#### - Distribución grupos hombres sanos:

##### Pruebas de normalidad

	Grupo	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
<b>TC</b>	Mayor	,107	44	,200(*)	,967	44	,245
	Joven	,162	36	,018	,915	36	,009
<b>T1</b>	Mayor	,094	44	,200(*)	,960	44	,127
	Joven	,087	36	,200(*)	,970	36	,423
<b>T5</b>	Mayor	,091	44	,200(*)	,944	44	,032
	Joven	,073	36	,200(*)	,966	36	,327
<b>TD</b>	Mayor	,134	44	,045	,929	44	,010
	Joven	,073	36	,200(*)	,977	36	,627
<b>TP</b>	Mayor	,085	44	,200(*)	,975	44	,440
	Joven	,106	36	,200(*)	,979	36	,714
<b>TT</b>	Mayor	,138	44	,036	,951	44	,062
	Joven	,095	36	,200(*)	,980	36	,757
<b>T/A</b>	Mayor	,146	32	,081	,968	32	,446
	Joven	,105	34	,200(*)	,973	34	,536
<b>TAP</b>	Mayor	,111	32	,200(*)	,975	32	,653
	Joven	,087	34	,200(*)	,967	34	,389
<b>ITB</b>	Mayor	,131	32	,178	,959	32	,262
	Joven	,122	34	,200(*)	,975	34	,602

\* Este es un límite inferior de la significación verdadera.  
a Corrección de la significación de Lilliefors

- **Distribución grupos mujeres sanas:****Pruebas de normalidad**

	Grupo	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
		Estadístic	gl	Sig.	Estadístic	gl	Sig.
<b>TC</b>	Mayor	,111	59	,067	,973	59	,213
	Joven	,123	36	,190	,972	36	,473
<b>T1</b>	Mayor	,084	59	,200(*)	,979	59	,392
	Joven	,073	36	,200(*)	,992	36	,995
<b>T5</b>	Mayor	,063	59	,200(*)	,981	59	,479
	Joven	,117	36	,200(*)	,964	36	,294
<b>TD</b>	Mayor	,084	59	,200(*)	,970	59	,149
	Joven	,100	36	,200(*)	,978	36	,662
<b>TP</b>	Mayor	,069	59	,200(*)	,979	59	,401
	Joven	,104	36	,200(*)	,958	36	,186
<b>TT</b>	Mayor	,104	59	,179	,961	59	,059
	Joven	,110	36	,200(*)	,973	36	,522
<b>T/A</b>	Mayor	,070	57	,200(*)	,988	57	,827
	Joven	,134	38	,085	,902	38	,003
<b>TAP</b>	Mayor	,053	57	,200(*)	,987	57	,810
	Joven	,099	38	,200(*)	,945	38	,060
<b>ITB</b>	Mayor	,130	57	,018	,924	57	,001
	Joven	,124	38	,147	,975	38	,547

\* Este es un límite inferior de la significación verdadera.  
a Corrección de la significación de Lilliefors

- **Distribución grupo patológicos:**

	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
<b>T1</b>	,069	57	,200(*)	,984	57	,674
<b>T5</b>	,084	58	,200(*)	,979	58	,408
<b>TD</b>	,071	59	,200(*)	,978	59	,375
<b>TP</b>	,117	59	,044	,960	59	,048
<b>TT</b>	,111	59	,067	,975	59	,278
<b>TC</b>	,135	59	,009	,917	59	,001
<b>TAP</b>	,098	55	,200(*)	,981	55	,513
<b>T/A</b>	,150	57	,003	,944	57	,010
<b>ITB</b>	,093	54	,200(*)	,962	54	,081

\* Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a Corrección de la significación de Lilliefors

Las pruebas de aleatoriedad determinan que todas las variables analizadas en los grupos de hombres sanos, son válidas para nuestro estudio, excepto la **T/A** en el grupo hombre mayor, que invalidamos por tanto. En cuanto a los criterios de distribución, debemos desechar en el grupo denominado hombre joven, la variable temperatura central (**TC**). En el grupo hombre mayor, la distribución no es normal en las variables temperatura dorso-lateral de 5º dedo (**T5**) y temperatura dorsal 1º espacio intermetatarsal (**TD**), y

por tanto, tampoco utilizaremos los resultados obtenidos para definir los intervalos de normalidad o para la realización de otro tipo de estadísticos.

Las pruebas de aleatoriedad realizadas en los grupos de mujeres sanas, determinan que todas las variables analizadas son válidas para nuestro estudio, excepto la temperatura de 1º dedo (**T1**) en el grupo de mujeres mayores. En cuanto a los criterios de distribución, debemos indicar que el grupo mujer mayor está compuesto por más de 50 casos y por tanto, la prueba estadística que determina su distribución es la prueba de Kolmogorov-Smirnov. En el grupo mujer joven, utilizamos la prueba de Shapiro-Wilk, puesto que dicho grupo está compuesto por menos de 50 casos. En ambos grupos, los resultados de las pruebas de distribución, son los correctos, exceptuando el **ITB** en el Grupo Mujer mayor, y la **T/A** en el Grupo Mujer joven, que son excluidos de nuestro estudio, utilizando el resto de variables para definir intervalos de normalidad y realizar otras pruebas estadísticas convenientes.

Las pruebas de aleatoriedad y de distribución excluyen en el grupo patológicos la tensión sistólica central (**T/A**), la temperatura central (**TC**) y la temperatura plantar presente a nivel de la 2ª-3ª cabeza metatarsal (**TP**).

### 4.3. Resultados descriptivos por subgrupos muestrales.

#### 4.3.1 Características termométricas del grupo hombres sanos:

- Descriptivos temperaturas grupo hombre joven :

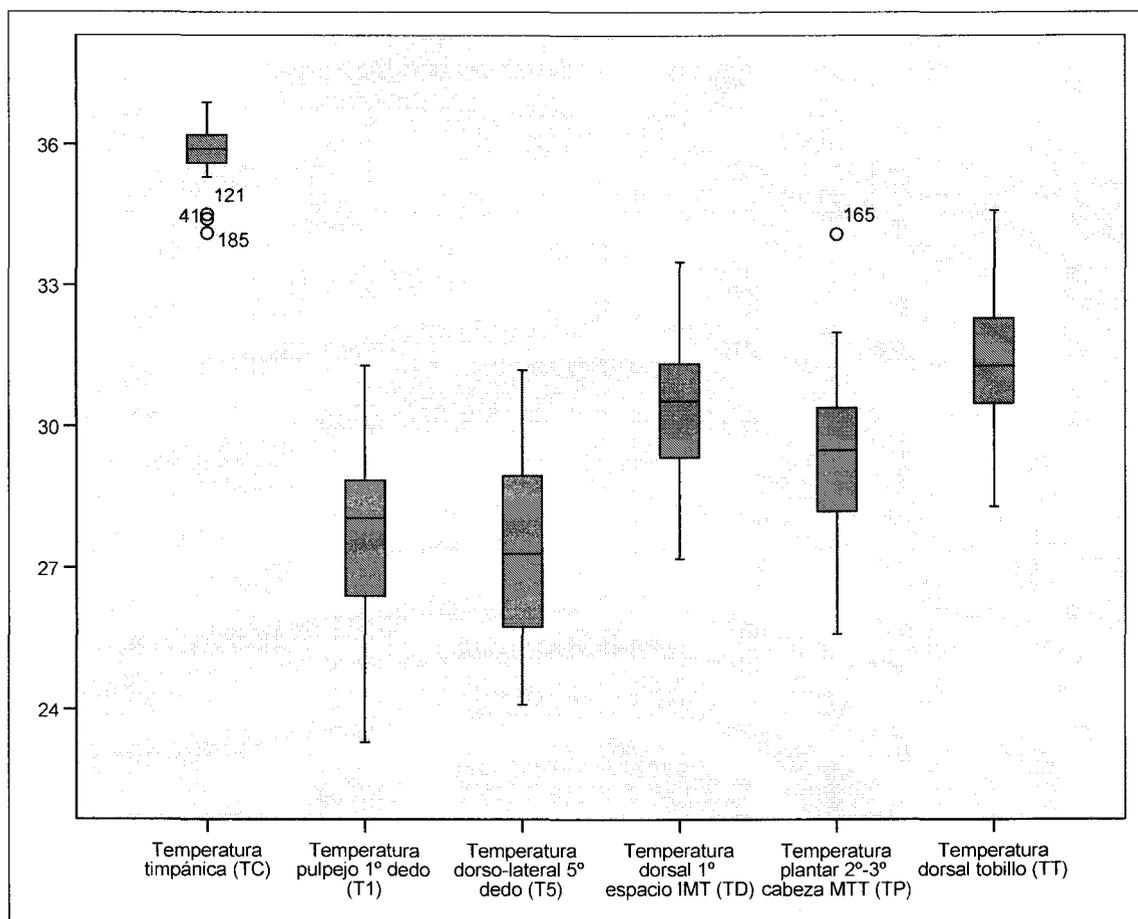


Gráfico 3: Descriptivos Grupo Hombre joven (TC no validada)

- Descriptivos temperaturas grupo hombre mayor sano:

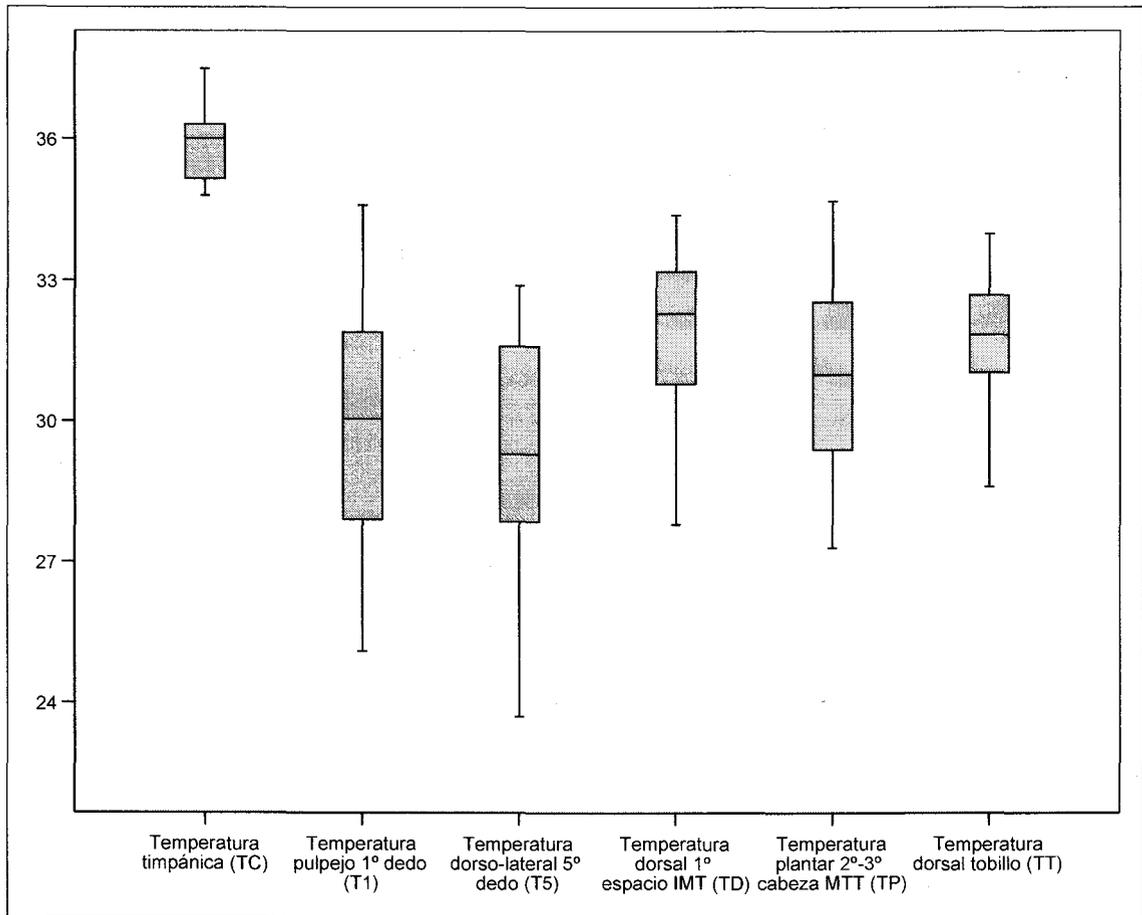


Gráfico 4: Descriptivos Grupo Hombre mayor (T5 y TD no validadas)

#### 4.3.2. Características termométricas del grupo mujeres sanas:

- Descriptivos temperaturas grupos mujer joven :

