

Thermology

ISSN-1560-604X
Thermology international

international

Volume 9 (1999)
Number 3 (July)

formerly European Journal of Thermology

Published by the

Ludwig Boltzmann Research Institute
for Physical Diagnostics
Austrian Society of Thermology

THERMOLOGY INTERNATIONAL

(formerly EUROPEAN JOURNAL OF THERMOLOGY)

Volume 9 (1999)

Number 3 (July)

Published by the

**Ludwig Boltzmann Research Institute for Physical Diagnostics
and the Austrian Society of Thermology**

Editor in chief

K. Ammer, Wien

Editorial Board

M.Anbar, Buffalo

I.Benkö, Budapest

R.P.Clark, Cranfield

L.de Thibault de Boesinghe, Gent

A.DiCarlo, Rom

J-M. Engel, Bad Liebenwerda

I.Fujimasa, Tokyo

S.Govindan, Wheeling

J.Grabner, Bozen

J.R.Harding, Newport

K.Mabuchi, Tokyo

H.Mayr, Wien

A.Kainz, Wien

Y.S.Kim, Seoul

O.Rathkolb, Wien

E.F.J.Ring, Bath

D.Rusch, Bad Nauheim

G.Stehno, Innsbruck

H.Tauchmannova, Piestany

Organ of the American Academy of Thermology

Organ of the European Association of Thermology

Organ der Deutschen Gesellschaft für Thermologie

Organ der Österreichischen Gesellschaft für Thermologie

Organ of the Thermology Society of Great Britain

Instruktionen für Autoren

Manuskripte müssen dem Schriftleiter zugesandt werden und dürfen noch nicht veröffentlicht sein.

Die Manuskripte von Übersichts- und Originalarbeiten werden 2 unabhängigen Begutachtern vorgelegt, die über Annahme oder Annahme nach Änderung des Manuskriptes entscheiden.

Mit der Annahme der Arbeit gehen alle Rechte an den Herausgeber über.

Verantwortlicher Schriftleiter:

Dr. Kurt Ammer

Ludwig Boltzmann Forschungsstelle
für Physikalische Diagnostik,
Hanuschkrankenhaus, Heinrich Collinstraße 30
A-1140 Wien, Österreich,
Tel: (43 1) 914-97-01 Fax: (43 1) 914-92-64
e-mail: KAmmer1950@aol.com

Publiziert werden:

Editorials

Übersichten

Originalien

Berichte über interessante Publikationen aus dem Gebiet Thermologie

Mitteilungen der Amerikanischen Akademie für Thermologie; der Britischen Gesellschaft für Thermologie; der Deutschen Gesellschaft für Thermologie; der Europäischen Assoziation für Thermologie und Mitteilungen der Österreichischen Gesellschaft für Thermologie

Veranstaltungshinweise

Manuskripte sollen mit den Empfehlungen des Interationalen Komitees der Herausgeber von Medizinischen Zeitschriften (ICMJE) (1,2) im Einklang stehen. Es ist auf eine klare Gliederung der Beiträge vorzugsweise in der Form: Einleitung, Methode, Ergebnisse, Diskussion, Danksagung, Literatur, zu achten. Jeder Arbeit ist eine Kurzfassung in Deutsch und Englisch voranzustellen. Bis zu 5 Schlüsselwörter sollen den Inhalt der Arbeit zusätzlich charakterisieren.

Tabellen und Abbildungen sollen gesondert dem Manuskript beigelegt werden. Legenden werden auf einem Extrablatt beigegeben.

Die Einreichung der Arbeit auf Diskette unter Angabe des verwendeten Systems ist möglich und erwünscht. Ein Ausdruck des Textes ist der Diskette beizulegen.

Literaturangaben sind auf einem gesonderten Blatt erbeten und sind in der Reihenfolge aufzulisten, in der sie im Text genannt werden. Die Literaturzitate

werden durchnummeriert; im Text werden nur die entsprechenden Nummern angegeben. Die nachstehende Beispiele basieren auf dem Format der Amerikanischen Nationalbibliothek für Medizin im Index Medicus. (Eine komplette Liste von Beispielen bei 1).

a.) Zeitschriftenzitate

Namen der Verfasser, Vorname(n) (abgekürzt) (die ersten 6 Autoren müssen angeführt werden, mehr als 6 Autoren werden mit "et al" angegeben), vollständiger Titel der Arbeit, abgekürzter Titel der Zeitschrift, Jahr, Band, Seitenzahlen.

Luther B, Kreyer I, Dobi I. Die Anus-praeter-Thermographie als Methode zur Früherkennung vaskulärer Komplikationen nach Dünndarmtransplantation. *ThermoMed* 1990; 6: 115-17.

b.) Buchzitate

Name der Verfasser, Vorname(n) (abgekürzt), vollständiger Titel der Arbeit, Herausgeber, Titel des Buches, Ort, Verlag, Jahr, Seitenzahlen.

Gautherie M, Haehnel P, Walter JM, Keith L. Long-Term assessment of Breast Cancer Risk by Liquid Crystal Thermal Imaging. In: Gautherie M, Albert E; editors. *Biomedical Thermology*. New York: Alan R. Liss Publ; 1982. 279-301.

Von Text und Abbildungen werden den Autoren Andrucke zur Korrektur zugesandt. Jeder Autor erhält 20 Sonderdrucke seiner Arbeit kostenlos.

"Thermology international" erscheint 4 mal jährlich. Ein Jahresabonnement kostet öS 460,- ein Einzelheft öS 140,- plus Porto (ATS 60,- pro Heft außerhalb Österreichs)

Für Mitglieder der Österreichischen Gesellschaft für Thermologie, der Deutschen Gesellschaft für Thermologie und der Amerikanischen Akademie für Thermologie ist die Zeitschrift im Mitgliedsbeitrag inkludiert.

Literatur

(1) *International Committee of Medical Journal Editors. Uniform requirements for manuscripts submitted to biomedical journals. Can. Med Assoc J* 1997; 156: 270-7.

(2) *International Committee of Medical Journal Editors. Additional statements from the International Committee of Medical Journal Editors. Can. Med Assoc J* 1997; 156: 571-4.

Uhlen-Verlag,
Moßbacherg. 29, A-1140 Wien
Thermology international
ISSN-1056-604X

Inhaltsverzeichnis (CONTENTS)

Übersicht (Review)

<i>J.-M. Engel</i> Thermographie -eine Einführung..... (Thermography - a tutorial)	91
--	----

Originalien (ORIGINAL ARTICLES)

<i>K. Ammer, B. Engelbert, S. Hamerle-Reiter, E. Kern</i> Thermographische Veränderungen nach physikalischer Therapie bei Patienten mit Kniegelenkserguss, Algodystrophie oder generalisierter Fibromyalgie..... (Thermal changes after physical therapy in patients with knee effusion, algodystrophy or fibromyalgia.)	100
<i>J. R. Harding, A. M. Wright</i> Thermal Imaging in the Investigation of Deep Vein Thrombosis in Pregnancy..... (Thermographische Untersuchung auf tiefe Venenthrombose in der Schwangerschaft)	106

Berichte (REPORTS)

Abstracts of the 27th Annual Meeting of the American Academy of Thermology.....	110
Instruktionen für Autoren.....	88
Instructions for authors.....	90

News in Thermology (THERMOLOGISCHE NACHRICHTEN)

Business meeting of the EAT Committee.....	118
A world of Thermography.....	118
THERMO 2000 in Celle.....	119

Veranstaltungen (MEETINGS)

Veranstaltungskalender.....	123
-----------------------------	-----

Instructions for authors

Manuscripts should be mailed to the editor and should not be submitted elsewhere. All manuscripts (i.e. reviews and original articles) will be read by two independent reviewers. With the acceptance of the paper all copyrights are transferred to the publisher.

Editor in Chief

Dr. Kurt Ammer

Ludwig Boltzmann Forschungsstelle für
Physikalische Diagnostik, Hanuschkrankenhaus
Heinrich Collinstraße 30 A-1140 Wien, Österreich,
Phone: (43 1) 914-97-01 Fax: (43 1) 914-92-64
Personal e-mail: KAmmer1950@aol.com

We publish

Editorials

Reviews

Original articles

Reports on thermological publications of interest

Announcements from

The American Academy of Thermology,
The Austrian Society of Thermology
The German Society of Thermology
The Thermology Society of Great Britain
The European Association of Thermology

Information and abstracts
from conferences and symposia

Manuscripts should follow the recommendations of the International Committee of Medical Journal Editors (ICMJE) (1) and should be organized as follows: Introduction, methods, results, discussion, acknowledgements, references. A short abstract in English and, if possible, German (translation will be offered) should head the manuscript. Following the abstract, up to 5 key-words should characterize the paper.

Tables, Figures and Legends for illustrations should appear each on an extra sheet of paper.

Submission on computer discs with name of the used system is encouraged. A print of the disc content should be enclosed.

References should be numbered consecutively in the order in which they are first mentioned in the text. Identify references in text, tables, and legends by Arabic numerals in parentheses. Use the style of

the examples below which are based on the formats used by the US National Library of Medicine in Index Medicus (complete list of examples on (1)).

Standard journal article (List the first six authors followed by "et al" if the number exceeds 6).

Luther B, Kreyer I, Dobi I. Die Anus-*praeter*-Thermographie als Methode zur Früherkennung vaskulärer Komplikationen nach Dünndarmtransplantation. *ThermoMed* 1990; 6: 115-7.

Chapter in a book

Gautherie M, Haehnel P, Walter JM, Keith L. Long-Term assessment of Breast Cancer Risk by Liquid Crystal Thermal Imaging. In: Gautherie M, Albert E, editors. *Biomedical Thermology*. New York Alan R. Liss Publ; 1982. p. 279-301.

Before publication proof prints will be mailed to the main author for corrections. Each author will receive 20 free copies of the reprint.

The journal "Thermology international" (formerly "European Journal of Thermology") is published four times/year. Annual Subscription rate is ATS 460.-, a single copy costs ATS 140.- plus mailing costs (ATS 60/copy; outside Austria).

The journal is supplied free of charge to members of the American Academy of Thermology, the Austrian Society of Thermology and also to members of the German Society of Thermology.

References:

(1) *International Committee of Medical Journal Editors. Uniform requirements for manuscripts submitted to biomedical journals. Can. Med Assoc J* 1997;156;270-7.

(2) *International Committee of Medical Journal Editors. Additional statements from the International Committee of Medical Journal Editors. Can. Med Assoc J* 1997;156; 571-4.

Uhlen-Verlag,
Moßbacherg.29, A-1140 Wien
Thermology international
ISSN-1560-604X

Thermographie - eine Einführung

Joachim-Michael Engel

Rheumaklinik Bad Liebenwerda, Dresdener Str. 9, D-04924 Bad Liebenwerda

Zusammenfassung

Die technischen Möglichkeiten und die notwendigen thermophysiologischen Kenntnisse als Voraussetzungen der Temperaturmessung an der Körperoberfläche werden dargestellt. Besonderer Wert wird auf eine standardisiert durchgeführte thermographische Untersuchung gelegt. Ausführlich werden die Patientenvorbereitung, die Raumtemperatur in Abhängigkeit vom zu untersuchenden Krankheitsbild und verschiedene Provokationstest, z.B. der dynamische Kaltwassertest besprochen. Entzündliche Prozesse sollten bei einer Raumtemperatur von 18° C untersucht werden, während reflektorische Veränderungen der Hauttemperatur besser bei einer Umgebungstemperatur von 24°C zu entdecken sind. Es werden Richtlinien für die Interpretation von Thermogrammen präsentiert, die das Prinzip der symmetrischen Temperaturverteilung, der relativen Überwärmung bzw Abkühlung zur Gegenseite und die Korrelation der Wärmeverteilung mit anatomischen Strukturen beinhalten. Schließlich wird der Stellenwert der Thermographie diskutiert und ihre Bedeutung als funktionsorientiertes bildgebendes Verfahren betont.