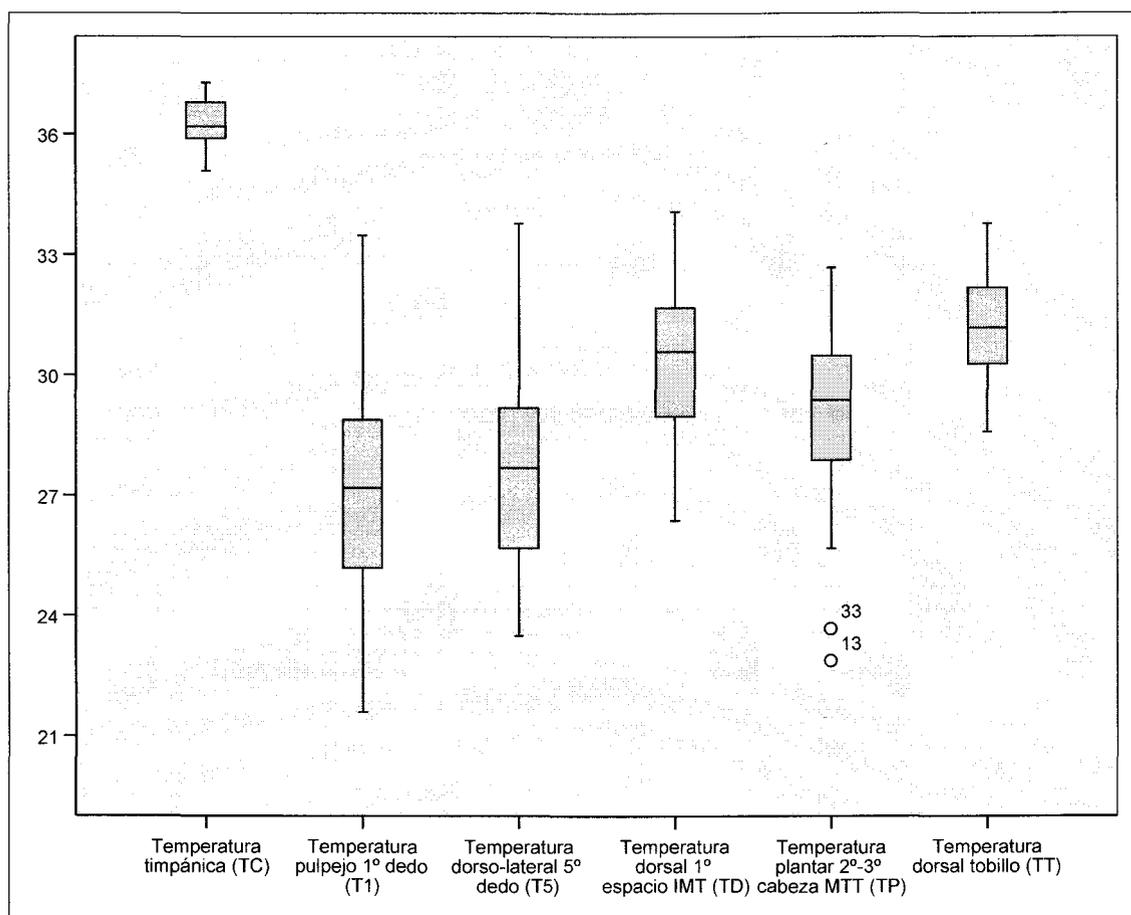


Gráfico 5: Descriptivos Grupo Mujer joven

- Descriptivos temperaturas grupo mujer mayor

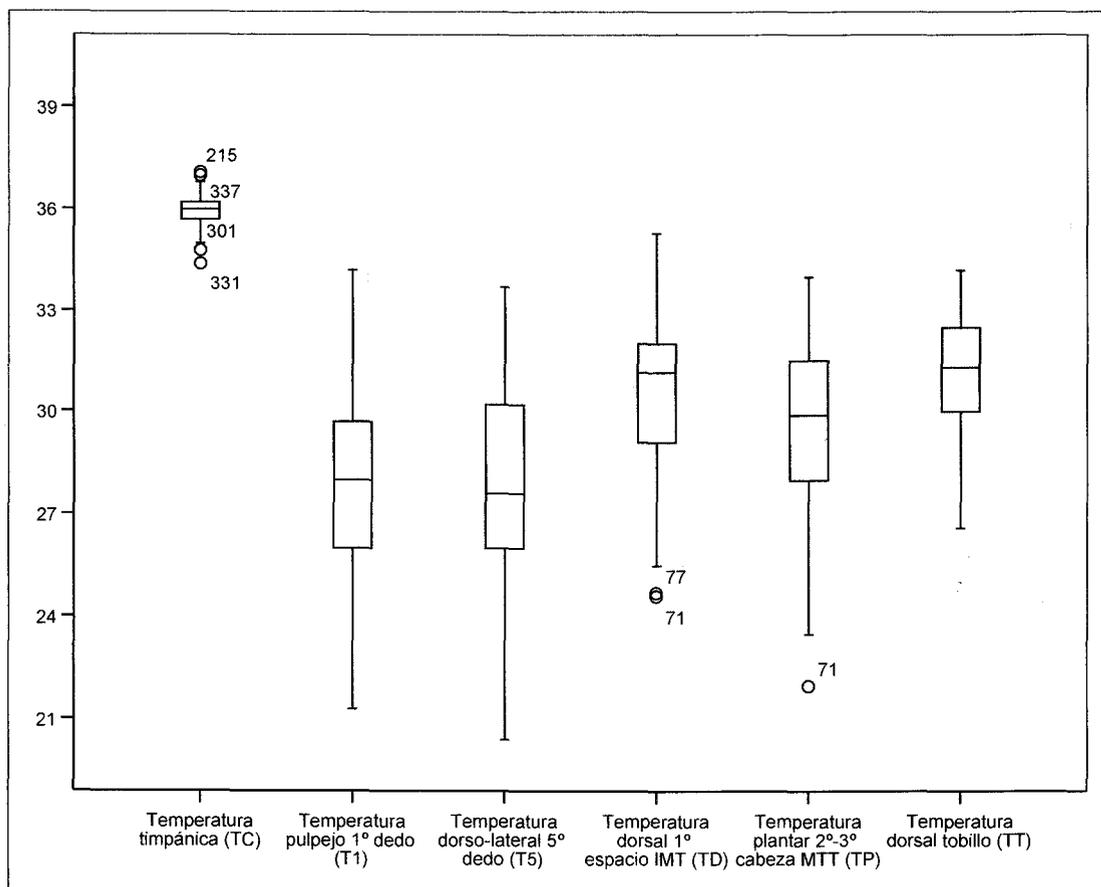


Gráfico 6: Descriptivos Grupo Mujer mayor (T1 no validada)

**4.3.3. Características termométricas del grupo patológicos:**

**- Gráficos descriptivos grupo patológicos:**

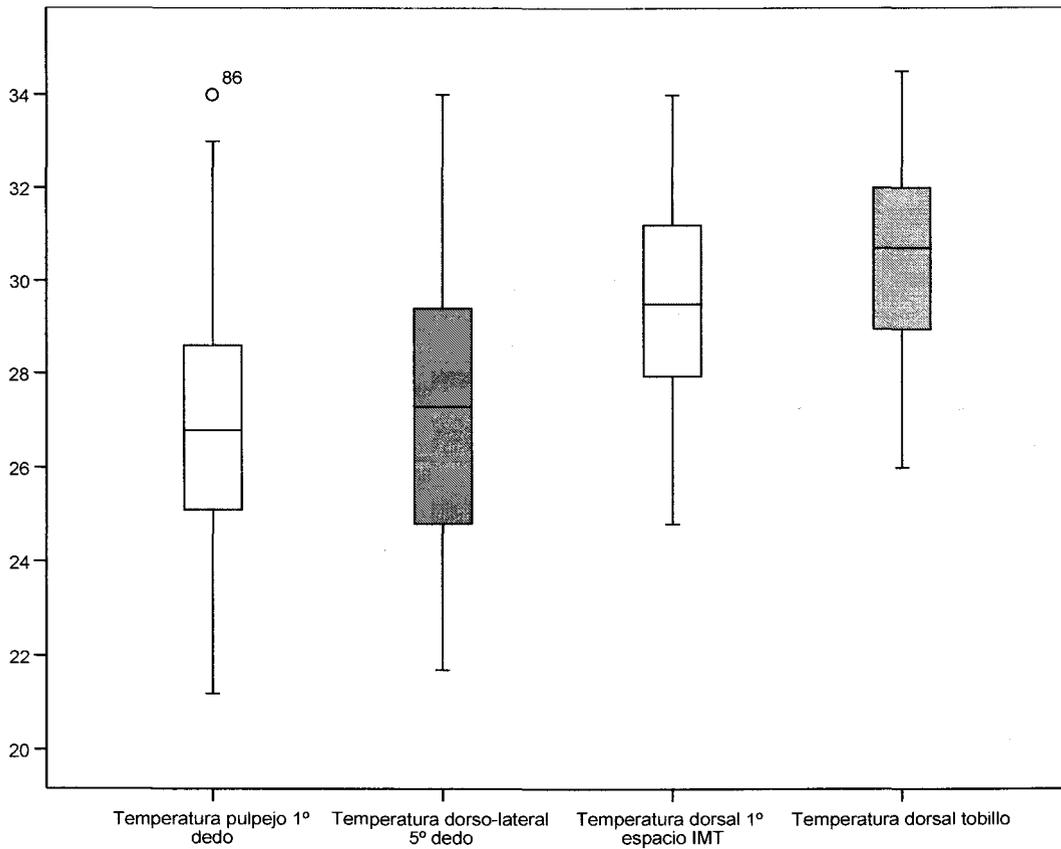


Gráfico 7: Descriptivos Grupo Patológicos.

#### **4.4. Resultados pruebas de contraste.**

Otro de los objetivos de nuestro estudio, pretende corroborar si existen diferencias significativas entre las características térmicas del pie, que se puedan relacionar con la edad o el género. Para obtener unos resultados fiables, que nos permitan definir si efectivamente existen estas diferencias, debemos sólo contrastar aquellas variables cuyo test de aleatoriedad ha resultado no tener evidencias significativas en contra de la misma. Además, debido a que la mayor parte de las variables de estudio se ajustan (no hay evidencias para decir lo contrario) a una distribución normal, utilizaremos los test de hipótesis en poblaciones normales más comunes para contrastar las diferencias entre medias y varianzas de estas variables, y descartaremos el estudio de estas diferencias en aquellas variables donde se obtengan, a través del test de normalidad, unos resultados significativos.

En este punto, se debe indicar que todas aquellas variables que no presenten unos niveles de aleatoriedad y distribución adecuados en alguno de los grupos que estamos comparando, no deben ser valoradas y por tanto no aparecen en el conjunto de resultados de nuestro estudio.

#### 4.4.1. Diferencias biotérmicas podales ligadas al sexo.

##### A- Contrastes de igualdad de medias en población joven según el sexo

Uno de los aspectos a determinar es si las variables T1, T5, TD, TP y TT, presentan diferencias significativas en relación al sexo en la población

jóven, es decir 
$$\begin{cases} H_0 = \mu_{T_i} \text{ hom bres} = \mu_{T_i} \text{ mujeres} \\ H_1 = \mu_{T_i} \text{ hom bres} \neq \mu_{T_i} \text{ mujeres} \end{cases} \quad \forall T_i = T_1, T_5, T_D, T_P, T_T .$$

Para cumplimentar este objetivo, presentamos en primer lugar la siguiente tabla con algunos estadísticos descriptivos de estas variables, distinguiendo entre hombres y mujeres.

	Sexo	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
T1	Mujer	38	27,0395	2,66342	,43206
	Hombre	36	27,7389	2,04552	,34092
T5	Mujer	38	27,6658	2,37752	,38568
	Hombre	36	27,3278	2,02324	,33721
TD	Mujer	38	30,1895	1,77852	,28851
	Hombre	36	30,3444	1,49216	,24869
TP	Mujer	38	28,8974	2,22911	,36161
	Hombre	36	29,3750	1,80450	,30075
TT	Mujer	36	31,2500	1,28586	,21431
	Hombre	36	31,2778	1,31521	,21920

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos para la prueba T para la igualdad de medias, que se acompaña a su vez de la Prueba de Levene para contrastar la igualdad de varianzas, es decir, si los datos se dispersan en torno a la media de igual forma en ambos grupos, o bien, la dispersión de estos respecto a la media se rige por patrones distintos.

**Prueba de muestras independientes.  
Contrastes de igualdad de medias en población joven según género.**

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error tip. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
T1	Se han asumido varianzas iguales	2,130	,149	-1,262	72	,211	-,69942	,55427	-1,80434	,40551
	No se han asumido varianzas iguales			-1,271	69,09	,208	-,69942	,55037	-1,79734	,39851
T5	Se han asumido varianzas iguales	,587	,446	,657	72	,513	,33801	,51456	-,68774	1,36377
	No se han asumido varianzas iguales			,660	71,20	,512	,33801	,51231	-,68345	1,35948
TD	Se han asumido varianzas iguales	1,466	,230	-,405	72	,687	-,15497	,38272	-,91792	,60797
	No se han asumido varianzas iguales			-,407	70,98	,685	-,15497	,38090	-,91448	,60454
TP	Se han asumido varianzas iguales	1,640	,204	-1,010	72	,316	-,47763	,47302	-1,42058	,46532
	No se han asumido varianzas iguales			-1,016	70,32	,313	-,47763	,47033	-1,41560	,46034
TT	Se han asumido varianzas iguales	,006	,941	-,091	70	,928	-,02778	,30656	-,63919	,58363
	No se han asumido varianzas iguales			-,091	69,96	,928	-,02778	,30656	-,63919	,58364

Los resultados obtenidos al comparar las medias y las varianzas de las temperaturas obtenidas a nivel del pulpejo del 1º dedo (T1), 5º dedo (T5), zona dorsal del 1º espacio intermetatarsal (TD), zona plantar de las cabezas del 2º y 3º metatarsiano (TP) y las temperaturas presentes a nivel del tobillo (TT), en grupos de población joven de distinto género, determinan que no existen diferencias estadísticamente significativas entre estas variables y por tanto, desde el punto de vistas de las variables que analizamos en nuestro estudio, podemos utilizar los resultados de ambos grupos en conjunto.

## B- Contrastes de igualdad de medias en población mayor sana según el sexo.

Los resultados obtenidos para determinar si existen diferencias estadísticas entre las características térmicas podales en población mayor sana, se refleja en las siguientes tablas. Concretamente pretendemos determinar

$$\begin{cases} H_0 = \mu_{T_i} \text{ mayores sanos hombres} = \mu_{T_i} \text{ mayores sanas mujeres} \\ H_1 = \mu_{T_i} \text{ mayores sanos hombres} \neq \mu_{T_i} \text{ mayores sanas mujeres} \end{cases} \quad \forall T_i = T_C, T_P, T_T$$

	Sexo	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
TC	Mujer	50	35,9380	,52094	,07367
	Hombre	32	35,8469	,70527	,12468
TP	Mujer	50	29,7260	2,49700	,35313
	Hombre	32	30,9594	2,05660	,36356
TT	Mujer	50	31,0560	1,97393	,27916
	Hombre	32	31,7125	1,25435	,22174

A partir de los resultados obtenidos en la siguiente tabla podremos extraer conclusiones de interés para este estudio.

**Prueba de muestras independientes.  
Contrastes de igualdad de medias en población mayor sana según género.**

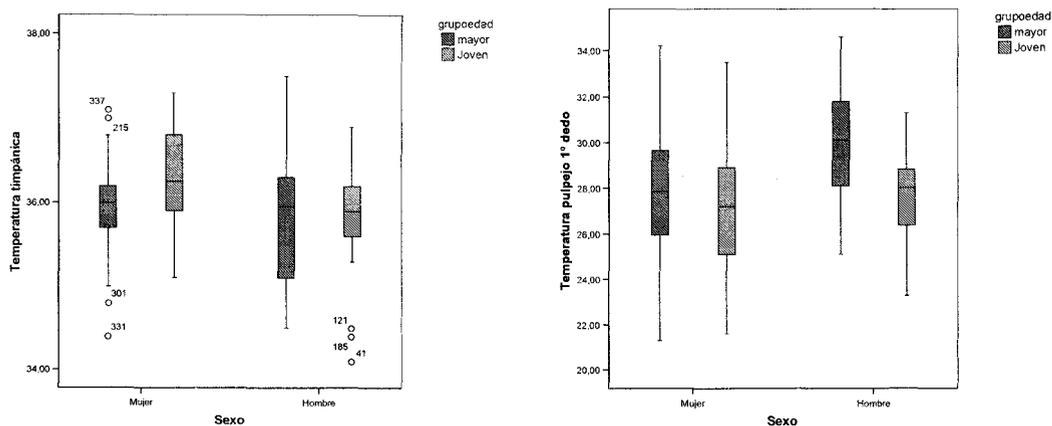
		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
TC	Se han asumido varianzas iguales	7,289	,008	,672	80	,504	,09113	,13564	-,17880	,36105
	No se han asumido varianzas iguales			,629	52,388	,532	,09113	,14482	-,19942	,38167
TP	Se han asumido varianzas iguales	,965	,329	-2,332	80	,022	-1,23338	,52888	-2,2858	-,18086
	No se han asumido varianzas iguales			-2,434	74,906	,017	-1,23338	,50683	-2,2430	-,22370
TT	Se han asumido varianzas iguales	7,349	,008	-1,675	80	,098	-,65650	,39186	-1,4363	,12333
	No se han asumido varianzas iguales			-1,841	80,000	,069	-,65650	,35651	-1,3659	,05297

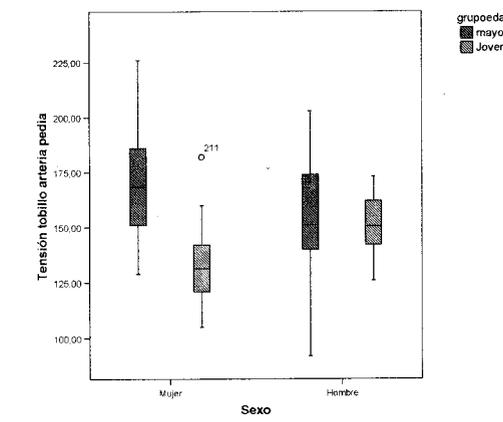
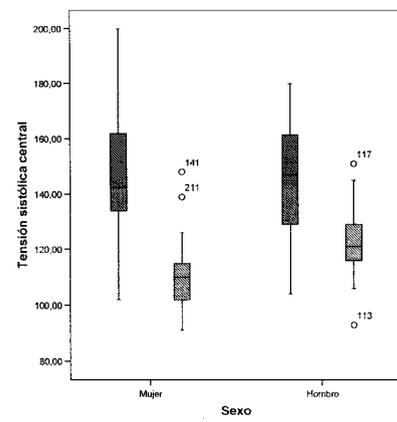
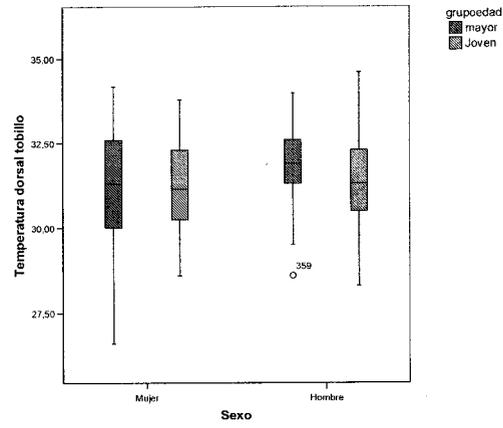
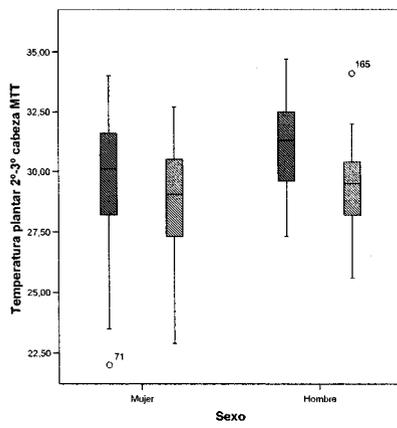
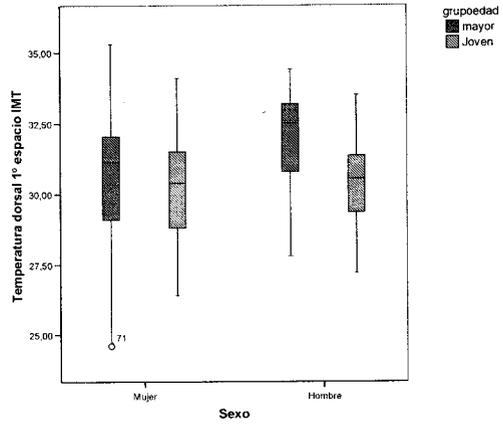
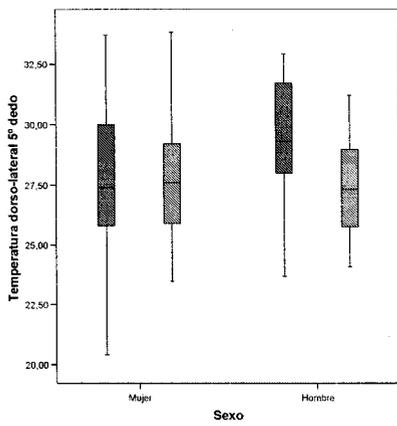
Al contrastar las características termométricas de los grupos Hombres Mayores Sanos y Mujeres Mayores Sanas, encontramos que debemos diferenciar ambos grupos, puesto que aparecen diferencias estadísticamente significativas referidas tanto a las medias de las variables como a la dispersión de los datos

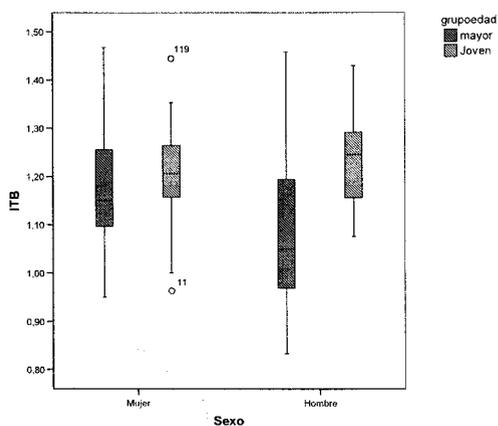
respecto a estas. Concretamente podemos decir, que a partir de los resultados obtenidos para el grupo de Mayores sanos, las temperaturas cutáneas presentes a nivel plantar en hombres es distinta que en el grupo de mujeres, sin embargo presentan una dispersión similar. De otra parte, ocurre lo contrario con la temperatura timpánica y la presente en la zona dorsal del tobillo, donde no hemos constatado que existan diferencias significativas para rechazar la igualdad de medias pero si se determina que existe una igualdad en las varianzas.

#### - Gráficos descriptivos comparados grupos sanos:

Mostramos a continuación los gráficos box-and-whisker donde se reflejan para cada una de las variables de estudio, y su comparación atendiendo a criterios de edad y sexo.







#### 4.4.2. Diferencias biotérmicas podales ligadas a la edad.

En este apartado, estudiamos si existen diferencias significativas atendiendo al grupo de edad, es decir si

$$\begin{cases} H_0 = \mu_{T_i} \text{ jóvenes} = \mu_{T_i} \text{ mayores} \\ H_1 = \mu_{T_i} \text{ jóvenes} \neq \mu_{T_i} \text{ mayores} \end{cases} \quad \forall T_i = T_1, T_5$$

#### Contrastes de igualdad de medias según la edad.

Estadísticos de grupo

	Grupo edad	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
<b>T1</b>	Joven	74	27,3797	2,39280	,27816
	Mayor	85	28,7765	2,97660	,32286
<b>T5</b>	Joven	74	27,5014	2,20376	,25618
	Mayor	85	28,2494	3,04497	,33027
<b>ITB</b>	Joven	72	1,2172	,09674	,01140
	Mayor	85	1,1505	,16713	,01813

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
T1	Se han asumido varianzas iguales	4,397	,038	-3,229	157	,002	-1,39674	,43258	-2,2511	-,54231
	No se han asumido varianzas iguales			-3,278	156,049	,001	-1,39674	,42616	-2,2385	-,55496
T5	Se han asumido varianzas iguales	7,213	,008	-1,751	157	,082	-,74806	,42718	-1,5918	,09569
	No se han asumido varianzas iguales			-1,790	152,122	,075	-,74806	,41798	-1,5738	,07774

Al realizar el contraste para determinar si existen diferencias ligadas a la edad, se determina que para las variables referidas a las temperaturas observadas en el 1º y 5º dedos, se determina que sí hay diferencias entre ambos grupos de edad con una dispersión similar salvo en las temperaturas de 1º dedo, donde la dispersión es significativamente diferente.

#### 4.4.3. Diferencias biotérmicas podales ligadas al estado vascular periférico.

Estudiamos ahora el siguiente contraste para cada una de las variables que se muestran en el cuadro siguiente.

$$\begin{cases} H_0 = \mu_{T_i \text{ sanos}} = \mu_{T_i \text{ patológicos}} \\ H_1 = \mu_{T_i \text{ sanos}} \neq \mu_{T_i \text{ patológicos}} \end{cases} \quad \forall T_i = T_1, T_5$$

#### Contrates de igualdad de medias según estado vascular

Estadísticos de grupo

Grupos		N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
T1	Patológicos	57	26,9667	2,96023	,39209
	Sanos	82	28,8256	2,99216	,33043
T5	Patológicos	58	27,1724	2,93633	,38556
	Sanos	82	28,2573	3,05299	,33715

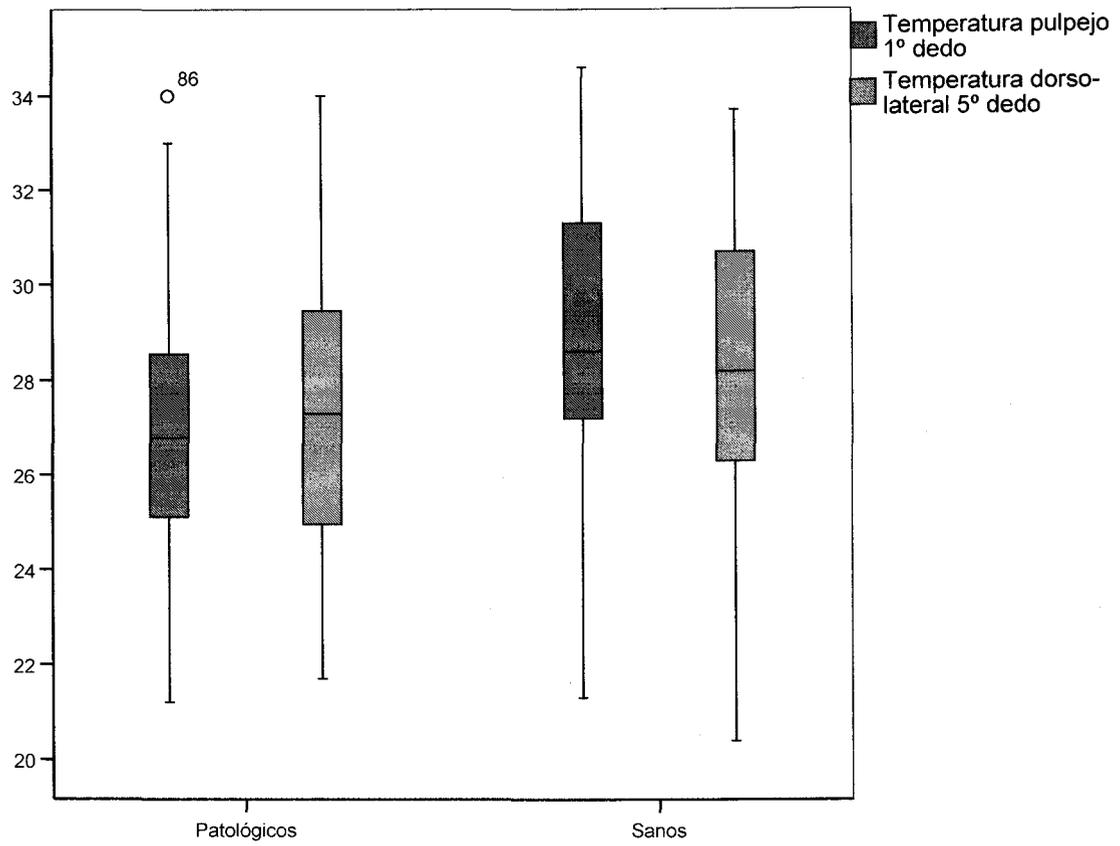


Gráfico 8: Contraste entre casos y controles

## Prueba de muestras independientes

	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias							
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia		
								Inferior	Superior	
<b>T1</b>	,081	,776	-3,618	137	,000	-1,85894	,51375	-2,87486	-,84303	
Se han asumido varianzas iguales No se han asumido varianzas iguales			-3,625	121,440	,000	-1,85894	,51276	-2,87404	-,84384	
<b>T5</b>	,017	,896	-2,104	138	,037	-1,08490	,51563	-2,10446	-,06535	
Se han asumido varianzas iguales No se han asumido varianzas iguales			-2,118	125,755	,036	-1,08490	,51218	-2,09850	-,07130	

De la tabla anterior podemos concluir que aunque la dispersión de las variables T1 y T5 es similar en ambos grupos, es decir, mayores sanos y mayores que presenten insuficiencia vascular periférica (denominados patológicos y compuesto integralmente por población mayor de 59 años), se constata que existen diferencias estadísticamente significativas entre estas variables.

#### 4.5. Intervalos de confianza en termometría podal.

Hasta este momento hemos estudiado características de la distribución de las variables y comparado subpoblaciones atendiendo a distintas variables como edad, sexo o nivel de salud vascular, valiéndonos de técnicas de contrastes de hipótesis, pero no hemos valorado por donde se mueven las medias de estas variables. A continuación se utilizan las técnicas para determinar los intervalos de confianza, para estimar el rango de variación de las mismas.