Schlüsselwörter: Thermographie, standardisierte Untersuchung, Hyperthermie, Hypothermie, Interpretation

Thermography - a Tutorial

The technical possibilities and basic physiological principles of thermoregulation are reported, both necessary for temperature measurements on the surface of the body. Great emphasis is put on the fact, that thermographic investigations have to be performed in a standardised way. The preparation of patients, the room temperature in relationship to the disorder, which has to be investigated, and several provocative test such as the dynamic cold- water-stress-test are discussed. Inflammatory processes should be assessed at a room temperature of 18°C, while responsive changes of the skin temperature might be better detected at a surrounding temperature of 24°C. Guidelines for the interpretation of thermal images are presented, which are based on the symmetry of the distribution of surface temperature, the hyper- or hypothermia in relationship to the contralateral site and also the relationship between temperature changes and anatomic structures. Finally, the value of thermography is discussed and its significance as a function orientated imaging technique is emphasized.

Key words: thermography, standardised procedure, hyperthermia, hypothermia, interpretation

Einleitung und Definition

Thermographie ist eine nicht invasive diagnostische Untersuchungstechnik, mit der flächenhaft örtliche und zeitliche Veränderungen der Oberflächentemperatur des menschlichen Körpers sichtbar gemacht und quantitativ ausgewertet werden können. Ergebnis ist ein Wärmebild (Thermogramm). Die Körpertemperatur des Menschen ist ein komplexes Phänomen. Der Mensch ist homeothermes Lebewesen, welches Wärme im Überschuss produ-

ziert, die an die Umgebung abgegeben werden muss (Tabelle 1). Das Interface zwischen der Wärmeproduktion im Körperkern und der Umgebung ist die Haut. Dieses dynamische Organ hält ständiges Gleichgewicht zwischen den inneren und äußeren Bedingungen, um den physiologischen Anforderungen des Körpers gerecht zu werden. Wichtigste Stellgröße in diesem Wechselspiel ist die Mikrozirkulation der Haut. Allerdings sind viele Stellglieder und

Steuersignale der Körpertemperatur gleichzeitig Informationsträger für andere Regelsysteme des Körpers bzw. haben Vernetzungen mit Regelkreisen für andere Körperfunktionen, wie beispielsweise Blutdruck, Muskelaktionen oder endokrine Funktionen.

Während die Messung der Körperkerntemperatur ("Fiebermessen") zur Routine des klinischen Alltags gehört, selbst sogar in den Fällen, in denen gar keine Erhöhung der Körpertemperatur zu erwarten ist, blieb die Messung der Oberflächentemperatur bislang ein Stiefkind der klinischen Medizin. Die Ursache hierfür liegt weniger in der in früheren Jahren technischen Unzulänglichkeit verfügbarer Messinstrumente als vielmehr darin, dass die Körperkerntemperatur als hypothalamisch gesteuerter, singulärer Parameter verhältnismäßig einfach zu interpretieren ist, während die zu einem bestimmten Zeitpunkt an der Körperoberfläche gemessene Temperatur klinisch sehr viel schwieriger zu interpretieren ist.

Die jeweils über einem Hautareal gemessenen Temperaturen müssen nämlich in funktionellem Zusammenhang mit der jeweiligen Situation des "Innen" und des "Außen" eines Patienten interpretiert werden. Das heißt, dass der Arzt, der ein Thermogramm - die bildliche Darstellung der Temperaturen der Körperoberfläche - beurteilt, den Patienten zum Zeitpunkt der thermographischen Untersuchung gesehen haben sollte und die bei der Aufnahme herrschenden äußeren Umgebungsbedingungen berücksichtigen muss.

Gerade weil die Körperoberflächentemperatur von den äußeren Umgebungsbedingungen und von der kutanen Mikrozirkulation als Faktor abhängig ist, bietet die Thermographie vielfältige diagnostische Hinweise, wie sie mit anderen Untersuchungsverfahren nicht erhalten werden können. Thermographisch sichtbar sind - weil mit Auswirkungen auf die Hautdurchblutung verbunden - alle Prozesse, die einen vasodilatierenden oder vasokonstriktiven Einfluss auf die Mikrozirkulation der Haut haben, also insbesondere Entzündungen, Tumoren, neurale oder vaskuläre Prozesse.

Aus dieser vielfältigen Verflechtung der Haut und ihrer Mikrozirkulation mit verschiedenen Körpersystemen resultiert die komplementäre diagnostische Potenz der Thermographie, die bis heute noch viel zu wenig genutzt wird.

Prinzip der Thermographie

Um interpretierbare Thermogramme zu erhalten, sind möglichst stabile innere und äußere Bedingungen einzuhalten, unabhängig von der Art des Aufnahmesystems. Andererseits können thermische Instabilitäten in den Umgebungsbedingungen, Schmerzreize oder Provokationsteste gezielt für dynamische Thermographien eingesetzt werden.

Es ist ein besonderer Vorteil der Thermographie, ein nichtinvasives, beliebig wiederholbares Untersuchungsverfahren zu sein, welches in den unterschiedlichsten klinischen Situationen eingesetzt werden kann. Zur flä-

Tabelle 1. Physiologie und Regulation der Körpertemperatur (nach Goßklaus & Bergmann)

• WÄRMEBILDUNG (chemische Thermoregulation) • Minimale Wärmebildung • Essentielle Energiebildung (Aufrechterhaltung lebenswichtiger Körperfunktionen) • Obligate Wärmebildung (thyroxininduzierbar) • Nahrungsinduzierbare Wärmebildung • Regulatorische Wärmebildung - mit gesteigerter Muskelarbeit (Muskelarbeit, Muskelzittern) - ohne Muskelaktivität („zitterfreie Thermogenese" im curarisierten Muskel, im braunen Fettgewebe)	• WÄRMEABGABE (physikalische Thermoregulation) • Wärmeleitung • Wärmeströmung • Wärmestrahlung • Verdunstung von Schweiß (Evaporation) • Atmung (Respiration) • Ausscheidung mit den Exkrementen (Harn/Stuhl)
--	--

chenhaften Darstellung der Oberflächentemperaturen des menschlichen Körpers sind nur bildgebende Thermographiesysteme geeignet.

Flüssigkristall - Plattenthermographie

Die Flüssigkristall-Plattenthermographie ist ein thermographisches Verfahren, bei dem die Eigenschaften von flüssigem Cholesterinkristallen ausgenutzt werden, je nach Temperatur und Licht unterschiedlicher Wellenlänge zu reflektieren. Eingebettet sind diese Flüssigkristalle in eine starre oder elastische Folie, die - in einen Rahmen eingespannt - auf den untersuchenden Körperteil aufgelegt wird. Das nach kurzer Zeit entstehende farbige Thermogramm wird qualitativ vom Untersucher ausgewertet und ggf. fotografisch dokumentiert.

Durch geeignete Mischung der Cholesterinkristalle kann auf einer Platte jeweils ein fester Temperaturbereich (Temperaturfenster) dargestellt werden, bei dem die Farbe des reflektierten Lichtes einer bestimmten Temperatur entspricht. Dadurch ist eine semiquantitative Auswertung der Plattenthermogramme möglich. Allerdings werden je nach Temperaturgradient an der Körperoberfläche mehrere Platten mit aneinandergrenzenden Temperaturbereichen benötigt, um diese semiquantitativen Aussagen machen zu können. Wegen der unterschiedlichen Krümmungsradien der Körperoberfläche, insbesondere im Bereich der Extremitäten, sind flexible Folienkissen für die Plattenthermographie am Bewegungssystem erforderlich. Daraus ergeben sich messtechnische und methodische Nachteile, die jedoch durch die geringeren Kosten dieses thermographischen Untersuchungsverfahrens aufgewogen werden. Für die Ambulanz ist die Flüssigkristall-Plattenthermographie ein preiswertes, orientierendes thermisches Untersuchungsverfahren, dessen wesentliche diagnostische Aussagen sich mit dem der als Standard anzusehenden Infrarot-Thermographie decken.

Infrarot Thermographie

Infrarot-Kamera

Für die quantitative Thermographie ist ein zuverlässig messendes Kamera-System unerlässlich. Technische Anforderungen hierzu hat die Physikalisch-Technische Bundesanstalt in Richtlinien für Wärmebildgeräte zu-

sammengefasst. Für den medizinischen Bereich zugelassen ist aus deutscher Produktion die Kamera Variomed (Jenoptik, LOT, Jena). Dieses System ist für den klinischen Einsatz in der Medizin zertifiziert. Neben der Zertifizierung ist die hohe Präzision dieses Kamerasystems ein besonderer Vorzug für den Einsatz in der Medizin. Neben stickstoffgekühlten Eindetektor-Infrarotkamarasystemen gibt es auch modernste Entwicklungen ungekühlter Multielement-Detektor-Kameras, die in Handlichkeit und Bedienung Videokameras sehr ähnlich sind. Im Gegensatz zu stickstoffgekühlten Infrarot-Kamarasystemen, die eine thermische Auflösung von 0,1 °C bieten, haben die ungekühlten Array-Kamerasysteme nur eine Auflösung von ca. 0,5 bis 1 °C.

Die Vor- und Nachteile der verschiedenen technischen Ausführungen sind nur für wissenschaftliche Untersuchungen und klinische Prüfungen von Bedeutung. In der klinischen Routine kann jedes Kamerasystem eingesetzt werden, welches die Anforderungen der physikalisch-technischen Bundesanstalt für Wärmebildgeräte erfüllt und dem geplanten Einsatz gerecht wird.

Für qualitative und semiquantitative Untersuchungen im Seitenvergleich ist die Präzision der Messung weniger bedeutsam als bei quantitativen Verlaufsuntersuchungen, bei denen absolute Temperaturen über größere Zeiträume präzise gemessen werden müssen. Wichtiger ist, dass das Kamerasystem in dem maximalen Wellenlängenbereich der Infrarot-Abstrahlung von der menschlichen Hautoberfläche arbeitet: 8 - 14 µm.

Die Kamera muss stabil aufgehängt sein oder gehalten werden, um eine exakte und reproduzierbare Aufnahmegeometrie zu garantieren. Nur so lassen sich bei quantitativen Auswertungen Mess- und Interpretationsfehler durch Winkelverschiebungen vermeiden.

Qualitätskontrolle

Unabdingbar ist für quantitative Messungen ein Prüfstrahler (Schwarzer Strahler), an dem arbeitstäglich die Messgenauigkeit der Kamera überprüft wird. Die Ergebnisse dieser Messungen sollten - wie bei Laborgeräten - in einer Qualitätskontrolle registriert und periodisch ausgewertet werden.

Ein Flächenstrahler als Temperaturreferenz in der Objektebene ist nur erforderlich, wenn die

Kamera nicht konstruktionsbedingt bereits absolute Temperaturen misst (eingebauter interner Referenzstrahler).

Standardisierung

Untersuchungsraum

Der Untersuchungsraum muss möglichst stabile Temperaturverhältnisse aufweisen, um thermoregulatorische Effekte zu vermeiden, die das gesuchte thermische Bild überlagern oder stören können. Bewährt haben sich Raumtemperaturen von 18 °C und 24 °C.

Nur für quantitative Untersuchungen im Rahmen von klinischen Studien müssen diese Raumtemperaturen innerhalb enger Grenzen von $\pm 0,5$ °C konstant gehalten werden. Dabei ist die Temperaturkonstanz für die niedrigere Raumtemperatur von 18 °C kritischer zu sehen als für die Umgebungstemperatur 24 °C.