A partir de los resultados obtenidos en las pruebas de contraste, que definen que no existen diferencias entre los grupos hombres y mujeres jóvenes, determinamos los intervalos de normalidad térmica podal para el grupo compuesto por jóvenes, atendiendo a los siguientes resultados:

##### 4.5.1 Validación de los datos

Prueba de rachas

	TC	T1	T5	TD	TP	TT
Valor de prueba(a)	36,10	27,65	27,50	30,45	29,40	31,25
Casos < Valor de prueba	35	37	36	37	36	36
Casos >= Valor de prueba	39	37	38	37	38	36
Casos en total	74	74	74	74	74	72
Número de rachas	34	36	37	38	32	32
Z	-,914	-,468	-,228	,000	-1,399	-1,187
Sig. asintót. (bilateral)	,361	,640	,820	1,000	,162	,235

a Mediana

### 4.5.3. Gráficos descriptivos

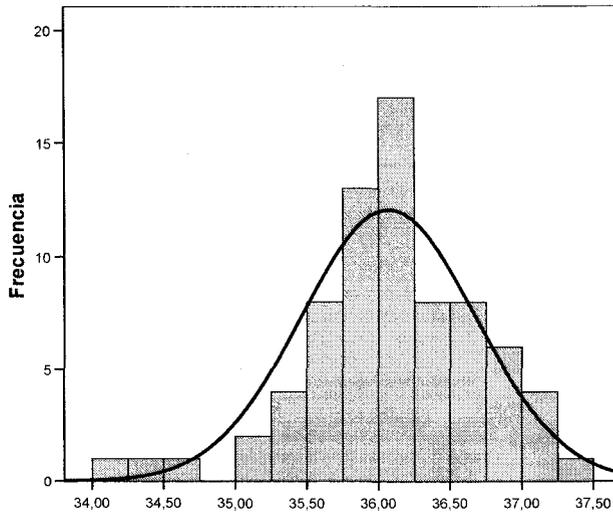


Gráfico 9: Distribución TC

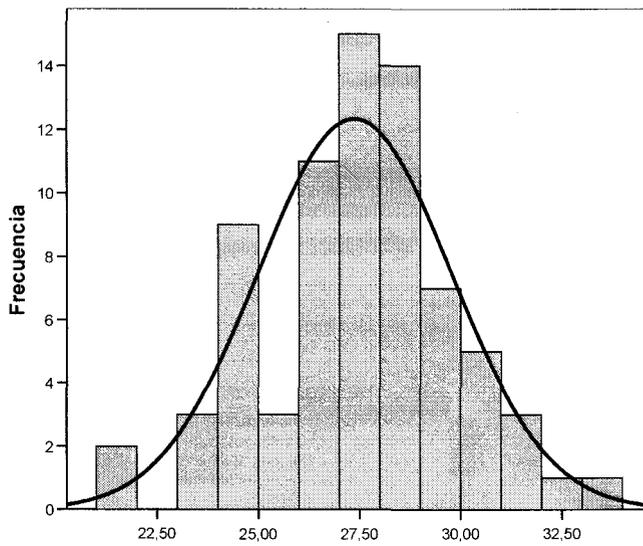
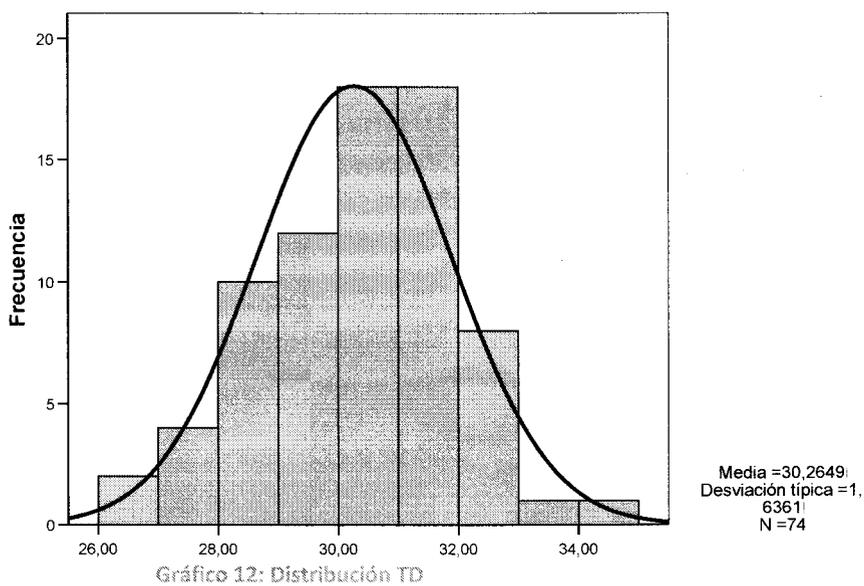
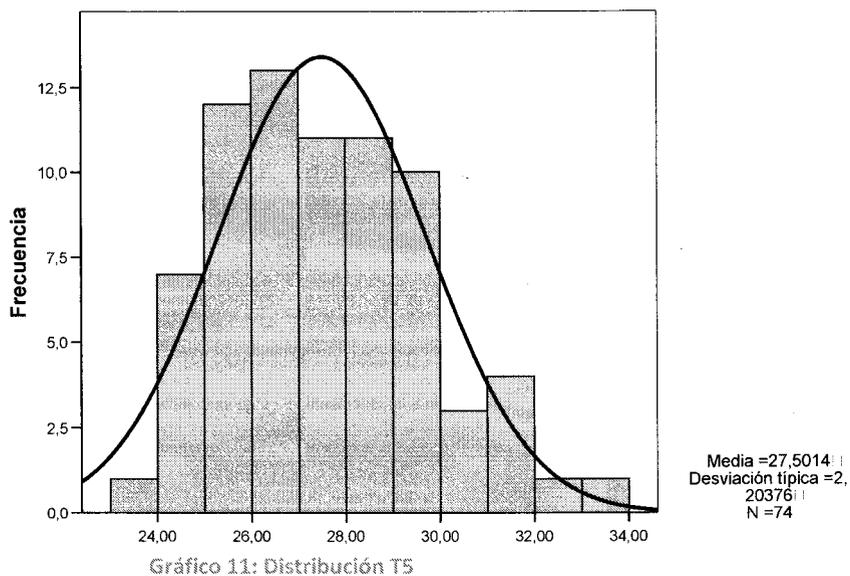


Gráfico 10: Distribución T1



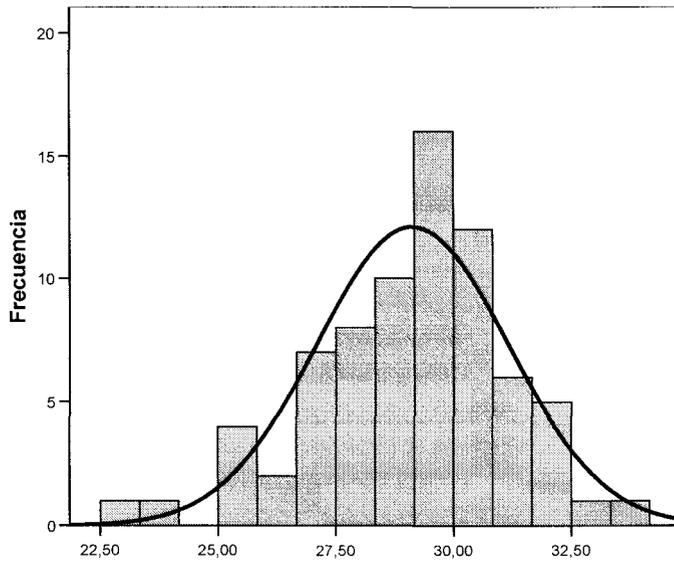


Gráfico 13: Distribución TP

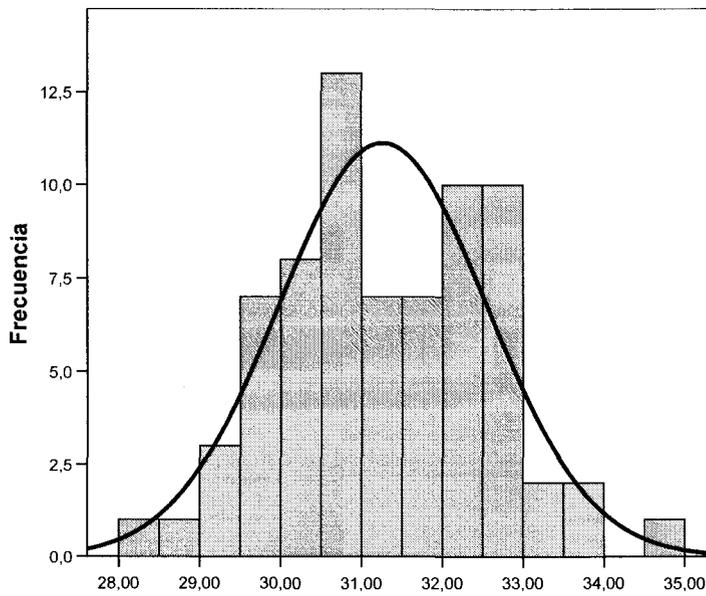


Gráfico 14: Distribución TT

## Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov(a)		
	Estadístico	gl	Sig.
TC	,100	74	,062
T1	,059	74	,200(*)
T5	,083	74	,200(*)
TD	,068	74	,200(*)
TP	,084	74	,200(*)
TT	,089	72	,200(*)

## 4.5.2. Descriptivos

		Estadístico	
<b>TC</b>	Media	36,0689	
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	35,9272
		Límite superior	36,2106
	Media recortada al 5%	36,0980	
	Mediana	36,1000	
	Varianza	,374	
<b>T1</b>	Media	27,3797	
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	26,8254
		Límite superior	27,9341
	Media recortada al 5%	27,3935	
	Mediana	27,6500	
	Varianza	5,725	
<b>T5</b>	Media	27,5014	
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	26,9908
		Límite superior	28,0119
	Media recortada al 5%	27,4231	
	Mediana	27,5000	
	Varianza	4,857	
<b>TD</b>	Media	30,2649	
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	29,8858
		Límite superior	30,6439
	Media recortada al 5%	30,2848	
	Mediana	30,4500	
	Varianza	2,677	
<b>TP</b>	Media	29,1297	
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	28,6585
		Límite superior	29,6010
	Media recortada al 5%	29,1878	
	Mediana	29,4000	
	Varianza	4,137	
<b>TT</b>	Media	31,2639	
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	30,9604
		Límite superior	31,5674
	Media recortada al 5%	31,2580	
	Mediana	31,2500	
	Varianza	1,668	

Así pues podemos afirmar que las variables TC, T1, T5, TD, TP y TT se ajustan a una distribución normal, donde las medias pertenecen a los siguientes intervalos:

$$\mu_{TC} \in [35,9272 \quad 36,2106] \quad \mu_{T1} \in [26,8254 \quad 27,9341] \quad \mu_{T5} \in [26,9908 \quad 28,0119]$$

$$\mu_{TD} \in [29,8858 \quad 30,6439] \quad \mu_{TP} \in [28,6585 \quad 29,6010] \quad \mu_{TT} \in [30,9604 \quad 31,5674]$$

#### 4.6. Resultados correlación entre variables

Correlaciones

		T1	T5	TD	TP	TT
ITB	Correlación de Pearson	,117	,127	,142	,294(*)	-,079
	Sig. (bilateral)	,330	,289	,235	,012	,513
	N	72	72	72	72	70

\* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Otros de los objetivos definidos en el presente estudio es conocer si existe algún patrón de proporcionalidad entre el grado de perfusión vascular del pie, definido por el ITB, y las temperaturas observadas a este nivel. Las pruebas de correlación de Pearson realizadas entre estas variables, determinan que aunque se puede concluir que existen algunas relaciones de tipo lineal entre estas variables, sobre todo las más proximales, no son lo suficientemente potentes, estadísticamente hablando, como para utilizar la termometría como prueba de valoración del estado vascular del pie por si sola.

#### 4.7. Resultados. Sensibilidad y especificidad.

La valoración estadística de cualquier prueba diagnóstica se fundamenta en el cálculo mediante una tabla de contingencia de la sensibilidad (S), especificidad (E), y el valor predictivo (VP) tanto positivo como negativo de la prueba en cuestión.

	<b>S</b>	<b>E</b>	<b>VP+</b>	<b>VP-</b>
<b>T1</b>	<b>49,15%</b>	<b>78,04%</b>	<b>38,16%</b>	<b>84,77%</b>
<b>T5</b>	<b>47,46%</b>	<b>86,91%</b>	<b>30,43%</b>	<b>99,46%</b>
<b>TD</b>	<b>49,15%</b>	<b>79,9%</b>	<b>40,28%</b>	<b>85,07%</b>
<b>TT</b>	<b>42,37%</b>	<b>77,1%</b>	<b>33,78%</b>	<b>82,91%</b>

Tabla 2: Valoración de la termometría podal prueba diagnóstica.

## **5.1. DISCUSIÓN Y PROSPECTIVA DEL ESTUDIO**

Ciertamente, hemos constatado que existen pocos estudios rigurosos que valoren la termometría podal en sus diversas aplicaciones clínicas, a pesar de que como hemos indicado, existen muchas fuentes bibliográficas y diversos referentes clínicos (Lotens 1989, Kuklane 2000, Carpentier 2001, Stess 1986, Minamishima 2005...), que utilizan esta simple valoración como dato complementario a la hora de realizar un juicio diagnóstico. Esta circunstancia, que por si sola justificaría ampliamente la realización del presente estudio u otros similares, al determinar de una parte, si estas apreciaciones basadas en la experiencia empírica, tienen a su vez una demostración científica razonable, y de otra parte, al cuantificar y cualificar esta valoración clínica de una forma clara y con plena validez, para que su aplicación en estudios clínicos presentes y futuros, diera a estos unas referencias adecuadas y fiables a la hora de valorar los resultados obtenidos.

La termometría podal es un campo de investigación que posiblemente, motivado por la falta de recursos tecnológicos adecuados en su momento, no ha sido suficientemente explorado desde un punto de vista científico. En la actualidad, e incentivado por el desarrollo de toda una serie de sistemas tecnológicos que nos permiten cuantificar, de forma extremadamente precisa las

condiciones biotérmicas presentes en el pie, era lógico y además necesario, que la ciencia se encargara de determinar estos aspectos formales referidos a las características biotérmicas presentes en la población sana, con el objeto de servir de referentes plenamente válidos para otros investigadores y otras líneas de investigación, y a su vez , determinar otros parámetros y refrendar planteamientos que habitualmente se consideran adecuados, pero que no han sido verificados siguiendo criterios científicos. Por ejemplo, si efectivamente existe alguna relación entre las disfunciones biotérmicas podales y la existencia de alteraciones en la perfusión arterial de estas estructuras anatómicas, que es el objetivo fundamental del presente estudio.

El creciente interés en estas técnicas y sus posibilidades de aplicación en el ámbito de las ciencias de la salud (León 2005, Taneva 1995, etc), y más específicamente en la ciencia podológica (Carpentier 2001, Bharara 2006, etc), determinan la necesidad de que se realicen trabajos similares al presente para optimizar este procedimiento, y validar los resultados obtenidos. Coincidimos con las conclusiones de Borrnmyr (1997) sobre la potencialidad de la termometría como prueba complementaria, una vez desarrollada la tecnología necesaria, que posiblemente pueda ser el uso de termómetros que valoran la radiación infrarroja, similares al utilizado en nuestro trabajo.

Nuestro trabajo de investigación concluye con la determinación de los intervalos de normalidad térmica en diversos puntos anatómicos del pie, no habiendo localizado en la bibliografía consultada, ningún estudio que valore tantos puntos determinados de forma conjunta, como en nuestro estudio. Entendemos necesario que se tomen diversas referencias, puesto que como hemos indicado, las propias características del pie como estructura periférica, biotérmicamente dependiente y altamente influenciado por circunstancias y condiciones, tanto intrínsecas como extrínsecas del propio sujeto, lo convierten en un elemento anatómico térmicamente variable, y por tanto, el hecho de tomar diversos referentes, reducirá grandemente el sesgo posible en una evaluación clínica puntual. Si comparamos este protocolo de toma de datos, en diversos puntos y de forma casi simultánea en el tiempo, con otros trabajos similares, determinamos que la mayoría de los autores han utilizado como referencia solo un punto. Concretamente, en el trabajo de Arora (2002) o de Halperin (2002), se toman las temperaturas exclusivamente en uno de los dedos centrales del pie. Teniendo en cuenta que estos autores no han tenido en cuenta la posibilidad cierta, de que existan alteraciones en el dígito explorado, que pueden modificar los resultados y por tanto invalidar las posibles conclusiones a las que puedan llegar, consideramos más adecuado tomar varias referencias, que en conjunto, mejoran la consistencia de los resultados y conclusiones

obtenidas a partir de estas exploraciones. En conjunto, podemos afirmar que un pie es termométricamente normal cuando, en condiciones basales, las temperaturas podales rondan los 29°C, coincidiendo con los postulados de Kidawa a este respecto. Este autor, indica que ha observado que en sujetos que presenten temperaturas digitales muy bajas, existen dificultades para que las lesiones cicatricen correctamente, coincidiendo plenamente con las valoraciones que hemos realizado a través del presente estudio. Hemos confirmado que los sujetos con lesiones de evolución tórpida por disfunción en el aporte sanguíneo, presentan en general, temperaturas cutáneas más bajas, relacionando este hecho con la reducción de la irrigación arterial a los tejidos. También apoyamos la afirmación de Kidawa (1989) a respecto del interés que tiene la termometría para valorar a este tipo de pacientes.

De otra parte, nuestro trabajo ha determinado que no existen diferencias entre las características térmicas podales, que podamos relacionar con el sexo del sujeto, al analizar poblaciones plenamente sanas, es decir población joven. Si se determinó, que en población mayor de 59 años existen diferencias ligadas al sexo, pero consideramos que estas también se relacionan con el grado de salud, no sólo tomando como referencia el estado arterial de los sujetos, si no otras alteraciones sistémicas o locorreregionales menores que como hemos indicado, podrían influir grandemente en la variabilidad térmica podal. Posiblemente, en estos grupos

poblacionales, habrá que realizar estudios complementarios que nos permitan, de una parte, utilizar otros sistemas de evaluación vascular más precisos que cuantifiquen las pequeñas anomalías de perfusión arterial periférica, y por tanto nos posibiliten catalogar de forma más precisa a estos individuos a partir de los niveles de salud vascular que presenten, y que con los medios utilizados en el presente estudio, inicialmente son catalogados como sanos sin serlos plenamente; y de otra parte, valorar otras circunstancias que aunque inicialmente, se presupone que no influyen en el estadio vascular y/o biotérmico periférico, podrían alterar estas características de alguna forma. En estos grupos de población, que por su propia edad y condiciones de salud, no podemos catalogar como plenamente saludables, puesto que en la gran mayoría de los casos, concurren diversas alteraciones que pueden ser clínicamente poco expresivas o bien, estén correctamente compensadas de forma fisiológica o mediante tratamientos diversos. Lo más probable es que en estos grupos, la distribución del calor biológico se pueda ver alterado y por tanto, no consideramos al grupo de mayores sanos, adecuados para que realicemos la determinación de los parámetros biotérmicos normales del pie.

Con respecto a la termometría como prueba diagnóstica de los procesos que cursen con reducción del flujo arterial al pie, hemos constatado que existen diferencias estadísticamente significativas si comparamos las características biotérmicas podales en grupos de

población similares que presenten estas disfunciones vasculares con grupos de sujetos sanos. Ya hemos indicado que el grupo de patológicos está compuesto exclusivamente por sujetos mayores de 60 años y por tanto, hemos considerado oportuno realizar los contraste con el grupo de mayores sanos, a pesar de indicar que este grupo de mayores sanos ha sido catalogado exclusivamente siguiendo criterios de salud vascular, lo que podría inicialmente crear un sesgo en los resultados, pero hay que tener en consideración igualmente, que este criterio ha sido el mismo para catalogar al grupo de casos, y por tanto, entendemos que estamos comparando grupos poblacionales homogéneos y que básicamente se diferencian por su situación vascular periférica. Los resultados obtenidos al contrastar las características termométricas del grupo de casos con el grupo control respectivo, determinan que existen diferencias entre estos grupos y que por tanto, las temperaturas podales presentes en sujetos afectos de déficit en el aporte vascular al pie, son significativamente más bajas en estos sujetos.

Por tanto podemos confirmar que las conclusiones que aportó Lewis en 1930 sobre la reducción de la temperatura podal en sujetos que sufrieran limitaciones en el aporte arterial al pie eran acertadas y a partir de esta afirmación, podemos concluir que la termometría aparece como prueba de interés clínico complementario coincidiendo con los postulados de Griffin (1971) y de Villa (2002). Aunque Griffin si realiza en su trabajo una

aproximación cuantitativa a las características biotérmicas presentes en el pie, con los medios disponibles en su época, en estudios más recientes como el aportado por Villa para una guía clínica, solo se hace referencia a la valoración térmica sin seguir criterios de toma de temperaturas en áreas bien definidas. De igual forma, coincidimos con los postulados de Taneva y Hovius, respecto a la validez clínica de la termometría para determinar el grado de perfusión cutánea que, evidentemente se relaciona con los niveles de perfusión del conjunto de tejidos localizados a este nivel.

Al correlacionar los niveles de perfusión arterial mediante el uso del índice tobillo/brazo como referente, con las temperaturas presentes en el pie, podemos evidenciar que existe una correlación que es más potente a niveles más proximales, superando en estos niveles el 50% de significancia bilateral, pero que se reduce al 25-30% si realizamos la valoración en puntos más distales. Sin duda, estos resultados avalan nuestra hipótesis de que existe una íntima relación entre la temperatura de los tejidos y los niveles de perfusión arterial que a este llegan. Coincidimos con Robert (1987) y con Lotens en esta afirmación, aunque si entendemos que el trabajo de Robert se realizó en un medio experimental muy controlado, siendo sus resultados más contundentes a este respecto. Lotens valoró el pie en un medio más real y determinó que efectivamente, existe esta relación pero que en muchas ocasiones, existen factores intrínsecos o extrínsecos que pueden

modificar el sentido y la proporción de la relación que se establece entre la perfusión y la temperatura podal. Sin duda estos factores influyen de forma más poderosa en los tejidos más periféricos, coincidiendo con los resultados obtenidos en nuestro estudio. Este aumento de la influencia de otros factores a la hora de realizar valoraciones en los territorios más periférico (a nivel de los dedos) coincide con las afirmaciones de Kuklane a este respecto. El ITB es un magnífico marcador del estatus vascular, pero valora aspectos macrovasculares. Posiblemente hubiera sido más adecuado utilizar otros sistemas de cuantificación de los niveles de perfusión vascular cutánea, como por ejemplo un flujómetro laser-doppler. Actualmente el autor del presente trabajo, no dispone de estos medios, y por tanto, optó por utilizar los medios disponibles. El uso de esta tecnología, podría haber optimizado el presente estudio puesto que la flujometría valora los niveles de perfusión cutánea y recordemos, la termometría se realiza en puntos específicos de la piel. Es necesario que se realice otro estudio similar al presente, en el que se utilicen medios tecnológicos más avanzados que permitan valorar de forma cuantitativa, los niveles de irrigación de la piel.

De todas formas y teniendo en cuenta los limitados medios tecnológicos utilizados en el presente estudio, debemos resaltar que todos los resultados nos orientan hacia la íntima relación que existe entre niveles de perfusión arterial y temperatura del pie. En la búsqueda bibliográfica, no hemos encontrado ningún estudio que

determine mediante el cálculo de la sensibilidad, especificidad y valor predictivo de la prueba, si la termometría podría ser una buena técnica diagnóstica en los procesos que cursen con reducción del aporte sanguíneo a los pies. Nuestros resultados determinan que la termometría tiene una sensibilidad media (entre el 42,37% al 49,15%) siendo mejor en las valoraciones distales. La especificidad es alta al detectar entre el 77,1% al 86,91% de los falsos negativos. En cuanto a la capacidad que tiene esta técnica diagnóstica debemos indicar que tiene unos niveles de predicción positiva, es decir, de detectar pacientes con disfunción arterial periférica de entre 30,43% y el 40,28%. En cuanto a discriminar los pacientes sanos de los enfermos mediante el valor predictivo negativo, debemos resaltar que esta prueba tiene gran capacidad para detectar pacientes sanos, con niveles de detección situados entre los 82,9% al 99,46%. Estos resultados son mejores, si los comparados con los obtenidos por Thompson<sup>195</sup>

## **6.1. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO**

- 1- Los resultados de nuestro estudio indican que no existen diferencias estadísticamente significativas ligadas al sexo, entre las temperaturas presentes en el pie. Esta afirmación solo la aplicamos a los grupos de población joven, puesto que en población mayor si se detectan diferencias pero consideramos que no solo estarían justificadas por el género, sino por otra serie de factores que confluyen en estos grupos poblacionales. Estos factores también influyen en la existencia de diferencias en las características termométricas podales ligadas a la edad.
  
- 2- Tomando como referente los resultados obtenidos en el presente estudio, afirmamos que la termometría es una prueba complementaria de apoyo diagnóstico, adecuada para la valoración vascular del pie, siempre y cuando dicho diagnóstico, se sustente en otras pruebas complementarias más específicas. Consideramos que por su sencillez técnica y el reducido costo, debería incluirse en los protocolos de evaluación vascular del pie.
  
- 3- A partir de los resultados descriptivos del presente estudio, concluimos que en la población sana encontramos temperaturas centrales (TC) definidas en un intervalo de normalidad comprendido entre los 35,21°C y los 35,927°C, la temperatura normal del 1º dedo (T1) está

demarcada en un intervalo de normalidad entre los 26,825°C y los 27,934°C. La temperatura normal del 5º dedo (T5) se sitúa en el intervalo de normalidad definido entre los 26,99°C y los 28,012°C. La temperatura normal en la zona dorsal del pie (TD) está definida en el intervalo de normalidad entre los 29,885°C y los 30,644°C. En la zona plantar (TP), la temperatura se sitúa en un intervalo entre los 28,658°C y los 29,601°C. Con respecto a la zona dorsal del tobillo (TT), su temperatura normal está situada dentro del intervalo de normalidad entre los 30,96°C y los 31,567°C.

- 4- Basándonos en estos resultados, afirmamos que existen diferencias entre las características térmicas presentes en población que presente disfunciones vasculares que cursen con reducción del flujo arterial al pie, al compararlo con población sana. En el grupo de pacientes afectados de disfunción vascular se determina que existe una reducción de la temperatura media presente en el pie.
  
- 5- Al relacionar la temperatura podal con el ITB, se determina que existe cierto grado de correlación, siendo más potente estadísticamente hablando, las referencias más proximales (TT) con respecto a las distales. El grado de correlación no es suficiente para plantear el uso de la termometría podal como sustituto diagnóstico del ITB.

6- La termometría aparece como una prueba diagnóstica con unos niveles de sensibilidad que ronda el 45%, obteniendo mejores proporciones en las valoraciones más distales. La especificidad de la técnica es aproximadamente del 80%, considerándose pues que tiene gran capacidad para discernir que pacientes están o no afectados por disfunciones arteriales a nivel distal. El VP+ ronda el 40% y hace referencia a los falsos positivos que determina esta prueba. Finalmente, la termometría obtiene unos rangos aproximados del 90% al discriminar los pacientes sanos de los que no lo están, referidos a las disfunciones arteriales periférica. Por tanto, podemos concluir a este respecto, con la afirmación de que la termometría es una prueba diagnóstica complementaria simple, económica, fácilmente realizable, que no requiere apenas formación para la realización y valoración de la prueba, y que a tenor de los resultados obtenidos, podemos catalogarla como una prueba con una capacidad media para detectar pacientes arteriopatas, con una especificidad hacia estas procesos ciertamente importante y capaz de discriminar un sujeto sano de un sujeto afecto de estas disfunciones vasculares.

## RESUMEN

### INTRODUCCIÓN

La temperatura corporal es un parámetro muy utilizado a la hora de establecer un juicio clínico en diversos procesos patológicos. La medición de la temperatura con fines diagnósticos o termometría clínica, es sin duda una de las pruebas complementarias más frecuente que se realiza en los procesos de salud. Al hablar de termometría, se nos viene a la cabeza el uso de termómetros con la finalidad de conocer la temperatura corporal del sujeto y determinar si existen procesos febriles. Sin embargo, existen nuevas aplicaciones para esta técnica tan simple que pueden complementar la evaluación clínica de diversos procesos.

Existe una creencia basada en la experiencia clínica, de que los sujetos afectos de disminución del flujo arterial a las extremidades, presentan un cuadro clínico de hipotermia de los tejidos más distales en los miembros afectados. De esta forma, es habitual y así aparece reflejado en diversos textos y guías de prácticas clínicas, que en el paciente con déficit vascular periférico de miembros inferiores, exista la presencia de un cuadro de "pie frío". Sin embargo, en la bibliografía apenas encontramos información o estudios que interrelacionen el estatus vascular del pie y su temperatura. A pesar de que actualmente existen diversos usos clínicos para la termometría podal, tampoco se han cuantificado satisfactoriamente unos intervalos de normalidad térmica para el pie que sean aplicables a estudios presentes o futuros.

## MATERIAL Y MÉTODO

Con el objetivo de determinar de forma objetiva , de una parte, cuáles son las características termométricas del pie en diversos grupos de población, y de otra, si existe alguna relación entre la temperatura podal y los niveles de salud vascular periférica, así como evaluar la termometría como posible prueba diagnóstica en los procesos de enfermedad vascular periférica, hemos realizado el presente estudio, que de una parte es descriptivo de tipo observacional y de corte transversal, y de otra parte realizamos un estudio no experimental prospectivo correlacional. En otro apartado del estudio cuantificamos la termometría podal como prueba diagnóstica en la insuficiencia vascular periférica mediante el cálculo de su sensibilidad y especificidad.

Para realizar el estudio se han realizado termometrías cutáneas mediante termómetro digital por infrarrojos, en diversos puntos anatómicos del pie, a un total de 396 individuos.

## RESULTADOS

Nuestro estudio determina que no existen diferencias entre las características termométricas podales ligadas al género en población sana y que si existen diferencias relacionadas con el nivel de vascularidad periférica, observando que los pacientes con déficit vascular periférico presentan termometrías podales inferiores a los sujetos sanos de similares características. Hemos determinado los patrones de normalidad térmica del pie en diversos puntos, concretamente hemos definido que en la población la temperatura normal del 1º dedo (T1) está demarcada en un intervalo de normalidad entre los 26,825°C y los 27,934°C, la temperatura normal del 5º dedo (T5) se sitúa en el intervalo de normalidad definido entre los 26,99°C y los 28,012°C, la

temperatura normal en la zona dorsal del pie (TD) está definida en el intervalo de normalidad entre los 29,885°C y los 30,644°C, en la zona plantar (TP), la temperatura se sitúa en un intervalo entre los 28,658°C y los 29,601°C y en la zona dorsal del tobillo (TT), su temperatura normal está situada dentro del intervalo de normalidad entre los 30,96°C y los 31,567°C.