In der klinischen Routine reicht eine normale Raumklimatisierung mit ihren Grenzen von ± 1 °C oder eine Aufzeichnung der Raumtemperatur völlig aus.

Allerdings sollte die Klimatisierung zugfrei sein, um zugbedingte Temperaturdifferenzen an der Körperoberfläche zu vermeiden. Außerdem muss der Raum frei sein von direkten Infrarot-Strahlungsquellen (z.B. Lampen, Heizkörper etc.), um ein möglichst homogenes Temperaturfeld zu garantieren (ENGEL et al 1979).

Vorbereitung des Patienten

Reproduzierbare und interpretierbare Thermographien lassen sich nur bei sorgfältiger Vorbereitung des Patienten zur Untersuchung erzielen. Die tageszeitlichen Variationen der peripheren Gelenktemperaturen sind in den Vormittagsstunden am geringsten. Für die Diagnostik und Verlaufskontrolle entzündlicher Krankheiten des Bewegungssystems sollte die Thermographie morgens zwischen 9 und 12 Uhr erfolgen. Andere Krankheiten erfordern keine derartige zeitliche Zuordnung.

Körperliche Aktivitäten mit Einfluß auf die Körper-Kerntemperatur des Patienten, seine Thermoregulation und die periphere Durchblutung müssen mindestens eine Stunde vor der Thermographie unterbleiben. Dies gilt besonders für körperliche Arbeit oder physikalische Therapie. Auch Rauchen, Einnahme ge-

fäßwirksamer Medikamente, Kaffee- oder Teegetränk sowie Alkoholkonsum bleiben nicht ohne Einfluss auf die Oberflächentemperaturen. Sofern diese Einflüsse nicht ausgeschaltet werden können, müssen sie zumindest vom Untersucher registriert und bei der Interpretation berücksichtigt werden. Eine lokale Therapie mit Salben, Auftrag von Kosmetika oder lokale Affektionen der Haut (z.B. Sonnenbrand, scheuernde Kleidungsstücke) können - gramm uninterpretierbar machen!

Vor der Untersuchung sollte der Patient einige Zeit (ca. 30 min) entspannt sitzen oder liegen. Dabei darf die Blutzirkulation aber nicht durch Kleidungsstücke eingeschränkt werden. Manipulationen, einschließlich einer körperlichen Untersuchung(!) an der zu thermographierenden Region sind zu unterlassen. Zu vermeiden sind auch Einwirkungen lokalen Drucks durch die Bekleidung, den Wartezimmerstuhl oder Körperteile (z.B. auf die Knie aufgestützte Ellbogen).

Die Untersuchung selbst muss ohne Hetze und für den Patienten stressfrei ablaufen, um eine emotional bedingte Vasokonstriktion der peripheren Zirkulation zu vermeiden, sofern diese untersucht werden soll.

Diese technischen und methodischen Anforderungen sind keineswegs überzogen. Auch für andere Untersuchungsverfahren in der Medizin bestehen vergleichbare Anforderungen. Wegen der funktionellen Regelung der Oberflächentemperatur mit relativ kurzen Zeitkonstanten sind besondere Anforderungen an die Sorgfalt des Untersuchers zu stellen, um Störfaktoren möglichst weitgehend auszuschalten.

Durchführung thermographischer Untersuchungen

Die thermographischen Untersuchungen erfolgen nach standardisierten Kriterien, zumeist am liegenden Patienten, um Artefakte und Änderungen der Oberflächentemperatur durch die Muskelarbeit zu vermeiden.

Aufgrund thermophysiologischer Überlegungen und experimenteller Erfahrungen hat sich bewährt, standardisierte thermographische Untersuchungsverfahren entsprechend der klinischen Fragestellung auszuwählen.

Raumtemperatur 18 °C

zum Nachweis von Entzündungen oder Tumoren

Raumtemperatur 24 °C

zum Nachweis segmentaler Störungen
(funktionell-reflektorisch oder neural)

zum Nachweis Head'scher Zonen

zum Nachweis gefäßbedingter Störungen

Mechanischer Provokationstest

(Raumtemperatur 24 °C)

vor und nach mechanischer Provokation (z.B. Bücken, Treppensteigen, Gehen, Faustschluss)

zur Differenzierung schmerzbedingter Syndrome muskulärer, neuraler oder vaskulärer Ursache

Kaltwasser-Provokationstest

(16 °C Wassertemperatur)

Raumtemperatur 24 °C

zum Nachweis peripherer vasospastischer Veränderungen

zum Nachweis peripherer Nervenkompressionssyndrome

zur Sklerodermie-Diagnostik

zum Nachweis einer Algodystrophie/
M. Sudeck

Entzündliche Veränderungen lassen sich zuverlässig und regelmäßig nachweisen an

Fingern, Handgelenken, Ellbogen. Sternoclaviculargelenken (Schulter), Knie, Sprunggelenken und Zehen sowie an allen oberflächlich gelegenen Sehnenscheiden und Bursen.

Hüftgelenke und Wirbelgelenke (mit Ausnahme der Iliosacralgelenke) sind für die thermographische Diagnostik der Entzündung nicht geeignet, wegen der Dicke der umgebenden Weichteile und der zum Körperinnern gerichteten Gefäßverbindungen.

**Statische Thermographien bei 18 °C
Raumtemperatur**

Zum Nachweis von Entzündungen werden jeweils mit zwei Aufnahmen in ca. 10 - 15 min. Abstand aufgezeichnet. Aus dem Temperaturverlauf zwischen der ersten Aufnahme unmittelbar nach Entkleiden und der zweiten Aufnahme nach 10 min. können zusätzliche dynamische Parameter der Temperaturgradienten gewonnen werden.

**Statische Thermographien bei 24 °C
Raumtemperatur**

Zum Nachweis funktioneller, neuraler und vaskulärer Störungen können unmittelbar nach Entkleiden Aufzeichnungen durchgeführt werden.

**Kaltwasser-Provokationstest
(Raumtemperatur 24 °C)**

Nach einer Voraufnahme werden die mit Plastikhandschuhen vor Feuchtigkeit geschützten Hände/Füße für eine Minute in Wasser von 16°C eingetaucht. Thermographien erfolgen (rechnergesteuert) in Abständen von 1, 3, 5, 7, 10, 15 und mehr min. (bis zu 45 min.) nach Kaltwasser-Exposition. Dabei ist auf eine entspannte Haltung des Patienten zur Aufnahme zu achten (aufgelegte Unterarme, bequemer Stuhl).

**Mechanischer Provokationstest
(Raumtemperatur 24 °C)**

Um schmerzbedingte Syndrome muskulärer, neuraler oder vaskulärer Ursache zu dokumentieren und zu differenzieren, werden Thermogramme vor und nach mechanischer Provokation (z. B. Bücken, Treppensteigen, Gehen, Faustschluss) angefertigt.

Interpretation der Befunde

Die Interpretation der thermographischen Befunde sollte grundsätzlich durch den Arzt erfolgen, der den klinischen Befund des Patienten zum Zeitpunkt der Thermographie kennt und gegebenenfalls die thermographischen Bilder mit dem klinischen Bild vergleicht. Nur so sind Fehlinterpretationen durch Hautveränderungen, oberflächliche Gefäße oder andere Störfaktoren zu vermeiden.

Die Interpretation der Thermogramme sollte grundsätzlich in folgender Reihenfolge ablaufen:

Betrachtung des Temperaturmusters

bei statischen Thermographien zunächst die Abkühlaufnahme II.

Betrachtung der Absolutwerte der Temperaturen für

T - max (maximale Temperatur in der Region of Interest)

Thermographie-Index (mittlere Temperaturdifferenz zur Gelenk-Standardtemperatur von 25 °C)

Medianwert der Temperaturverteilung

Histogramm der Temperaturverteilung

andere quantitative Parameter (Dichteverteilung; T-Bild-Index, die mittlere Temperaturdifferenz zu einem Bildpunkt außerhalb der Region of Interest)

Betrachtung der quantitativen Parameter im Seitenvergleich, gegebenenfalls auch der Temperaturgradienten im Vergleich zur ersten Aufnahme)

Vergleich der quantitativen Parameter mit Vorwerten früherer Aufnahmen, sofern vorhanden.

Alle quantitativen Parameter können flächhaft (Region of Interest) oder linienförmig (Line Scan Temperaturprofil) ermittelt werden.

Nach Betrachtung des thermographischen Befundes erfolgt die diagnostische Zuordnung entsprechend der klinischen Fragestellung. Für eine abschließende diagnostische Bewertung der Thermogramme müssen im Einzelfall der klinische Befund und die Ergebnisse anderer technischer Untersuchungen herangezogen werden.

Grundsätzlich gilt zu beachten, dass die Thermographie für den negativen Test, d.h. ein normales Thermogramm, eine höhere Aussagekraft besitzt als für den positiven Test, d.h. ein auffälliges Thermogramm.

Daraus folgt, dass ein normales, seitengleiches Thermogramm funktionelle, neurale und vaskuläre sowie entzündliche Veränderungen mit hoher Wahrscheinlichkeit ausschließt, deren Nachweis thermographisch möglich ist. Umgekehrt folgt daraus, dass bei Vorliegen eines auffälligen thermographischen Befundes keine spezielle Pathologie Ursache der thermischen Veränderungen sein muss. Über die Ursache der Störung lässt sich aus dem thermographischen Bild nur ein Hinweis, jedoch nur selten ein Beweis erbringen. Als Beispiel mögen psoriatische Hautveränderungen über dem Kniegelenk dienen. Hier kann der thermische Befund bei präpatellarer Hautaffektion dem einer Arthritis sehr ähnlich sein. Erst durch die komplementäre Betrachtung des klinischen und des thermographischen Befundes ist eine Interpretation der Pathologie möglich, die dem thermischen Bild zugrundeliegt.

Entzündungsbedingte Hyperthermie

Erst bei kühler Umgebungstemperatur treten vasodilatorische Areale deutlich hervor, weil sie der durch die kühle Raumtemperatur induzierten Vasokonstriktion nicht folgen können. Ursache der lokalen Vasodilatation in der Mikrozirkulation der Haut ist die Freisetzung vasoaktiver Mediatoren durch die Entzündung (Prostaglandine, Leukotriene, Bradykinin u.a.). Dadurch kommt es zu einer lokalen Erhöhung des Blutflusses mit nachfolgendem erhöhtem Wärmetransport vom Körperkern zur Peripherie.

Obwohl von "Hyperthermie" gesprochen wird, liegen die Temperaturen auch bei der extremsten Entzündung niemals über der Körper-Kerntemperatur. Die "Überwärmung" ist also nur relativ - zur nicht betroffenen Körperseite oder zu den normalen Temperaturwerten dieser Region.

Es liegt in der Pathophysiologie der Entzündung, dass mit der Thermographie die erhöhte lokale Temperatur - bedingt durch die Vasodilatation - gemessen, nicht aber die pathogenetische Ursache der Entzündung bestimmt werden kann.

Daher muss die differentialdiagnostische Bewertung hyperthermer Zonen die klinische Symptomatik unbedingt berücksichtigen, wenn Fehlinterpretationen ausgeschlossen werden sollen!

Es ist bei der Beurteilung der Thermogramme kritisch zu prüfen, ob die beobachteten hyperthermen Zonen

- der Anatomie des Stratum synoviale folgen
- über Sehnenscheiden oder Bursen liegen
- ein streifenförmiges Gefäßmuster haben
- ein Korrelat in Hautveränderungen finden
- größere Extremitätenabschnitte umfassen

Arthritiden haben eine für das jeweilige Gelenk charakteristische Temperaturverteilung, entsprechend der anatomischen Lage des Stratum synoviale und seiner Gefäßabflussgebiete. Bei einer Tenosynovialitis oder einer Bursitis entspricht die Hyperthermie meist der anatomischen Situation.