La termometría podal como prueba diagnóstica en las vasculopatías periféricas presenta unos niveles de sensibilidad que ronda el 45%, obteniendo mejores proporciones en las valoraciones más distales. La especificidad de la técnica es aproximadamente del 80%, considerándose pues que tiene gran capacidad para discernir que pacientes están o no afectados por disfunciones arteriales a nivel distal.

## BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Ojeda Murillo ML. Acción central de la procalcitonina en la fiebre y la temperatura corporal. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla, 2004.
- Yebra Sotillos I. Contribución al diagnóstico precoz de lesiones neuropáticas en lepra. Universidad de Sevilla, 1985.
- Córdoba Fernández, A. Estudio comparativo del empleo de adhesivo plaquetario frente a nitrofurazona en el tratamiento quirúrgico de la onicocriptosis mediante matricectomía simple no incisional. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla, 2006.

## BIBLIOGRAFÍA REFERENCIADA

---

<sup>1</sup> Diccionario terminológico de Ciencias Médicas ( XII ed). Salvat editores. Barcelona, 1990.

<sup>2</sup> **Lain Entralgo P.** Historia universal de la medicina, Barcelona, Spain:Salvat Editores;1972.

<sup>3</sup> **Calvo Soriano, G.** La medicina en el antiguo Egipto. Paediatrica. 2003;5(1):44-50.

<sup>4</sup> **Revolledo Novoa AA.** La ascesis de la virtud. Los principios éticos del estoicismo tardío. Tesis Doctoral. Universidad de San Marcos. Lima. 2002

<sup>5</sup> **Gonima CE.** Iatreia. 2006; 19(2):200-205.

<sup>6</sup> **Muhs BE, Galloway AC, Lombino M, et al.** Arterial injuries from femoral artery cannulation with port access cardiac surgery. Vascular and Endovascular Surg. 2005;39(2):153-158.

<sup>7</sup> **Rutherford RB.** Diagnostic evaluation of extremity vascular injuries. Surg Clin North Am. 1988;68(4):683-691

<sup>8</sup> **Cirillo RL, McDermottJ, Crummy AB.** Acute traumatic tear of the base of the brachiocephalic artery after blunt trauma. Emergency Radiology. 2001;8(2):111-116.

---

<sup>9</sup> **Vinik AI.** Management of neuropathy and foot problems in diabetic patients. *Complications of Diabetes*. 2004;5(2):38-58.

<sup>10</sup> **Boulton AJ, Vinik AI, Arezzo J, et al.** Diabetic neuropathies. A statement by the American Diabetes Association. *Diabetes Care*. 2005 ;28(4) :956-962.

<sup>11</sup> **Hirsch AT, Haskal ZJ, Hertzler NR.** ACC/AHA Guidelines for the management of PAD. *J Amer College Card*. 2006 ;47(6) :1240-1312.

<sup>12</sup> **Van Adrichem LN, Gultuna I, Mulder HD, Hovius SE, van Strik R, van der Meulen JC.** Differences between arterial and venous occlusion in microvascular surgery. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg*. 1993;27(1):23-27.

<sup>13</sup> **Kidawa AS:** Vascular disorder. In **Levy I, Hetherington V** (Eds). *Principles and practice of podiatric medicine*. Churchill Livingstone. New York, 1990.

<sup>14</sup> **Childs P, Greenwood J, Long C.** Review of temperature measurement. *Rev Sci Instrum*. 2000;71:2959-2978.

<sup>15</sup> **Tatsuo T.** Body temperature measurement. *Clinical Physiology and Physiological measurements*. 1985;6:83-108.

<sup>16</sup> **Tortora GJ, Grabowski SR.** *Principios d'anatomie et de physiologie*. Editions du renouveau pédagogique Inc. St-Laurent (Québec), 2001.

---

<sup>17</sup> **Wallace H, Wallace J, Resh R.** Advances in paraspinal thermographic analysis. *Chiropr Res J.* 1993; 2:39-55.

<sup>18</sup> **Petersdorf RG.** Hipotermia e hipertermia. En: **Wilson JD, Braunwald E, Petersdorf RG. Et al** (Eds). *Harrison. Principios de Medicina Interna.* 12 edición. Interamericana MacGraw Hill. Madrid, 1991.

<sup>19</sup> **Vander J, Sherman H, Luciano A.** *Human physiology: the mechanism of body function.* 9th ed. McGraw-Hill. New York, 2004.

<sup>20</sup> **Zengeya ST, Blumenthal I.** Modern electronic and chemical thermometers used in the axilla are inaccurate. *Eur j Pediatr.* 1996;155:1005-1008.

<sup>21</sup> **Brull SJ, Cunningham AJ, Connelly NR, O'Connor TZ, Silverman DG.** Liquid crystal skin thermometry: an accurate reflection of core temperature?. *Can J Anaesth.* 1993;40(4):375-381.

<sup>22</sup> **Roy S, Powell K, Gerson LW.** Temporal artery measurement in healthy infants, children, and adolescents. *Clin Pediatr.* 2003;42:433-437.

<sup>23</sup> **León C, Rodríguez A, Fernández A, Flores L.** Infrared ear thermometry in the critically ill patient: An alternative to axillary thermometry. *J Crit Care.* 2005;20(1):106-110.

<sup>24</sup> **Hausfater P, Zhao Y, Defrenne S, Bonnet P, Riou B.** Cutaneous infrared thermometry for detecting febrile patients. *Emerg Infect Dis.* 2008;14(8):1255-8,

---

<sup>25</sup> **Cooke ED, Pilcher MF.** Thermography in the diagnosis of deep venous thrombosis. *Br Med J.* 1973;2:523-528.

<sup>26</sup> **Nilsson NG, Sunden P, Zetterquist S.** temperature profile with a simplified thermographic technique in the diagnosis of acute venous thrombosis. *Scand J Clin Lab Invest.* 1979;39:171-175.

<sup>27</sup> **Wheeler BH.** A modern approach to diagnosing deep venous thrombosis. *J Cardiovasc Med.* 1980;5:217-220.

<sup>28</sup> **Vega Gomez ME, Chales-Edouard Otrante D, Fernandez Boloña A.** Valoración de la termometría cutánea en el diagnóstico de la trombosis venosa profunda. *Angiología.* 1988;4:136-138.

<sup>29</sup> **Ahonen E, y Nousiainen U.** The sauna and body fluid balance. *Ann Clin Res.* 1988;20:257-261.

<sup>30</sup> **Kukkonen-Harjula K, Oja P, Laustiola K, Vuori I, Jolkkonen J, Siitonen S, y Vappatalo H.** Haemodynamic and hormonal responses to heat exposure in a Finnish sauna bath. *Eur. J. Appl. Occup. Physiol.* 1989;58:543-550.

<sup>31</sup> **Chuaqui, C.** El proemio a "De Medicina" de A. Cornelio Celso. *Rev. Estudios Médico Humanístico;* 4(4)

**18 Rstogy GK, Malhotra HS, Srivastava MC, et al.** Study of the pituitary-thyroid function at high altitude in man. *J Clin Endocrinol Metab.* 1977;44:477-480.

<sup>32</sup>

- 
- <sup>33</sup> **Rapaport SI, Fetcher ES, Shaub HG, Hall JF.** Control of blood flow to the extremities at low ambient temperatures. *J Appl Physiol.* 1949;2:61-71
- <sup>34</sup> **Nadel, E.R., Pandolf, K.B., Roberts, ME, Stolwijk, JAJ.** Mechanisms of thermal acclimation to exercise and heat. *Journal Appl Physiol.* 1994; 37: 515-520.
- <sup>35</sup> **Emslie-Smith D, Lightbody I, Mac Lean D.** Regulation of body temperature in man. En: Tinker J, Rapin M, ed. *Care of the critically ill patient.* Springer-Verlag. Nueva York. 1983;111-124.
- <sup>36</sup> **Cabanac M.** Temperature regulation. *Annu Rev Physiol.* 1975;37:415-438.
- <sup>37</sup> **Boccalon H, Marguerry MC, Ginestet MC, Puel P.** Intérêt du couplage du test thermique et de l'hémodyque cutanée par Doppler au laser. *J Mal Vasc.* 1987;12:100-109.
- <sup>38</sup> **Robert J.** *Clinical Neurology.* Lippincott-Raven Publishers. Philadelphia.1996.
- <sup>39</sup> **ISO 7933 (1989).** Ambientes térmicos calurosos. Determinación analítica e interpretación del estrés térmico, basados en el cálculo de la tasa de sudoración requerida. ISO 7933 modificada. UNE-EN 12515. 1997; 1-37.

---

<sup>40</sup> **Brakovic D, Ducharme MB, Frim J.** Relationship between body heat content and finger temperature during cold exposure. *J Appl Physiol.* 2001;90:2445-2452.

<sup>41</sup> **Matsukawa T, Sessler DI, Sessler AM, et al.** Heat flow and distribution during induction of general anesthesia. *Anesthesiology.* 1995;82:662-673.

<sup>42</sup> **Guyton AC, Hall JE.** Temperatura del cuerpo, regulación de la temperatura y la fiebre. En: Guyton AC, Hall J, editores. *Tratado de Fisiología Médica.* McGraw-Hill Interamericana de España. Madrid. 1996.

<sup>43</sup> **Koganezawa T, Ishikawa T, Fujita Y, Yamashita T, Tajima T, Honda M, Nakayama K.** Local regulation of skin blood flow during cooling involving presynaptic P2 purinoceptors (FALTA PARTE)

<sup>44</sup> **Snell R.** Anatomía clínica para estudiantes de medicina 6ª Ed. McGraw Hill. Madrid. 2001.

<sup>45</sup> **Rutherford RB.** Cirugía Vasculat 6ª ed. Elsevier. Barcelona. 2006.

<sup>46</sup> **Tresguerres, JF. et al.** "Fisiología Humana". Interamericana/McGraw-Hill. Madrid, 2005.

<sup>47</sup> **Cooper KE, Johnson RH, Spalding JMK.** The effects of central body and trunk skin temperatures on reflex vasodilatation in the hand. *J Physiol (Lond)* 1964;174:46-54.

<sup>48</sup> **Armando C.** Monitoreo hemodinámico en pediatría. *Colombia Médica.* 1997;28:200-206.

- 
- <sup>49</sup> **Brajkovic D, Ducharme MB, Frim J.** Influence of localized auxiliary heating on hand comfort during cold exposure. *J Appl Physiol.* 1998;85:2054-2065.
- <sup>50</sup> **Ducharme M, Brajkovic D, Frim J.** The effect of direct and indirect hand heating on finger blood flow and dexterity during cold exposure. *J Therm Biol.* 1999;24:391-396.
- <sup>51</sup> **Weitz JJ, Byrne J, Clagent G, Farkouh ME, Porter JM, Sacckett DL, Strandness DE, Taylor LM.** Diagnosis and Treatment of Chronic Arterial Insufficiency of the Lower Extremities: A Critical Review. *Circulation.*1994:3026-3049.
- <sup>52</sup> **Comerota AJ, Thom RC, Kelly P, Jaff M.** Tissue (muscle) oxygen saturation (StO<sub>2</sub>): a new measure of symptomatic lower-extremity arterial disease. *J Vasc Surg.* 2003;38(4):724-729.
- <sup>53</sup> **Anderson ME, Moore TL, Hollis S, et al.** Digital vascular response to topical glyceryl trinitrate, as measured by laser Doppler imaging, in primary Raynaud's phenomenon and systemic sclerosis. *Rheumatology.* 2002; 41: 324-328.
- <sup>54</sup> **Fernandez-Alonso L.** La nicotina como factor de riesgo en la patología vascular. *An Cir Card Vasc.* 2003;9(1):18-47.
- <sup>55</sup> **Haeseker B.** In the Interest of accuracy. A classification of fascio-cutaneous flaps according to their patterns of vascularisation. *Br J Plast Surg.* 1984; 37 (4):643-644.

---

<sup>56</sup> **Benbow SJ, Pryce DW, Noblett K, MacFarlane IA, Friedmann PS, Williams G.** Flow motion in peripheral diabetic neuropathic. *Clin Sci.* 1995;88:191-196.

<sup>57</sup> **Wiensperger N.** Defects in microvascular haemodynamics during prediabetes: contributor or epiphenomenon?. *Diabetologia.* 2001;43:1439-1448.

<sup>58</sup> **Laird AS, Carrive P. y Waite PME.** Cardiovascular and temperature changes in spinal cord injured rats at rest and during autonomic dysreflexia. *J Physiol.* 2006; 577(2):539-548.

<sup>59</sup> **Lefrandt JD, Bosma E, Oomen PHN, Hoeven JH, Roon AM, Smit AJ, Hoogenberg K.** Sympathetic mediated vasomotion and skin capillary permeability in diabetic patients with peripheral neuropathy. *Diabetologia.* 2003;46:40-47.

<sup>60</sup> **Bergensen T, Eriksen M, Walloe L.** Effect of local warming on hand and finger artery blood velocities. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physio,* 1995; 269:325-330.

<sup>61</sup> **Radomski NW, Sales E.** Nitric oxide. Biological mediador, modulador and factor of injury: its role in the pathogenesis of atherosclerosis. *Atherosclerosis.* 1995;118:69-80.

<sup>62</sup> **Bode-Buger SM, Boger RH.** Creutzinng L-arginine infusion decreases peripheric arterial resistance and inhibits paltelets aggregation in subjects. *Clin Sci.* 1994;87:303-309.

---

<sup>63</sup> **Casi A.** Tratamiento del tabaquismo en atención primaria. *Salud Global.* 2001; 2: 1-5.

<sup>64</sup> **Cormack GC, Lamberty BG.** "The Arterial Anatomy on Skin Flaps". Churchill-Livingstone. London.1994.

<sup>65</sup> **Dhar SC, Taylor GI.** The Delay Phenomenon: The Story Unfolds. *Plast.Reconstr.Surg.* 1999; 104 (7): 2079-2091.

<sup>66</sup> **Regensteiner JG, Hiatt WR.** Current medical therapies for patients with peripheral vascular disease. A critical review. *Am J Med.* 2002,112:49-57.

<sup>67</sup> **Donnelly R, Emslie-Smith AM, Gardner ID, Morris AP.** Vascular complications in diabetes. *BMJ.* 2000;320:1062-1066.

<sup>68</sup> **Estevan JM.** Protocolos de patología vascular para Atención primaria. Oviedo: INSALUD de Asturias; 2000.