Hypertherme Zonen entlang großer Gefäße sind durch das streifen- bis netzförmige Muster

leicht zu erkennen. Bei besonders adipösen Personen können aber auch fleckförmige Hyperthermiezonen vorliegen, die differentialdiagnostische Schwierigkeiten bereiten können.

Besonderes Augenmerk verdienen hypertherme Zonen durch Hautveränderungen, in der einfachsten Form als reaktive Hyperthermien nach Druckbelastung der Haut. Die klinische Betrachtung der Hautoberfläche ist daher essentiell für die Bewertung von Thermogrammen. Umfassen die hyperthermen Zonen ganze Extremitätenabschnitte, muss an vaskuläre Prozesse gedacht werden. Die pathologischen Veränderungen können dann auch auf der kühleren Gegenseite liegen, z.B. bei Gefäßverschlüssen oder bei neuralen Affektionen!

Die Höhe der lokalen Temperatur korreliert gut mit der Akuität der Entzündung, entsprechend dem Ausmaß der Entzündung und der Menge der freigesetzten Mediatoren. Daher ist die Thermographie besonders auch zur Verlaufsbeobachtung von Arthritiden, aktivierten Arthrosen und postoperativen Entzündungen unter der Therapie geeignet.

Segmentale Hypothermie

Bei thermisch indifferenten ("neutralen") Umgebungstemperaturen von 24 °C treten die vasokonstriktischen Areale deutlich hervor (-0,5 °C). Als verdächtig müssen Seitendifferenzen von mehr als 0,2 - 0,4 °C angesehen werden. In diesen Fällen geben die Patienten meist keinen akuten Schmerz zum Zeitpunkt der Untersuchung an.

Besteht ein Spontanschmerz, liegen die Temperaturen in den betroffenen Dermatomen meist 0,5 bis mehr als 1,0 °C niedriger als im gleichen Dermatom der Gegenseite und in den benachbarten Dermatomen. Sind einzelne oder mehrere Dermatome hypotherm, die dem Versorgungsgebiet eines peripheren Nerven oder einer Nervenwurzel zuzuordnen sind, liegt der Verdacht auf eine unmittelbare mechanische Irritation dieses Nerven vor (z.B. beim Carpal-tunnel-Syndrom oder beim Diskusprolaps).

Liegen mehrere Dermatome am Rücken als geschlossene hypotherme Zone vor, handelt es sich meist um eine Head'sche Zone bei Krankheiten und Affektionen innerer Organe oder um Temperaturdifferenzen bei unterschiedlicher Muskelarbeit (z. B. bei Skoliosen).

Die differentialdiagnostische Bewertung hypothermer Zonen muss die klinische Symptomatik unbedingt berücksichtigen, wenn Fehlinterpretationen ausgeschlossen werden sollen.

Es ist bei der Beurteilung der Thermogramme kritisch zu prüfen, ob die beobachteten hypothermen Zonen dem Verlauf der Dermatome

- Versorgungsgebiete peripherer Nerven
- Versorgungsgebiete von Arterien

folgen. In Zweifelsfällen sind dynamische Tests mit lokaler Abkühlung und Beobachtung/Messung der Wiedererwärmungszeit nach lokaler Abkühlung durchzuführen.

Diese dynamischen Tests erlauben auch eine Abgrenzung vermeintlich hypothermer Zonen in der Nachbarschaft hyperthermer Zonen. Die vasodilatorisch bedingten hyperthermen Zonen zeigen eine sehr schnelle Wiedererwärmung oder lassen sich erst gar nicht ganz wegkühlen.

Unter Beachtung der klinischen Fragestellung und der subjektiven Symptomatik des Patienten entsprechen

scharf begrenzte monosegmentale Hypothermien einer reflektorisch nociceptiven Ursache (Dolor translatus) oder mechanischen Störung einzelner Endäste der Nerven

relativ scharf begrenzte mono-polysegmentale Hypothermien einer mechanischen Störung peripherer Nerven (Dolor projectus)

unscharf begrenzte, polysegmentale Hypothermien einer Head'schen Zone oder einer zentralen Lähmung

unscharf begrenzte, nicht segmentale Hypothermien einer Störung der arteriellen Versorgung oder einer Minderung der Muskelmasse

regionale Hyperthermie über Muskeln/Muskelgruppen einer Mehrbeanspruchung der betreffenden Muskeln

Dynamischer Kaltwasser-Test

Obwohl zunächst zum thermographischen Nachweis eines Raynaud-Syndroms entwickelt, hat sich der Kaltwasser-Test auch bei anderen als vasospastischen oder sklerotischen Veränderungen der peripheren Gefäße sowie bei der akralen Form der Sklerodermie bewährt.

Die pathologische Reaktion ist eine verzögert einsetzende, von proximal nach distal voranschreitende Wiedererwärmung.

Beim klassischen Raynaud-Syndrom persistiert die akrale Hypothermie für mindestens 30 Minuten, bei der Sklerodermie bis zu Stunden. Allerdings können auch neurale und emotionale sowie konstitutionelle Faktoren die akrale Wiedererwärmung verzögern. In den meisten Fällen findet sich bei einer kurzfristigen Wiederholung des Tests zu einer anderen Tageszeit, unter hyperkalorischen Ernährungsbedingungen oder in entspannter Untersuchungsatmosphäre ein normales Wiedererwärmungsmuster. Bei Diskrepanzen zwischen dem klinischen Befund und dem thermographischen Bild empfiehlt sich eine Wiederholung des Tests.

Besondere Beachtung verdient bei pathologischer Wiedererwärmung eine Dauermedikation mit ergotaminhaltigen Medikamenten (z.B. Hypotoniker). Nach Absetzen der Präparate normalisiert sich das Temperaturverhalten meist innerhalb weniger Wochen. Zur Unterstützung der Diagnostik kann auch eine Wiederholung des Tests unter Gabe von Kalzium-Antagonisten (z.B. Nifedipin) sinnvoll sein. Eine Normalisierung des Temperaturverhaltens weist dann gleich den therapeutischen Weg.

Neben der Musteranalyse des Temperaturverlaufs ist die Berechnung von Zeitkonstanten der Wiedererwärmung wichtig. Die Darstellung eines Relaxations-Thermogramms bietet das Variomed 2.0-Programm.

Mechanische Provokation

Bei mechanischer Provokation der vom Patienten als schmerzauslösend angegebenen Bewegungen oder Belastungen kann sich das thermische Bild richtungsweisend verändern:

- Verstärkung der segmental-neuralen Hypothermie, ausgelöst durch stärkere Kompression eines peripheren Nerven
- Verstärkung einer relativen regionalen Hypothermie, ausgelöst durch vaskuläre Steal-Phänomene
- Verstärkung lokaler oder regionaler Hyperthermie, ausgelöst durch verstärkte Muskelarbeit oder Mehrbelastung eines arthrotischen Gelenks oder lokale Druckbelastung

Stellenwert der Thermographie

Zu Beginn der eigenen Untersuchungen zur Oberflächentemperatur des Körpers bei Gesunden und Patienten mit Krankheiten des Bewegungssystems im Jahr 1975 gab es national und international nur wenig Arbeitsgruppen, die sich mit dieser Thematik befassten. Auch gab es fast keine neueren Untersuchungen zur Körperoberflächentemperatur und ihrer Regulation. In den einschlägigen Lehrbüchern der Physiologie wurde die Körperoberflächentemperatur nur sehr oberflächlich abgehandelt. Die dort dargestellten wissenschaftlichen Fakten beruhten im wesentlichen auf Untersuchungen der Physiologen aus den ersten Jahrzehnten dieses Jahrhunderts. Erst in den letzten Jahren beginnen die Physiologen sich für diese Thematik zu interessieren. Die experimentelle Untersuchung der Steuerung der Oberflächentemperatur wird sicher noch weitere Erkenntnisse bringen.

Für die thermographische Diagnostik in der Rheumatologie stehen heute technisch ausgereifte, preiswerte Infrarotsysteme und validierte Untersuchungsmethoden zur Verfügung.

Allerdings kann eine Thermographie in keinem Fall Antwort auf alle offenen klinischen Fragen geben. Auch können von der Thermographie keine "Diagnosen" erwartet werden. Solcher Art überzogene Ansprüche überfordern jedes diagnostische Verfahren!

Für Schmerzsyndrome im Bereich des Bewegungssystems gilt, dass sie mit allen Mitteln objektiviert und soweit möglich in ihrer Pathogenese abgeklärt werden müssen, um möglichst kausal therapieren zu können. Hierzu leistet die Thermographie einen wichtigen Beitrag und ergänzt die strukturgebundenen Untersuchungsverfahren Ultraschall, Röntgen und Kernspin-Tomographie.

Da funktionelle Störungen stets strukturellen Veränderungen vorausgehen, ist die Thermographie in der Lage, zahlreiche schmerzauslösende Funktionsstörungen nachzuweisen, die noch keine strukturellen Veränderungen verursacht haben. Ein klassisches Beispiel hierfür sind vasospastische Veränderungen in der akralen Endstrombahn. Akrale Perfusionsstörungen lassen sich thermographisch bereits zu einem Zeitpunkt nachweisen, wo klinisch und mit anderen Methoden noch keinerlei Veränderungen festzustellen sind.

Andererseits ist trotz deutlicher Destruktion bei Arthrose oder Arthritis aus einem Röntgenbild oder Sonogramm nicht abzulesen, wie akut der lokale Entzündungszustand ist. Dies läßt sich nur mit der Thermographie messen. (ENGEL und SAIER, 1984)

Bei einer Algodystrophie ist die Thermographie das einzige Untersuchungsverfahren, mit dem sich frühe Veränderungen oder ein Übergang von Stadium I zu II darstellen lassen. (AMMER, 1998)

Bei Bandscheibenprotrusion oder prolaps ist die Thermographie das einzige nicht invasive bildgebende Verfahren, mit dem sich Etage und Ausmaß der Schädigung peripherer Nerven darstellen lassen. (KIM YOUNG-SOO et al 1998)

Literatur

Ammer K. Das Wärmebild der menschlichen Hand. *ThermoMed* 1998; 14, 11 - 17

Damm F., G. Döring, G. Hildebrandt. Untersuchungen über den Tagesgang von Hautdurchblutung und Hauttemperatur unter besonderer Berücksichtigung der physikalischen Temperaturregulation. *Phys Med Rehabil* 1974; 15, 1

Dupuis H. Periphere Durchblutungsänderungen unter kombinierter Kälte- und Schwingungsbelastung. In: *Forschungsbericht Hand-Arm-Schwingungen*. In: *Schriftenreihe des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften eV*. 1988

Engel J.-M., Cosh J.A., Ring E.F.J., Page-Thomas D.P., Van Waes P. Thermographie in Locomotor Diseases. Recommended Procedure. *Europ. J. Rheumatol. Inflamm* 1979, 2, 299-306

Engel J.-M., Flesch U., Stüttgen G. *Thermologische Meßmethodik*. notamed, Baden-baden 1983

Engel J.-M. Thermographische Objektivierung der segmentalen Neuropathophysiologie. *Manuelle Medizin* 1984; 22, 30-40

Engel J.-M., Saier U. *Thermographische Standarduntersuchungen in der Rheumatologie und Richtlinien zu deren Befundung*. Luitpold, München, 1984

Golenhofen K. *Physiologie der Hautdurchblutung*. In: Korting G.W. (Hrsg.) *Dermatologie in Praxis und Klinik. Band 1: Allgemeine Dermatologie*. Thieme, Stuttgart, 1980

Grossklaus R., K.E. Bergmann. *Physiologie und Regulation der Körpertemperatur*. In: Engel J.M. (Hrsg.) *Thermologie-Fachberichte 2*. notamed, Baden-Baden, 1981.