<sup>69</sup> **Peñafiel R, Martínez FJ.** Isquemia crónica de los miembros inferiores: patología vascular periférica en geriatría. Masson SA. Barcelona. 1998:97-104.

<sup>70</sup> **Villa R, Rodrigo JA.** Enfermedad vascular periférica. Guías clínicas. 2002;2(16): 1-4.

- 
- <sup>71</sup> **Hernández P, Dorticós E, Hernández C, et al.** Transplante de células madres autólogas en el miembro inferior isquémico de un paciente con arteriosclerosis obliterante crítica. *Rev Cubana Hemato Inmunol Hemoter.* 2005;21(1):20-27.
- <sup>72</sup> **Díaz S, Gordillo FJ, González AI, Puche N, Fernández T.** Patología arterial y venosa. Formación Médica Continuada en Atención Primaria. Doyma, Barcelona. 2001.
- <sup>73</sup> **Griffin LH Jr, Wray CH, Vaughan BL, Moretz WH.** Detection of vascular occlusions during operation by segmental plethysmography and skin thermometry. *Ann Surg.* 1971;173(3):389-397.
- <sup>74</sup> **Suárez Méndez JM.** Patofisiología vascular del pie diabético. *Rev Esp Podol.* 1996;7(7):378-384.
- <sup>75</sup> **Goldenberg SG, Alex M, Joshi RA, et al.** Nonatheromatous peripheral vascular disease of the lower extremity in diabetes mellitus. *Diabetes.* 1959;8:261-273.
- <sup>76</sup> **Strandness DE, Priest RE, Gibbons GE.** Combined clinical and pathologic study of diabetic and non diabetic peripheral arterial disease. *Diabetes.* 1964;13:366-372.
- <sup>77</sup> **Conrad MC.** Large and small artery occlusion in diabetics and nondiabetics with severe vascular disease. *Circulation.* 1967;36:83-91.

- 
- <sup>78</sup> **Banson BB, Lacy PE.** Diabetic microangiopathy in human toes: with emphasis on ultrastructural change in dermal capillaries. *Am J Pathol.* 1964;45:41-58.
- <sup>79</sup> **Malik RA, Metcalf I, Sharma AK, et al.** Skin epidermal thickness and vascular density in type 1 diabetes. *Diabet Med.* 1992;9:263-273.
- <sup>80</sup> **Walter D, Malik RA, Boulton AJM, et al.** Structural differences in skin biopsies between the arm and foot in normal subjects and diabetic patients. *Diabetologia.* 1996;39(S1)
- <sup>81</sup> **Wyss CR, Matsen FA, Simmons CW, et al.** Transcutaneous oxygen tension measurements on limbs of diabetics and non diabetic patients with peripheral vascular disease. *Surgery.* 1984;95:339-46.
- <sup>82</sup> **Arora S, Pomposelli F, LoGerfo FW, et al.** Cutaneous microcirculation in the neuropathic diabetic foot improves significantly but not completely alter successful lower extremity revascularization. *J Vasc Surg.* 2002;35:501-5.
- <sup>83</sup> **Dominguez Maldonado G, Martinez Camuñas L, Salcini Macias JL, Castillo López JM, Palomo Toucedo I.** Terapia física en el pie de riesgo. En: Consejo General de Colegios de Podólogos. Monografías. XXXIII Congreso Nacional de Podología; Cádiz. 2002.
- <sup>84</sup> **Aramburu De Vega C, Muñoz Díaz E, Igual Camacho C.** Electroterapia, termoterapia e hidroterapia. Ed. Síntesis, Madrid. 1998.
- <sup>85</sup> **Kitchen S.** Infrared irradiation. En : **Kitchen S.** *Electrotherapy . Evidence-Based practice.* 11th edition. Churchill Livingstone; Melbourne. 2002.

---

<sup>86</sup> **Akbaki CM, LoGerfo FW.** Diabetes and peripheral vascular disease. *J Vasc Surg.* 1999;30:373-84.

<sup>87</sup> **Pieper GM.** Review of alterations in endothelial nitric oxide production in diabetes. *Hypertension.*1998;31:1047-60.

<sup>88</sup> **Baynes JW, Thorpe SR.** The role of oxidative stress in diabetic complications. *Curr Opin Endocrinol.*1996,3:277-84.

<sup>89</sup> **Camp A, Blanes JL.** Protocolo en la Unidad del Pie Diabético. Federación Española de Podólogos; Madrid. 1999.

<sup>90</sup> **Robert B. Rutherford.** *Vascular Surgery.* W. B. Saunders Company, Philadelphia. 1995.

<sup>91</sup> **Sosa T, Loncaric L, Boljesic S.** Capillary refill test : a possible auxiliary diagnostic method in obliterative arteriosclerosis. *Cor Vasa.* 1991;33(5):404-13.

<sup>92</sup> **Buerger L.** *the circulatory disorders of the extremities.* W.B. Saunders, Philadelphia. 1924.

<sup>93</sup> **Klupp NL, Keenan AM.** An evaluation of the reliability and validity of capillary refill time test. *The foot.* 2007;17:15-20.

- 
- <sup>94</sup> **Pérez Suárez MC, Díaz Escadón C.** Uso del índice tobillo/brazo obtenido por eco-doppler como método diagnóstico en arteriopatías periféricas en atención primaria. *Ate Primaria*. 1998;21:101-4.
- <sup>95</sup> **Halperin JL.** Evaluation of patients with peripheral vascular disease. *Thrombosis Research*. 2002;106 (6)303-311
- <sup>96</sup> **Rutherford RB, Lowenstein DH, Klein MF.** Combining segmental systolic pressures and plethysmography to diagnose arterial disease of the leg. *Am J Surg*. 1979;38:211-18.
- <sup>97</sup> F. Cas clinique: Questions-Réponses. La jambe du sujet âgé (pathologie veineuse et ischémique). *Formation médicale continue J Radiol*. 2003,84;1877-1879.
- <sup>98</sup> **Donnelly R, Hinwood D, London NJM.** Non-invasive methods of arterial and venous assessment. *BMJ*. 2000; 320:698-701.
- <sup>99</sup> **Anderson ME, Moore TL, Hollis S, et al.** Digital vascular response to topical glyceryl trinitrate, as measured by laser Doppler imaging, in primary Raynaud's phenomenon and systemic sclerosis. *Rheumatology*. 2002; 41: 324-8.
- <sup>100</sup> **Haimovici H.** *Vascular Surgery: Principles and Techniques*. Appleton & Lange. San Mateo. 1989.
- <sup>101</sup> **Vandeput JJ, Tanner JC, Beckers R.** Photoelectric plethysmography in monitoring skin circulation. *South Med J*. 1990;83(5):533-7.

- 
- <sup>102</sup> **Stoffers HE, Kester AD, Kaiser V, Rinkens PE, Knottnerns JA.** Diagnostic value of signs and symptoms associated with peripheral arterial occlusive disease seen in general practice: a multivariable approach. *Med Decis Making.* 1997;17:61-70.
- <sup>103</sup> **Segura M, Lladó L, Oliva A, Girvent M, Sitges Serra A.** Prevención de la infección relacionada con catéteres intravasculares. *Med Intensiva* 1993; 17: 563-6.
- <sup>104</sup> **Azocar P.** Aporte de Doppler color de alta resolución en la evaluación pre y postoperatoria en cirugía de colgajos. *Rev. Chil. Radiol.* 2005;11(2):51-7.
- <sup>105</sup> **Calvin B. Ernst, James C. Stanley.** *Current Therapy in Vascular Surgery.* B. C. Decker Inc. Philadelphia. 1991.
- <sup>106</sup> **Ballard JL, Eke CC, Bunt TJ, et al.** A prospective evaluation of transcutaneous oxygen measurements in the management of diabetic foot problems. *J Vasc Surg.* 1995;22:485-92
- <sup>107</sup> **Matsen FA, Wyss CR, Pedegana LR, et al.** Transcutaneous oxygen tension measurement in peripheral vascular disease. *Surg Gynecol Obstet.* 1980;150:525-8.
- <sup>108</sup> **Cina C, Katsamouris A, Megerman J, et al.** Utility of transcutaneous oxygen tension measurement in peripheral arterial occlusion disease. *J Vasc Surg.* 1984;1:362-71.

- 
- <sup>109</sup> **Pinzur MS, Sage R, Stuck R, Ketner L, Osterman H.** Transcutaneous oxygen as a predictor of wound healing in amputations of the foot and ankle. *Foot Ankle.*1992;13(5):271-2.
- <sup>110</sup> **Fagrell B.** Advances in microcirculation network evaluation. An update. *Int J Microcirc.* 1995;15(S1):34-40.
- <sup>111</sup> **Bollinger A.** Transcapillary and interstitial diffusion of Na-fluorescein in chronic venous insufficiency with white atrophy. *Int J Microcirc Clin Exp.*1982;11:5-17.
- <sup>112</sup> **Lewis T.** Observations upon the reactions of the vessels of the human skin to cold. *Heart.* 1930; 15:177-208.
- <sup>113</sup> **Poulos ND, Mollitt DL.** The nature and reversibility of hypothermia-induced alterations of blood viscosity. *J Trauma.* 1991;31:996-8.
- <sup>114</sup> **Lecklin T, Egginton S, Nash GB.** Effects of temperature on the resistance of individual red blood cells to flow through capillary-sized apertures. *Pflugers Arch.* 1996;432:753-9.
- <sup>115</sup> **Evans E, Young A.** Apparent viscosity and cortical tension of blood granulocytes determined by micropipette aspiration. *Biophys J.* 1989;56:151-60.
- <sup>116</sup> **García-Villalon AL, Padilla J, Fernández N, Monge L, Gómez B, Dieguez G.** Role of endothelin receptors, calcium and nitric oxide in the potentiation by endothelin-1 of the sympathetic contraction of rabbit ear artery during cooling. *Br J Pharmacol.*1997;121:1659-64.

- 
- <sup>117</sup> **Jeremy JY, Mikhailidis DP, Hutton RA, Dandona P.** The effect of cooling on in vitro vascular prostacyclin and platelet thromboxane A2 synthesis: relevance to cold-induced pathology. *Microcirc Endothelium Lymphatics*. 1988;4:3-20.
- <sup>118</sup> **Smith PJ, McQueen DS, Webb DJ.** The effect of cooling on the contractile response to endothelin-1 in small arteries from humans. *J Cardiovasc Pharmacol*. 1995;26(3):S230-S232.
- <sup>119</sup> **Lotens WA., Heus R, Van de Linde FJG.** A 2-node thermoregulatory model for the foot. En Mercer JB ed.: *Thermal physiology*. Elsevier Science Publishers B.V. 1989: 769-775.
- <sup>120</sup> **Lotens WA, Van de Linde FJG, Heus R.** Fysiologische effecten van schoenisolatie. Soesterberg: TNO Institute for Perception. 1989.
- <sup>121</sup> **Lotens WA.** A simple model for foot temperature simulation. Soesterberg: TNO Institute for perception. 1989.
- <sup>122</sup> **Kuklane K, Holmer I, Havenith G.** Validation of a model for prediction of skin temperature in footwear. *J Physiol Anthropol*. 2000 ; 19(1):29-34
- <sup>123</sup> **Carpentier PH.** Méthodes actuelles d'exploration clinique de la microcirculation. *Journal des Maladies Vasculaires* 2001;26(2):142-7.
- <sup>124</sup> **Williams EM, Heusch AI, McCarthy PW.** Thermal screening of facial skin arterial hot spots using non-contact infrared radiometry. *Physiol Med*. 2008; 29: 341-8.
- <sup>125</sup> **Stess RM, Sisney PC, Moss KM, Graf PM, Louie KS, Gooding GA, et al.** Use of liquid crystal thermography in the evaluation of the diabetic foot. *Diabetes Care*. 1986;9:267-72.

---

<sup>126</sup> **Bharara M, Cobb JE, Claremont DJ.** Thermography and thermometry in the assement of diabetic neuropathic foot: a case for furthering the role of thermal techniques. *Lower Extremity Wounds.* 2006;5(4):250-60.

<sup>127</sup> **Borrmmyr S, Svensson H, Lilja B, Sundkvist G.** Skin temperature changes and changes in skin blood flow monitored with laser-doppler flowmetry and imaging: a methodological study in normal humans. *Clin Physiol Funct Imaging.* 1997;17:71-82.

<sup>128</sup> **Minamishima C, Kuwaki K, Shiota E, Matsuzaki M, Yamashita K, Kamatani M, et al.** Thermal imaging properties of toes after walking stress test in diabetic patients. *Rinsho Byory.* 2005;53:118-22.

<sup>129</sup> **Taneva E.** The non-invasive intraoperative assessment of the skin blood circulation in children with burns. *Khirurgiia (Sofia).* 1995;48(3):36-41

<sup>130</sup> **Hovius SE, van Adrichem LN, Mulder HD, van Strik R, van der Meulen JC.** Comparison of laser Doppler flowmetry and thermometry in the postoperaive monitoring of replantations. *J Hand Surg (Am).*1995;20(1):88-93

<sup>131</sup> **Serra J, Campero M, Bostock H, Ochoa J.** Two types of C nociceptors in human skin and their behaviours in areas of capsaicin-induced secondary hyperalgesia. *J Neurophysiol.* 2004;91:2770-81.

<sup>132</sup> **Bostock H, Campero M, Serra J, Ochoa JL.** Temperture-dependent double spikes in C-nociceptors of neuropathic pain patients. *Brain.* 2005;128:2154-63.

- 
- <sup>133</sup> **Foto JG, Brasseaux D, birke JA.** Essential features of a handheld infrared thermometer used to guide the treatment of neuropathic feet. *JAPMA*. 2007;97(5):360-5.
- <sup>134</sup> **Landa DC, Brasil-Neto JP, Boechat-Barros R, Uribe C.** Normative study of tympanic infrared thermometry: a non-invasive index of asymmetric cerebral activity. *Arq Neuropsiquiatr*. 2008; 66(1):50-2.
- <sup>135</sup> **Wagner WH, Keagy BA, Koth MM, Burnham SJ, Johnson G Jr.** Non-invasive determination of healing of malor lower extremity amputation: the continued role of clinical judgment. *J Vasc Surg*. 1988;8(6):703-10.
- <sup>136</sup> **Roberts JO, Jones BM.** Direct anastomotic assessment for postoperative microvascular monitoring. *Ann Plast Surg*. 1987;19(3):219-24.
- <sup>137</sup> **Lee BY, Trainor FS, Kavner D, McCann WJ, Madden JL.** Noninvasive hemodynamic evaluation in selection of amputation level. *Surg Gynecol Obstet*. 1979;149(2):241-4.
- <sup>138</sup> **Losev RZ, Burov IA, Mikul'skaia IG, Iakusheva IA.** Evaluation of microcirculation in elderly patient with venous trophic ulcers. *Angiol Sosud Khir*. 2005;11(1):65-72.
- <sup>139</sup> **Padrós Sánchez C.** Exploración hemodinámica no invasiva en un paciente de riesgo. En : Consejo General de Colegios de Podólogos. Monografía: XXXIII Congreso Nacional de Podología. 2002.
- <sup>140</sup> **Armstrong DG, Lavery LA, Liswood PJ, Todd WF, Tredwell J.** Infrared dermal thermometry of the high-risk diabetic foot. *Phys Ther*. 1997; 77:169-77.