Handwerker H. *Percutaneous analgesia and neurovascular responses in joint disease*. In: K. Brune (ed): *Percutaneous antirheumatic therapy - a reappraisal*. Hans Huber Publishers, Toronto, Lewiston N.Y., Bern, Stuttgart. 1988

Hensel H., K. Bruck, P. Rath. *Homeothermic Organisms*. In: Precht H., J. Christophers, H. Hensel (Hrsg.) *Temperature and Life*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 1973

Houdas Y., E.F.J. Ring. *Human body temperature*. Plenum press. New York, London, 1982

Kim Young-Soo, Yong-Eun Cho, Ho-Yeal Zhang. *Clinical Significance of Digital Infra-Red Thermographie Imaging in Spinal Surgery for Multiple Disc Herniations*. *Europ. J. Thermol.* 1998, 8, 118

Ring E.F.J., B. Phillips (ed) *Recent Advances in Medical Thermology*. Plenum Press, New York, London, 1984, p.43-50

Stüttgen G., U. Flesch. *Dermatologische Thermographie*. VCH Weinheim 1984

Kontaktadresse des Autors

Dr. med. Joachim-Michael Engel

Leitender Chefarzt der Rheumaklinik Bad Liebenwerda, Dresdener Str. 9, D-04924 Bad Liebenwerda

Telefon: (035341/901161); FAX: (035341) 902705

eMail: rheumamike@iname.com

Thermographische Veränderungen nach physikalischer Therapie bei Patienten mit Kniegelenkserguss, Algodystrophie oder generalisierter Fibromyalgie

K.Ammer^o, B.Engelbert, S.Hamerle-Reiter, E.Kern

^oLudwig Boltzmann Forschungsstelle für Physikalische Diagnostik (Leiter.Prim.Dr.O.Rathkolb) und Gesundheitszentrum Physiko Andreasgasse (Leiter.Prim.Dr.O.Rathkolb), Wien

Zusammenfassung

Es wird über die retrospektive Auswertung von Thermogrammen berichtet, die bei Patienten mit Fibromyalgie, traumatisch bedingten Kniegelenksergüssen oder chronischem regionalen Schmerzsyndrom (CRPS) vor und nach einer physikalischen Behandlungsserie angefertigt worden waren. Bei Patienten mit Fibromyalgie war zwar eine Verminderung der Tender Points, aber keine Abnahme der Zahl von Hot spots zu beobachten. Bei 10 Patienten mit traumatisch bedingten Kniegelenksergüssen verringerte sich die mittlere Temperaturdifferenz zwischen symptomatischen und asymptomatischen Gelenk innerhalb von 4 Wochen um 0,6 Grad. Die deutlichste Verbesserung der thermischen Symmetrie war bei Patienten mit CRPS nach der Behandlung zu beobachten. Offensichtlich besitzt die Thermographie in Abhängigkeit der vorliegenden Diagnose eine unterschiedliche Responsivität für Therapieeffekte.

Schlüsselwörter: Thermographie, Responsivität, CRPS, posttraumatischer Kniegelenkserguss, Fibromyalgie

Thermal changes after physical therapy in patients with knee effusion, algodystrophy or fibromyalgia.

The retrospective re-evaluation of thermal images performed prior and post physical therapy in patients suffering from fibromyalgia, post traumatic knee effusion or chronic regional pain syndrome is reported. Patients with fibromyalgia presented with less tender points, but with an equal score of hot spots after therapy. In 10 patients with post traumatic knee effusion the mean temperature difference between the symptomatic and the asymptomatic site decreased by 0,6 degrees after treatment for 4 weeks. The greatest improvement in the thermal symmetry was observed after treatment in patients suffering from CRPS. Dependent on the underlying diagnosis, thermography reveals a different response to therapeutic effects.

Key words: Thermography, responsivity, CRPS, posttraumatic knee effusion, fibromyalgia

Einleitung

Ziel einer physikalischen Therapie ist es, die Symptome des Patienten zu mindern. Wenn solche Krankheitszeichen von thermischen Phänomenen begleitet sind, kann der Therapieerfolg mittels Thermographie dokumentiert werden. D.Rusch hat 1982 beim 4.Europäischen Kongress für Thermologie in Bath die

bis dahin bekannten thermographischen Evaluierungen physikalischer Therapiemaßnahmen zusammengestellt (1). Unsere eigene Gruppe hat wiederholt die thermischen Veränderungen physikalischer Therapie mittels Infrarot-Thermographie dargestellt. Dabei wurden Methoden der Thermotherapie (2), der Kälte-

behandlung (3) und die Wirkung von Medizinalbädern (4) untersucht. Über die Möglichkeit des thermographischen Monitorings von Patienten mit M.Sudeck (5) und die thermischen Veränderung nach Mobilisation von blockierten Wirbelsegmenten (6) wurde berichtet. Der Effekt von physikalischer Therapie bei Patienten mit Epicondylitis humeri radialis (7), Thoracic Outlet Syndrom (8) oder Peroneusparesis (9) konnte thermographisch dokumentiert werden. Wärmebilder vor und nach manueller Lymphdrainage bei Patienten mit primären und sekundären Lymphödem (10) hatten zwar für das Therapie-monitoring keine Bedeutung, die gefundenen Temperaturveränderungen trugen jedoch wesentlich zum Verständnis des Mechanismus der Ödemverminderung bei.

In dieser Arbeit wird untersucht, ob die Wirkungen einer physikalischen Therapie thermographisch überwacht werden kann bzw. inwieweit ein erfolgreiches Therapiemonitoring von der zugrundeliegenden Diagnose abhängig ist.

Methode und Patienten

Retrospektiv wurden die Thermogramme von Patienten beurteilt, die vor und nach physikalischer Behandlung thermographiert worden waren. Es handelte sich dabei um Personen, die entweder an einer generalisierten Fibromyalgie erkrankt waren, einen im weitesten Sinn traumatisch bedingten Kniegelenkserguss zeigten oder ein chronisches regionales

Schmerzsyndrom (CRPS) boten. Die Infrarotthermographie wurde mit einer elektronisch gekühlten Agema 870 durchgeführt, nachdem die Patienten sich 15 Minuten lang an die Raumtemperatur adaptiert hatten. Die Raumtemperatur betrug bei Fibromyalgiepatienten 24°C, bei Patienten mit CRPS oder Kniegelenkserguss 20°C.

Bei den CRPS- und den Kniegelenkspatienten wurde die mittlere Temperatur über dem betroffenen Gelenk erhoben und die Werte vor und nach einer physikalischen Therapie Serie miteinander verglichen.

Bei Fibromyalgiepatienten, die entsprechend den ACR-Kriterien klassifiziert worden waren (11), wurde die Zahl der Tender Points und der nachweisbaren Hot spots vor und nach Therapie erhoben.

Die gefundenen Werte wurden in einer deskriptiven Statistik dargestellt.

Ergebnisse

Die Thermogramme von 38 Patienten wurden ausgewertet. 12 Patienten (8 Frauen, 4 Männer; Alter: $53,7 \pm 10,8$ Jahre) litten an Fibromyalgie, 10 Patienten (5 Frauen, 5 Männer; Alter: $40,1 \pm 13,9$ Jahre) zeigten einen Kniegelenkserguss und 16 Patienten (10 Frauen, 6 Männer; Alter: $50,6 \pm 11,7$ Jahre) waren an einem CRPS erkrankt. Die durchschnittlichen Zeitabstände zwischen erster und zweiter Thermographie sind in Abbildung 1 darge-

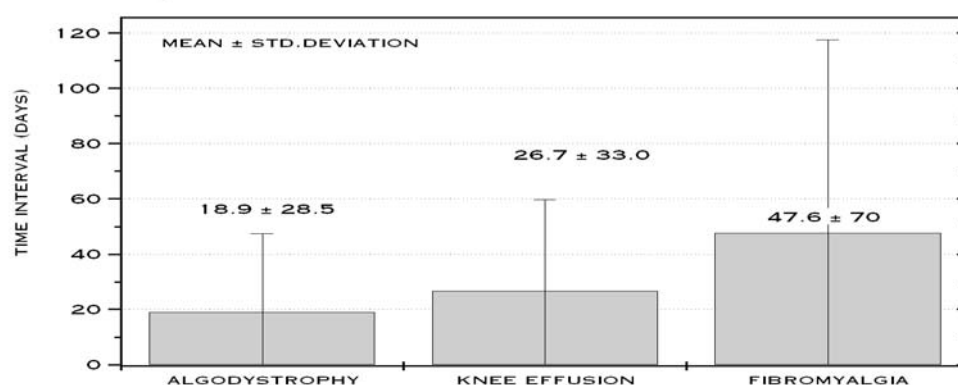


Abbildung 1
Zeitintervall zwischen erster und Kontrollthermographie

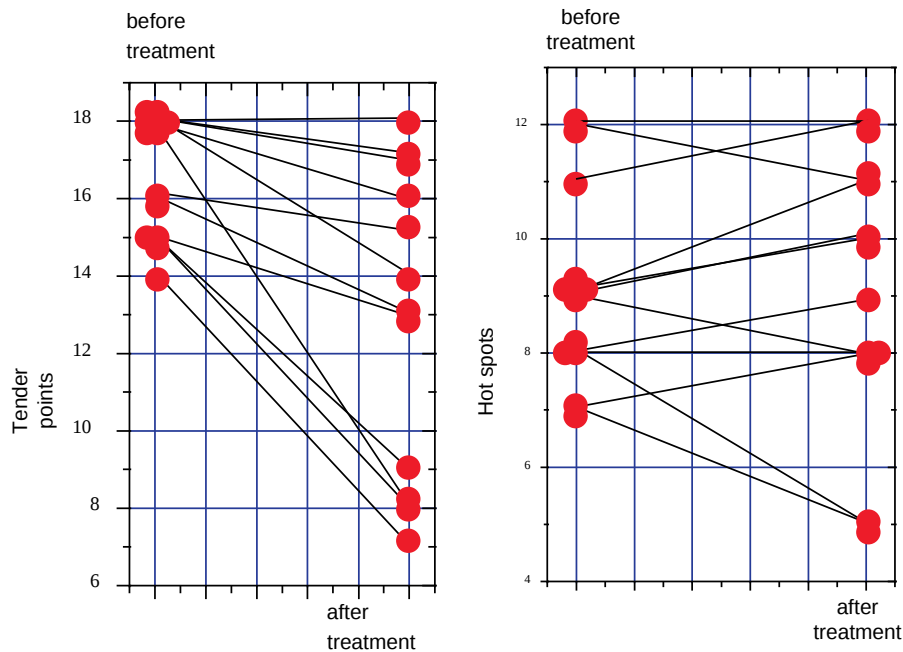


Abbildung 2
Anzahl der Hot Spots bzw. der Tender points vor und nach Therapie

stellt. CRPS Patienten wurden nach 3 Wochen, Patienten mit Kniegelenkserguss nach 4 Woche und Fibromyalgiepatienten nach 7 Wochen kontrolliert.

Fibromyalgiepatienten

Diese Patienten wurden im Regelfall mittels Sprudelbad (mit und ohne Baldrianzusatz) und Heilgymnastik in der Gruppe behandelt. Nach der Therapie war im Durchschnitt eine Verminderung der Zahl der Tender Points um 3 zu beobachten (vor. Therapie: $16,6 \pm 1,6$; nach Therapie $12,9 \pm 4,0$). Bei 4 Patienten waren nach der Behandlung weniger als 11 Tender points nachweisbar, sodass in diesen Fällen die Diagnose einer Fibromyalgie nicht mehr gegeben war.

Die durchschnittliche Zahl der Hot Spots veränderte sich nach Therapie nicht (vor Therapie: $9,1 \pm 1,7$, nach Therapie: $9,1 \pm 2,4$). Die Veränderung der Anzahl von Tender Points und Hot Spots der individuellen Patienten ist in Abbildung 2 dargestellt.

Patienten mit Kniegelenkserguss

Als Ursache des Gelenkserguss war 6 mal eine Kniebandverletzung, 2 mal kniegelenksnahe

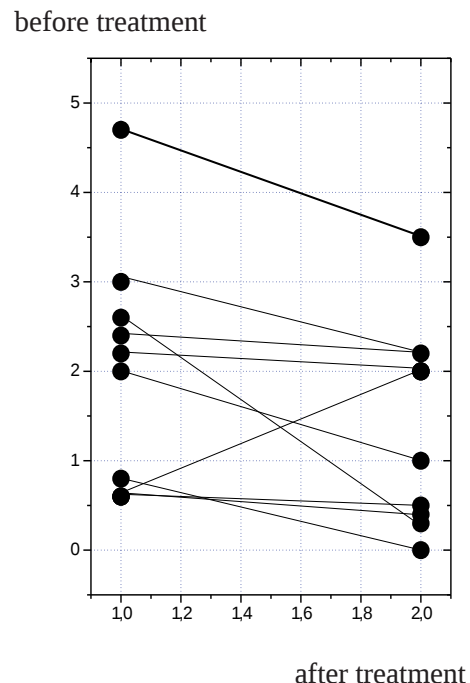


Abbildung 3
Individuelle Temperaturverläufe bei Patienten mit Kniegelenkserguss

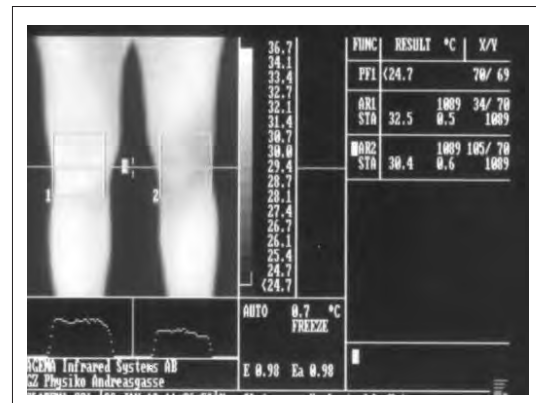
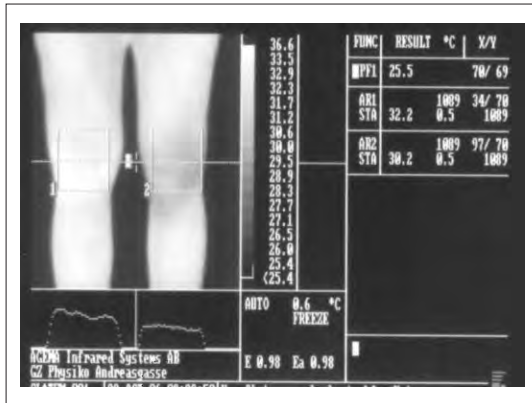


Abbildung 4

Kniegelenkserguss nach Endoprothese 6 Monate vor dem ersten Thermogramm (Bild links), rechts Kontrollthermogramm 12 Wochen später, weiterhin zeigt sich eine Temperaturdifferenz von 2° zwischen beiden Kniegelenken

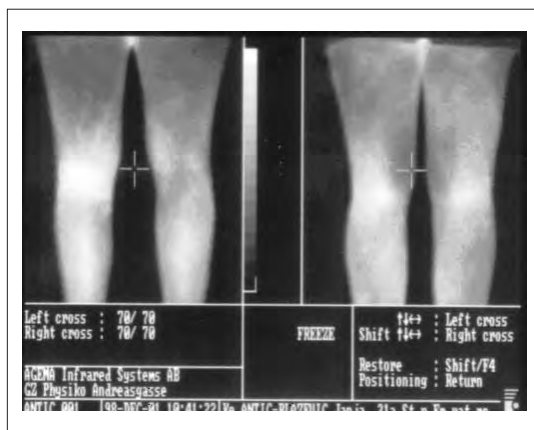


Abbildung 5

Hyperthermie des rechten Kniegelenkes nach Patellarfraktur (linkes Bild) und symmetrische Temperaturverteilung nach 4wöchiger physikalischer Therapie (rechtes Bild)

Frakturen (Tibiaplateau, Patella), 2 mal Zustand nach Totalendoprothese gegeben. Zur Behandlung wurde Kryotherapie, Elektrotherapie und Heilgymnastik eingesetzt. Die mittlere Temperaturdifferent zwischen symptomatischem und gesundem Knie betrug vor der Behandlung $2,0 \pm 1,3^\circ\text{K}$, nach Behandlung $1,4 \pm 1,1^\circ\text{K}$. Abbildung 3 zeigt die Temperaturverläufe der individuellen Patienten. In Abbildung 4 sind die Thermogramme eines Patienten zu sehen, der 6 Monate nach einer Knieendoprothese noch immer eine beträchtliche Ergussbildung bot. Die durchgeführte physikalische Therapie konnte die Schwellung und Überwärmung (links in Abbildung vor Therapie, rechts 12 Wochen nach Therapie), sodass eine Reoperation nicht vermieden wer-

den konnte. Abbildung 5 zeigt hingegen die Thermogramme einer Patientin mit Ergussbildung nach einer Patellafraktur. Hier konnte durch die physikalische Therapie eine weitgehende Symmetrie der Temperaturverteilung erzielt werden, die mit einem Verschwinden des Ergusses und einer Zunahme der Beweglichkeit vergesellschaftet war.

Patienten mit CRPS

Bei 9 Patienten nach Knöchelfraktur und bei 7 Patienten nach Radiusfraktur hatte sich ein CRPS entwickelt. 15 mal war die betroffene Region wärmer und einmal kälter als die Gegenseite. Die mittlere Temperaturdifferenz vor der Therapie betrug $1,5 \pm 1,0^\circ\text{K}$, nach Therapie $0,7 \pm 0,8^\circ\text{K}$. Hier konnte durch die eingesetzte Therapie, Hochvoltstimulation und Heilgymnastik, eine Verbesserung erzielt werden, in dem die Symmetrie der Temperaturverteilung weitgehend verbessert wurde. Eine solche normale Temperaturverteilung hat sich auch bei jenem Patienten mit dem primär kühlen CRPS erzielen lassen (Abbildung 6). Schließlich zeigt die Abbildung 7 den Verlauf bei einer Patientin nach Fraktur des distalen Radius und des Metacarpale 4.

Diskussion

Obwohl auf Grund der Anzahl von Hot spots sehr gut Patienten mit Fibromyalgie von Patienten mit lokalisierten Myalgien und Gesunden unterscheidbar sind (12), ist die Anzahl der Hot Spots nicht ausreichend veränderungsempfindlich und damit für die Therapiebeurteilung von Patienten mit Fibromyalgie nicht geeignet.

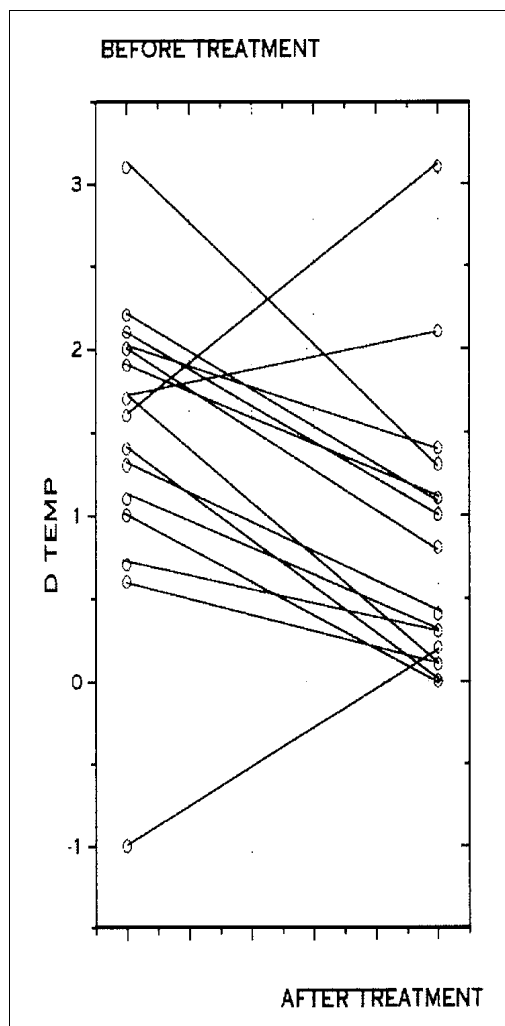


Abbildung 6
Individuelle Temperaturverläufe der CRPS-Patienten. Ein Patient mit primär kalter Extremität zeigte am Therapieende eine symmetrische Temperaturverteilung



Abbildung 7
Rechtes Bild : Überwärmung am Handgelenk rechts bei CRPS bei Zustand nach Radiusfraktur
linkes Bild :symmetrische Temperaturverteilung nach Therapie

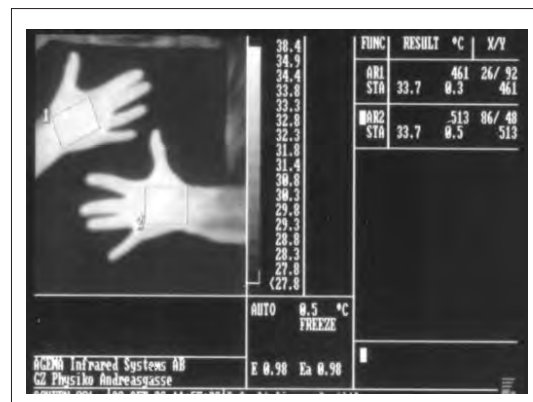
Nur bei wenigen Patienten mit posttraumatischen Kniegelenksergüssen zeigen innerhalb von 5 Wochen ausgeprägte Verbesserungen der Temperaturwerte über den Kniegelenken. Bereits Mayr (13) hat auf diesen Umstand hingewiesen und gezeigt, dass im Durchschnitt erst 6 Monate nach Endoprothesenimplantation eine Symmetrie der Temperaturverteilung zu beobachten ist. Trotzdem ist eine Verminderung der seitlichen Differenz der Temperatur auch innerhalb eines Zeitraums von 4 Wochen zu beobachten.

Eindeutig die deutlichsten Temperaturveränderungen waren bei den CRPS-Patienten zu entdecken: Damit konnten frühere Beobachtungen (4) bestätigt werden. Die Bedeutung der Thermographie zum Monitoring der Therapie des CRPS konnte dadurch gefestigt werden.

Natürlich bedürfen die vorgestellten Ergebnisse einer retrospektiven Untersuchung der Bestätigung durch prospektive Studien, um ausreichend Gültigkeit zu erlangen. Trotzdem scheint die Responsivität der Thermographie von der behandelten Krankheit abhängig zu sein. Deshalb muss im Studiendesign auf typische Zeitintervalle zwischen den thermographischen Untersuchungen Rücksicht genommen zu werden. Nur auf diese Weise können und sollen Wärmebilder sinnvoll genutzt werden.