- 
- <sup>141</sup> **Armstrong DG, Lavery LA.** Acute Charcot arthropathy of the foot and ankle. *Phys Ther.* 1998;78:74-80.
- <sup>142</sup> **Armstrong DG, Lavery LA.** Monitoring healing of acute Charcot's arthropathy with infrared dermal thermometry. *J Rehabil Res Dev.* 1997;34:317-21.
- <sup>143</sup> **Oerlemans HM, Graff MJ, Dijkstra-Hekkik JB, De Boo T, Goris RJ, Oostendorp RA.** Reliability and normal values for measuring the skin temperature of the hand with an infrared tympanic thermometer: a pilot study. *J Hand Ther.* 1999;12:284-90.
- <sup>144</sup> **Kidawa AS.** Preoperative evaluation. En Jay R(ed): *Current therapy in podiatric surgery.* BC Decker. Philadelphia. 1989.
- <sup>145</sup> **Kidawa AS.** Vascular disorders. En : **Levy L, Hetherington V.** (eds). *Principles and practice of podiatric medicine.* Nueva York, Churchill Livingstone. 1990.
- <sup>146</sup> **Lee BY, Trainor FS, Kavner D, McCann WJ, Madden JL.** Noninvasive hemodynamic evaluation in selection of amputation level. *Surg Gynecol Obstet.* 1979;149(2):2141-4.
- <sup>147</sup> **Schimid P, Salvador GE.** Noninvasive infrared thermometry for application in skin biology—I: Model measurements and local measurements on the dorsal surface of the rabbit. *IEEE Trans Biomed Eng.* 1991;38(3):238-45.

- 
- <sup>148</sup> **Flynn MD, Edmonds MF, Tooke JF, Warkins PJ.** Direct measurement of capillary blood flow in the diabetic neuropathic foot. *Diabetologia*. 1988;31:652-656.
- <sup>149</sup> **Zioupos P, Barbenel JC, Lowe GD, MacRury S.** Foot microcirculation and blood rheology in diabetes. *J Biomed Eng*. 1993;15:155-158.
- <sup>150</sup> **Williamson JR, Tilton G, Chang K, Kiko C.** Basement membrane abnormalities in diabetes mellitus: relationship to clinical microangiopathy. *Diabetes Metab Rev*. 1988;4:339-370.
- <sup>151</sup> **Becker F, Davinroy M.** Monitoring by non-flowmeter vascular function test following lumbar sympathectomy. *L Mal Vasc*. 1985;10(A):84-7.
- <sup>152</sup> **Bunker CB, Reavley C, O'Shaughnessy DJ, Dowd PM.** Calcitonin gene-related peptide in treatment of severe peripheral vascular insufficiency in Raynaud's phenomenon. *Lancet*. 1993;342(8863):80-3.
- <sup>153</sup> **Sheetz MJ, King GL.** Molecular understanding of hyperglycemia's adverse effects of diabetic complications. *JAMA*. 2002;288:2579-88.
- <sup>154</sup> **Hoeksma AF, Faber WR.** Assessment of skin temperature by palpation in leprosy patients: interobserver reliability and correlation with infrared thermometry. *Int J Lepr Other Mycobact Dis*. 2000;68(1):65-7.
- <sup>155</sup> **Murff RT, Armstrong DG, Lactot D, et al.** How effective is manual palpation in detecting subtle temperature differences?. *Clin Podiatr Med Surg*. 1998; 15:151-5.
- <sup>156</sup> **Polit D, Hungler BP.** Investigación científica en Ciencias de la Salud. McGrawHill. 6ª Ed. México. 2005.

---

<sup>157</sup> **Fernandez MA, Rodriguez MM.** Discriminación diagnóstica de una prueba. En: **Morell M y Redondo M.** Metodología científica en Ciencias de la Salud. Grupo editorial 33. Málaga. 2002.

<sup>158</sup> **Wasner G, Schattschneider J, Baron R.** Skin temperature side differences- a diagnostic tool for CRPS?. Pain 2002;98:19-26.

<sup>159</sup> **Rutkove SB, Nie R, Mitsa T, Nardin RA.** A methodology for the real-time measurement of distal extremity temperature. Physiol Meas. 2007; 28:1421-8.

<sup>160</sup> **Vázquez-Barquero JL.** Los estudios comunitarios en salud mental: su diseño y ejecución. En: **González de Rivera JL, Rodríguez F, Sierra A.** El método epidemiológico en salud mental. Masson-Salvat. Madrid. 1993.

<sup>161</sup> **Ahlbom A, Norell S.** Fundamentos de Epidemiología. Siglo Veintiuno Editores. 5ª Ed. Méjico DF. 2001.

<sup>162</sup> **Roberts JO, Jones BM.** Direct anastomotic assessment for postoperative microvascular monitoring. Ann Plast Surg. 1987;19(3):219-24.

<sup>163</sup> **Latman NS, Hans P, Nicholson L, DeLee Zint S, Lewis K, Shirey A.** Evaluation of clinical thermometers for accuracy and reliability. Biomed Instrum Technol. 2001;35(4):259-65.

<sup>164</sup> **Buono MJ, Jerchot A, Marques R, Smith C, Welch J.** Comparison of infrared versus contact thermometry for measuring skin temperature during exercise in the head. Physiol Meas. 2007; 28:855-9.

---

<sup>165</sup> **Boulton AJ, Betts RP, Franks CI, et al.** The natural history of foot pressure abnormalities in neuropathic diabetic subjects. *Diabetes Res.* 1987;5:73-7.

<sup>166</sup> **Brand PW.** Repetitive stress in the development of diabetic foot ulcers. En: *The Diabetic Foot*, 4ª Ed, Mosby, St Louis. 1988.

<sup>167</sup> **Armstrong DG, Lavery LA.** Monitoring healing of acute Charcot's Arthropathy with infrared dermal thermometry. *J Rehabil Res Dev.* 1997;34:317-21.

<sup>168</sup> **Armstrong DG.** Infrared dermal thermometry: the foot and ankle stethoscope. *J Foot Ankle Surg.* 1998;37:75-80.

<sup>169</sup> **Bergtholdt HT, Brand PW.** Thermography: an aid in the management of isensitive feet and stumps. *Arch Phys Med Rehabil.* 1975;56:205-9.

<sup>170</sup> **Lavery LA, Higgins KR, Lanctot DR, et al.** Home monitoring of foot skin temperatures to prevent ulceration. *Diabetes Care.* 2004;27:2642-51.

<sup>171</sup> **Foto JG, Brasseaux D, Birke JA.** Essential features of a handheld infrared thermometer used to guide the treatment of neuropathic feet. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2007;97(5):360-5.

<sup>172</sup> **Reynolds LF, Mekjavic IB, Cheung SS.** Cold-induced vasodilatation in the foot is not homegeneus or trainable over repeated cold exposure. *Env J Appl Physiol.* 2007; 102:73-8.

- 
- <sup>173</sup> **Ponte E, Cafagna D, Cattinelli S.** La termometria digitale computerizzata nel morbo di Raynaud. Esperienze personali. *Minerva-Med.*1998;89(7-8):259-66.
- <sup>174</sup> **Kidawa AS.** Vascular evaluation. *Clinics in Podiatric Medicine and Surgery.*1993;10(2):187-203.
- <sup>175</sup> **Pezzeta F, Ponte E.** La termometria digitale computerizzata nelle acrosindromi. *Minerva Cardioangiol.* 1994;42:97-105.
- <sup>176</sup> **Roy R, Boucher JP, Comtois AS.** Validity of infrared thermal measurements of segmental paraspinal skin surface temperature. *J Manipul Physiol Therapeut.* 2006;29(2):150-5.
- <sup>177</sup> **Zhang X, Zhag Y.** The effect of local mild cold exposure on pulse transit time. *Physiol Meas,* 2006;27:649-60.
- <sup>178</sup> **Stoner HB, Parker P, Riding GS, et al.** Relationships between skin temperature and perfusion in the arm and leg. *Clin Physiol* 1991;11:27-29.
- <sup>179</sup> **Stevens MJ, Edmonds ME, Douglas SL, et al.** Influence of neuropathy on the vascular response to local heating in the human diabetic foot. *Clin Sci.* 1991;80:249-52.
- <sup>180</sup> **Latman NS, Hans P, Nicholson L, DeLee Zint S, Lewis K, Shirey A.** Evaluation of clinical thermometers for accuracy and reliability. *Biomed Instrum Technol.* 2001;35(4):259-65.

- 
- <sup>181</sup> **Joly LM, Giraudeau B, Monchi M, Oswald AM.** Is measurement of body temperature by infrared tympanic thermometry reproducible?. *Ann Fr Anesth Reanim*, 2001;20(10):833-7.
- <sup>182</sup> **Hay AD, Peters T, Wilson A, Fahey T.** The use of infrared thermometry for the detection of fever. *Br J Gen Pract*. 2004;54(508):869-71.
- <sup>183</sup> **León C, Rodríguez A, Fernández A, Flores L.** Infrared ear thermometry in the critically ill patient. An alternative to axillary thermometry. *J Crit Care*. 2005;20:106-10.
- <sup>184</sup> **Craig JV, Lancaster GA, Taylor S, et al.** Infrared ear thermometry compared with rectal thermometry in children: a systematic review. *Lancet*. 2002;360:603-9.
- <sup>185</sup> **Baeyens H, De Dobbeleer G, Baeyens JP, et al.** Validity of the tympanic infrared thermometer in geriatric inpatients. *J Am Geriatr Soc*. 2000;48:63-6.
- <sup>186</sup> **Bar-Or O.** Effects of age and gender on sweating pattern during exercise. *International Journal of Sports Medicine*. 1998; 19(2):106-7.
- <sup>187</sup> **Parsons K.C.** Computer models as tools for evaluating clothing risks and controls. *Ann Occup Hyg*. 1995; 39(6): 827-39.
- <sup>188</sup> **Berger, X. Y Sari, H.** 2000. A new dynamic clothing model. Part 1: Heat and mass transfers. *Int J Ther Sci*. 39: 673-83.

---

<sup>189</sup> **Polit DF.** Investigación científica en ciencias de la Salud. McGraw-Hill Interamericana. Méjico DF. 2000.

<sup>190</sup> **Sierra Bravo R.** Técnicas de investigación social. Teoria y ejercicios. 12ª ed. Paraninfo. Madrid. 1998.

<sup>191</sup> **Vallvé C.** Buena práctica clínica. Recomendaciones internacionales en investigación terapéutica. Farmaindustria. Madrid.1980.

<sup>192</sup> **Christie B.** Doctors revise Declaration of Helsinki. British Medical Journal. 2000; 321: 913-8.

<sup>193</sup> Convenio para la protección de los Derechos Humanos y la dignidad del ser humano con respecto a las aplicaciones de la Biología y la Medicina. Convenio sobre los Derechos Humanos y la Biomedicina. Oviedo, 4 de abril de 1997

<sup>194</sup> Ley Orgánica 15/1999, de Protección de datos de carácter personal. BOE 298 de 14 de diciembre de 1999.

<sup>195</sup> **Thompson A, House R, Manno M.** The sensitivity and specificity of thermometry and plethysmography in the assessment of hand-arm vibration syndrome. Occup Med (Lond).2008; 58(3):223-4.

## **ANEXO 1.- GUIÓN BÁSICO DE LA EXPLORACIÓN TERMOMÉTRICA**

1. Recepción del paciente.
2. Paciente sentado en el sillón podológico con los miembros inferiores extendidos en horizontal.
3. Se le solicita al sujeto que participe voluntariamente en nuestro estudio explicándole el protocolo exploratorio, los objetivos de nuestro estudio y respondiendo a las aclaraciones o dudas que puedan aparecer.
4. Clasificación del paciente según los criterios de inclusión/exclusión de nuestro estudio. Anamnesis del paciente.
5. Comprobar que el individuo no haya realizado actividades deportivas en las dos horas anteriores a la exploración.
6. Comprobar que las condiciones medioambientales son las adecuadas para la realización de la prueba (entre 20 a 25°C).
7. El pie del paciente debe permanecer desnudo hasta la pantorrilla 20 minutos antes de realizar la valoración.
8. Si se cumplen todos los requisitos previos se toma la temperatura timpánica del paciente y se realiza una toma de tensiones mediante el uso del equipo digital en el brazo izquierdo.
9. Se realiza la termometría del pulpejo del 1º dedo, de la zona dorsal del 5º dedo, de la zona dorsal del 1º espacio intermetatarsal, de la zona plantar situado proximalmente a las cabezas metatarsales 2ª y 3ª y el el punto medio intermaleolar dorsal.
10. Se anotan los datos en el formulario.
11. Termina la exploración agradeciendo al paciente su colaboración

## ANEXO 2.- FORMULARIO DE RECOGIDA DE DATOS

ESTUDIO SOBRE LA APLICABILIDAD DE LA TERMOMETRÍA POR INFRARROJOS EN EL DIAGNÓSTICO VASCULAR DEL PIE

Registro N°:

Fecha:

Centro:

### + Datos del paciente

Apellidos, Nombre:
Tlfn. Contacto:
Fecha de nacimiento: / /
Antecedentes personales:

### + Exploración general

Tª central (timpánica):
T/A:
IVP:                      Signos de isquemia:

### +Termometrias distales

	Pie derecho	Pie izquierdo
Tensión tobillo		
Tª pulpejo 1º		
Tª dorso-lateral 5º		
Tª dorsal 1º IMT		
Tª plantar 2-3 MTT		
Tª Tobillo		

Tª ambiental:



**UNIVERSIDAD DE SEVILLA**

Reunido el tribunal en el día de la fecha, integrado por los abajo firmantes, para evaluar la tesis doctoral

de D. *Rafael Razo Rosado*

titulada "*Aplicabilidad de la termometría digital por infrarrojos en la valoración vacal del pic.*"  
acordó otorgarle la calificación de

Sevilla, a *13* de *Enero* de 2009

Vocal,

  
*RICARDO ABECASIS*

Presidente,

  
*JOSÉ RAMOS GALVÁN*

Vocal,

  
*JOSÉ MANUEL BLAU*

Secretario,

  
*J. H. JEREZ*

Vocal,

  
*ÁNGEL MARTÍNEZ NAVAS*  
Doctorando,