Literatur

1.) Rusch D: *Thermology in the assesment of Physical Therapy*. In: Ring EFJ, Phillips B., editors. *Recent Advances in Medical Thermology*. London-New York, Plenum Press, 1984, p.447-52



- 2.) Rathkolb O, Ammer K. Skin Temperature of the Fingers after Different Methods of heating using a wax Bath. *Thermol Österr* 1996; 6:13-6
- 3.) Ammer K. Occurence of Hyperthermia after Ice Massage. *Thermol Österr* 1996; 6: 17-20,
- 4.) Ammer K. Thermographische Therapieüberwachung bei M.Sudeck. *ThermoMed* 1991; 7: 112-5
- 5.) Ammer K. Thermographie bei Patienten mit Wirbelblockierungen. *Manuelle Medizin* 1993, 31: 118-21
- 6.) Ammer K: Einfluß von Badezusätzen auf die Wärmeabstrahlung der Haut. *ThermoMed* 1994; 10:71-9
- 7.) Ammer K, Solar S, Kern E, Birtalan L, Engelbert B. Thermographische und algometrische Kontrolle der physikalischen Therapie bei Patienten mit Epicondylopathia humeri radialis. *ThermoMed* 1995; 11:55-67
- 8.) Schartelmüller T, Melnizky P; Engelbert B. Infrarotthermographie zur Evaluierung des Erfolges physikalischer Therapie bei Patienten mit klinischem Verdacht auf Thoracic Outlet Syndrome. *Thermol int* 1999; 9:20-4
- 9.) Melnizky P., Ammer K, Schartelmüller T. Thermographische Überprüfung der Heilgymnastik bei Patienten mit Peroneusparese. *Thermol Österr* 1995; 5: 97-102
- 10.) Ammer K. Thermography in Lymphedema. In: Mabuchi K, Mizushina S, Harrison B, editors. *Advanced Techniques and Clinical Application in Biomedical Thermology*, Chur/Schweiz, harwood academic publishers, 1994, p.213-20
- 11.) Wolfe F, Smythe HA, Yunus MB, Bennet RM, Bombardier C, Goldenberg DL, Tugwell P, et al. The American College of Rheumatology 1990 Criteria for the Clasification of Fibromyalgia. *Arthritis & Rheum* 1990; 33: 160-71
- 12.) Ammer K: Thermographische Diagnose der Fibromyalgie. *ThermoMed* 1996; 12:95-6
- 13.) Mayr H: Thermographische Beobachtungen nach Kniegelenksoperationen. *Eur J Thermol* 1998; 8: 57-64

Adresse des Autors

OA.Dr.Kurt Ammer

Ludwig Boltzmann Forschungsstelle für Physikalische Diagnostik, Heinrich Collinstr.30; A-1140 Wien

(Manuskript erhalten am 16.5.1999, angenommen am 20.6.1999)

Thermal Imaging in the Investigation of Deep Vein Thrombosis in Pregnancy

J. R. Harding*, A. M. Wright**

*Department of Clinical Radiology and **Department of Obstetrics & Gynaecology

Royal Gwent Hospital, Newport, Gwent, NP9 2UB (UK)

Summary

Deep vein thrombosis (DVT) is a serious condition which can be complicated by the development of pulmonary embolism, which has a high mortality and morbidity. There is an increased incidence of deep vein thrombosis in pregnant patients. Effective treatment of DVT by anticoagulation dramatically decreases the risk of pulmonary embolism, but poses risks of its own, particularly in pregnancy, and should not be undertaken without a confirmed diagnosis. Thermal imaging is quick, simple, non-invasive, risk-free, cost-effective and highly sensitive in the initial investigation of suspected DVT; a negative thermogram excludes DVT and avoids the necessity for further investigation. Thermal imaging is, however, non-specific; a positive thermogram has a number of possible causes and is an indication for further assessment by venography or Doppler ultrasound to confirm or exclude DVT. Thermography should be considered the initial investigation of choice in clinically suspected DVT in pregnancy, proceeding to venography or Doppler ultrasound only when thermography is positive.

Key words: thermography, thermal imaging, deep vein thrombosis, DVT, non-invasive, pregnancy.

Thermographische Untersuchung auf tiefe Venenthrombose in der Schwangerschaft

Die tiefe Venenthrombose ist eine ernsthafte Erkrankung, die durch die Entwicklung einer Pulmonal-Embolie kompliziert sein kann, welche eine hohe Mortalität und Morbidität zeigt. Bei Schwangeren ist ein vermehrtes Auftreten von tiefen Venenthrombosen zu beobachten. Obwohl die Antikoagulation als wirksame Therapie das Risiko einer Pulmonal-Embolie dramatisch verringert, besetzt diese Behandlung selbst Risiken und sollte, insbesondere in der Schwangerschaft, nicht ohne Sicherung der Diagnose eingeleitet werden. Die Thermographie stellt eine schnell und einfach durchzuführende, nichtinvasive, risikofreie, kostengünstige und hoch sensitive Methode zur Erstuntersuchung bei der Verdachtsdiagnose einer tiefen Venenthrombose dar. Ein negatives Thermogramm schließt eine Thrombose aus und erspart weitere Untersuchungen. Trotzdem ist die Thermographie eine unspezifische Untersuchung, da es eine Reihe von Gründen für positive Befunde der Thermographie gibt, die eine weitere Untersuchung mit Ultraschall-Doppler oder Phlebographie notwendig machen, um eine tiefe Thrombose zu bestätigen oder endgültig auszuschließen. Die Thermographie sollte als Erstuntersuchung der Wahl bei klinischem Verdacht auf Phlebothrombose in der Schwangerschaft eingesetzt werden. Nur bei positivem Ergebnis sollte die Untersuchung mit Ultraschall-Doppler oder Phlebographie fortgesetzt werden.

Schlüsselwörter: Thermographie, Wärmebilder, tiefe Venenthrombose, nicht-invasiv, Schwangerschaft

Introduction

There is an increased incidence of deep vein thrombosis (DVT) in pregnancy due to hormonal and mechanical factors in gestation. Patients with DVT usually present with a painful,

swollen lower limb, and are at significant risk of the serious, life-threatening complication of pulmonary embolus (PE) which occurs when a fragment of thrombus becomes detached from

the DVT. PE is immediately fatal in 30% of cases [1,2], and can cause significant morbidity in survivors.

Treatment of DVT by anticoagulation can have complications, particularly haemorrhage, and in pregnancy also has risks to the developing embryo or foetus [3]. Anti-coagulation should not, therefore, be undertaken without a definite, confirmed diagnosis of DVT (or PE). Clinical diagnosis is unreliable, as DVT can be indistinguishable clinically from various other conditions, including ruptured Baker's (popliteal) cyst, muscle tears, and cellulitis, and furthermore, swollen, oedematous lower limbs are common in pregnancy, especially in the later stages. Reliable investigations are therefore required to rule in or rule out DVT in clinically suspected cases, so that treatment is only undertaken in confirmed cases, and this is of even greater importance in suspected DVT in the pregnant patient.

The "gold standard" investigation for DVT is lower limb venography, a highly sensitive and specific test which is widely available [4]. This is an invasive investigation, however, with recognised complications; it exposes the patient to ionising radiation from X-rays and this is best avoided in pregnancy because of the risk to the developing embryo or foetus.

In recent years, duplex Doppler ultrasound has gained popularity [5], replacing venography in many institutions, but it has the disadvantages of being time-consuming, operator dependent, interpretation being to some extent subjective, and exclusion of DVT confined to the calf veins can be difficult or impossible [6].

Thermal imaging was first described in the investigation of DVT in 1972 [7]. In acute DVT, the presence of propagating thrombus in the deep veins causes increased skin temperature in the affected lower limb due to the action of vaso-active amines on the capillary skin circulation [8], thermal imaging detects this increased skin temperature along with loss of the normal 3°C temperature gradient down the affected lower limb [9] (Figures 1-3). It has been shown that thermographic investigation of DVT can avoid the need for further investigation by venography or duplex Doppler ultrasound [10]. Whilst thermography is non-specific, it has the advantage of being highly sensitive (approaching

100%) [11], and is non-invasive, risk-free, does not expose the patient to ionising radiation, is not operator dependent or subjective in interpretation, and it is simple, quick and cheap to perform. Further investigation can be avoided in 37.4% of patients with suspected DVT who have a normal thermogram [12]. Follow-up of patients with suspected DVT with normal thermograms who consequently have no further investigation or treatment shows no adverse outcome in these patients [13].

The aim of this study was to prospectively assess clinically suspected DVT in pregnancy using thermal imaging as the initial investigation, and to evaluate how many of these patients could avoid further investigation by virtue of normal thermal imaging.

Methods

32 thermograms were performed in this study: 30 were performed in 29 pregnant patients (one patient presented with two separate episodes of suspected DVT 5 weeks apart). Infra-red imaging was performed using an Aga Thermovision 782 I-R thermal imaging camera in a room with an ambient temperature of 23-24°C. Before imaging was performed, the lower limbs were allowed to equilibrate at room temperature for 15 minutes by lying the patient supine with the legs completely exposed to room air, and slightly elevated at about 10°, the heels resting on a padded support, away from any extraneous sources of heat or cold such as radiators, windows, drafts etc.

Results

Thermal imaging was normal, excluding DVT, in 31 out of 32 cases (97%). The age range of these patients was 18-38 years, mean 27 years. Gestational age ranged from 8-40 weeks, mean 29 weeks. There were two additional patients with clinically suspected DVT in whom pregnancy was a possibility because of missed menstrual periods. The site of the suspected DVT was in the right lower limb in 16 cases, in the left lower limb in 13 cases, and bilateral in 3 cases.

Only one patient (33 weeks gestation) had slightly increased temperature in the calf on the symptomatic side. After discussion with the referring obstetrician who was suspicious of DVT clinically, a limited venogram was performed - this showed no evidence of DVT.

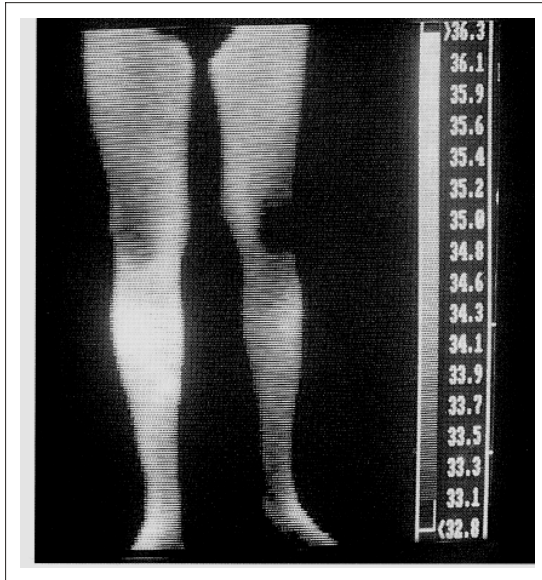


Figure 1
Anterior thermogram of a patient with a right DVT, showing increased temperature in the right lower limb below knee level, with reversal of the normal temperature gradient, and loss of symmetry compared with the normal left leg.

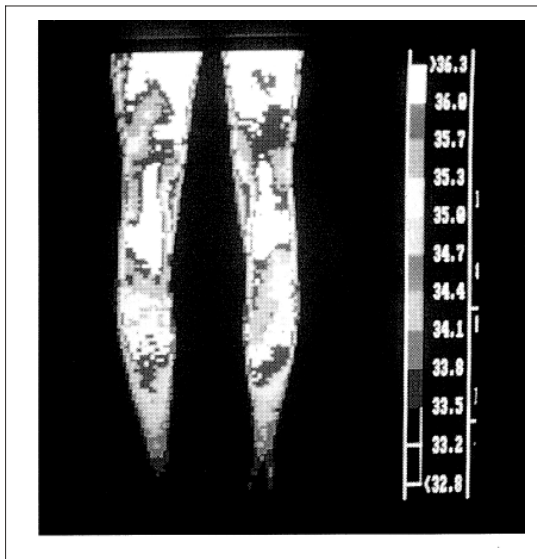


Figure 3
Normal posterior thermogram of the lower limbs showing symmetrical temperature distribution and a 3°C temperature gradient from upper thigh to lower calf.

Discussion

Thermal imaging is a useful method of initial investigation in suspected DVT in pregnancy, avoiding further investigation in 97% of pa-

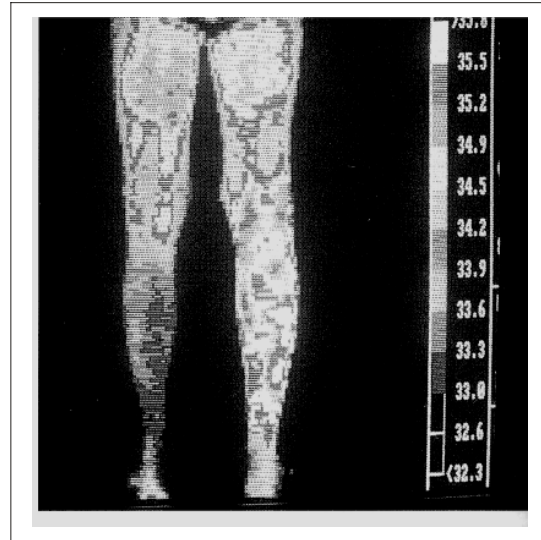


Figure 2
Posterior thermogram of the lower limbs of a patient with right DVT showing increased temperature in the right calf with loss of the normal temperature gradient and loss of symmetry compared with the normal left leg.

tients. Compared with the usual alternative investigations, it is cheap, easy to perform, and not operator dependent. Compared with venography, it is non-invasive and does not involve ionising radiation or risks of contrast allergy. Further, compared to duplex Doppler ultrasound, it is found to be quick and easy to perform. It is suggested that the ideal investigative pathway in clinically suspected DVT in the pregnant patient should be thermography first, proceeding to Doppler ultrasound only when thermography is positive, and finally proceeding to venography only after negative or equivocal duplex Doppler ultrasound

References

- 1.) Benotti JR, Ockene IS, Alpert JS, Dalen JE. The clinical profile of unresolved pulmonary embolism. *Chest* 1983;84:669-78.
- 2.) Sandler DA, Martin JF. Autopsy proven pulmonary embolism in hospital patients: are we detecting enough deep vein thrombosis? *J R Soc Med* 1989;82:203-5.
- 3.) Greaves M. Anticoagulants in pregnancy. *Pharmacol Ther* 1993;59:311-27.
- 4.) Lea Thomas M. Phlebography of the lower limb. Edinburgh: Churchill Livingstone, 1982.
- 5.) Nicolaides AN, Renton SC. Duplex scanning: the second sight of the vascular surgeon. *Eur J Vasc Surg* 1990;4:445-7.

- 6.) Mitchell DC, Grasty MS, Stebbings WSL, Nockler IB, Lewars MD, Levison RA et al. Comparison of duplex ultrasonography and venography in the diagnosis of deep venous thrombosis. *BJ Surg* 1991; **78**:611-3.
- 7.) Soulen RL, Lapayowker MS, Tyson RR, Korangy AA. Angiography, ultrasound and thermography in the study of peripheral vascular disease. *Radiology* 1972; **105**:115-9.
- 8.) Cooke ED, Pilcher MF. Deep vein thrombosis: preclinical diagnosis by thermography. *Br J Surg* 1974; **61**:971-8.
- 9.) Stevenson AJM, Moss JG, Kirkpatrick AE. Comparison of temperature profiles (Devetherm) and conventional venography in suspected lower limb thrombosis. *Clin Radiol* 1990; **42**:37-9.
- 10.) Gordon YB, Cooke ED, Bowcock SA, Ratky SM, Pilcher MF, Chard T. Non-invasive screening for venous thromboembolic disease. *Br J Haematol* 1977; **35**:505-10.
- 11.) Pochaczewsky R, Pillari G, Feldman F. Liquid crystal contact thermography of deep venous thrombosis. *AJR* 1982; **138**:717-23.
- 12.) Harding JR. Thermal imaging in investigation of deep venous thrombosis (DVT). *European Journal of Thermology* 1998; **8**:7-12.
- 13.) Harding JR, Barnes KM. Is DVT excluded by normal thermal imaging? An outcome study of 700 cases. *Proceedings of the Engineering in Medicine and Biology Society, Institute of Electrical and Electronic Engineers*. 1997:649-651.

Address of the Author

J.R.Harding

Department of Clinical Radiology,
Royal Gwent Hospital,

Newport, Gwent NP9 2UB (UK),

E-Mail:hardxray@gwent.nhs.gov.uk

(Manuscript received on 17.06.1999,
accepted in revised form 26.6.1999)

28th Annual Meeting of the American Academy of Thermology, May 28-30, 1999: Abstracts

THERMOGRAPHY IN LIBYA

Aldin Z A; A Abdulqader

College of Medical Technology, Misurata, Libya

Objective: To present the prevalence of thermography and discuss approved indications and areas of clinical research in Libya.

Design and Patient: Authors contacted the University hospitals in Libya, and three teaching hospitals with functioning infrared laboratories. These are: Tripoli, Benghazi, and Misurata Teaching Hospital.

Discussion: The infrared imaging units are used in the clinical practice as part of the diagnostic imaging department. The number of years in operation is 5, for all of the units. All of the units use non-contact infrared thermography.

The services are financed by the public health department. The infrared thermography is part of radiology examination and part of the curriculum. Technologist training is available for infrared thermography, with financial support by the government of Libya.

The approved indications is for breast cancer. Areas of active clinical research.

A. Detection, assessing severity and response to treatment in patients with rheumatic and other orthopedic diseases

B. Detection, and assessing severity and response to treatment in patients with cerebrovascular diseases.

Conclusion: The thermologists in Libya have a great intention to participate in the International College of Thermology. The thermologists are also interested in the American Board of Thermology Certification to establish standards, review protocol, and quality assurance.

BREAST THERMOGRAPHY IN LIBYA

AldinZA, A Abdulqader,

College of Medical Technology, Misurata, Libya

Objective: To review the role of Thermography as part of diagnostic imaging in breast cancer in Libya.

Design and Patient: The type of equipment used was non-contact thermography. Twenty patients

with diagnostically proven breast cancer were studied. Histopathology showed intraductal carcinoma from different stages. The thermography data was compared with mammography data and correlated with histopathology. (Table below)

No. of patient	Stage	Thermo-graphy	Mammo-graphy
6	T1 (size ≤ 2cm)	Positive: 1 (16.7%)	Positive: 5 (83.3%)
		Negative: 5 (83.3%)	Negative: 1 (16.7%)
6	T2 (2-5 cm)	Positive: 4 (66.7%)	Positive: 5 (83.3%)
		Negative: 2 (33.3%)	Negative: 1 (1 (16.7%)
8	T3 (> 5cm)	Positive: 5 (83.3%)	Positive: 6 (100%)
		Negative: 5 (16.7%)	Negative: 0 (0%)
Overall sensitivity for thermography is 55 %			
Overall sensitivity for mammography is 86%			

Discussion: Static imaging in breast thermography appears to have a limited value. Dynamic testing methodology incorporates the effects of neuropeptides, and their role in vasomotion and thermoregulation. This may provide additional avenues to improve the sensitivity and offer thermography more clinical application.

Conclusion: The role of the International College of Thermography in disseminating information pertaining to dynamic testing methodology in breast cancer, can be helpful for thermographers in different parts of the world. Internationally accepted protocol can also be of help in improving the diagnostic capabilities of this methodology.

DETECTION OF BREAST CANCER USING DYNAMIC AREA TELETHERMOMETRY(DAT)

M. Anbar, C.A. Brown, L. Milesco,

SUNY, Buffalo, New York

We have started a research program aimed at testing the use of DAT in reducing the number of un-

needed breast biopsies that follow positive X-ray mammograms. The predictive value X-ray mammography, which is based on the detection of micro-calcification, is generally <30%. This means that breast biopsies performed subsequent to a positive X-ray mammogram find cancer less than 30% of the time. The DAT test is based on the assumption that dynamic infrared imaging of cancerous breasts will exhibit characteristic areas of low temperature modulation in the frequency region <0.8 Hz. This effect is caused by extravascular nitric oxide (NO) generated by cancerous cells. This assumption has been tested when the DAT test results were compared with histopathological findings. Using a QWIP FPA camera in the 8 to 9 micrometer range, our protocol involves the collection of 2048 sequential infrared images at an acquisition rate of one hundred 256 x 256 frames per second. To optimize the sensitivity of the DAT test, we take a medial, frontal, and lateral view of each breast. The next step has been to develop quantitative, objective criteria to differentiate between cancerous and non-cancerous breasts. These criteria were selected based on the above mentioned hypothesis. To achieve maximal diagnostic differentiation we selected a set of discrete fast Fourier transformation (FFT) frequencies, the amplitudes of which were averaged for each spot on the image. Our goal is to make infrared dynamic imaging free of human error that is typical of practically any clinical imaging technique. Meeting this generic goal might be as valuable a contribution to infrared dynamic imaging as demonstrating its usefulness in the management of breast cancer.

CURRENT AND FUTURE TECHNOLOGY ADVANCES IN UNCOOLED IR IMAGING

N.A. Diakides, M. Diakides, R.S. Balcerak*

Advanced Concepts Analysis, Inc., Falls Church, VA

* Defense Advanced Research Projects Agency, Arlington, VA

In the past three years, there has been accelerated progress in the uncooled infrared technology. Higher performance detector materials, focal plane arrays, electronic integration, and enhanced signal processing are being investigated to their full extent. In fact, uncooled IR sensors are likely to replace the more costly higher performance cooled sensors in certain applications. For example, it is expected that more than 75% of the medical applications can be performed by uncooled sensors. Most importantly, the unique characteristics of the uncooled sensors spur innovative uses of this technology. Very small, light weight and lower power IR cameras are possible with the uncooled technology. Thermal sensitivity of 30 mK can be achieved and, with optimization, can reach 10 mK. Effort is underway to produce 640 X 480 high density arrays. As a result of the above technology enhancements, uncooled systems are entering a new phase of development both in military and commercial areas. High density arrays with smaller pixels, increased

electronic functions, and low power microsensors are the new directions. This paper reviews the above advancements and describes the innovative technical approaches implemented in order to achieve these new horizons.

MEDICAL INFRARED IMAGING IN THE TWENTY-FIRST CENTURY

R.L. Elliott; J.F. Head

The Mastology Institute of The Elliott Mastology Center, Baton Rouge, LA

Medical infrared imaging, commonly called thermography, has been used for detection, diagnosis, and therapy monitoring in a variety of diseases, disorders, and trauma. However, general acceptance of infrared technology in medicine has been lagged, despite wide use in neuromuscular, neurovascular, and pain disorders. In fact its use has almost disappeared from oncological application. Today infrared imaging in medicine is undergoing a Renaissance due to the vast improvements in the technology that have been achieved because of the demand for improved infrared cameras for military applications, from individual units for armed forces night vision to night sights for tank and aircraft. Innovations arising out of the demands for military infrared cameras has led to the development of uncooled far infrared cameras that are portable focal plane staring arrays with sensitivities less than 50 Kelvin and digital output that allows image analysis to be easily achieved to produce objective image interpretation, as opposed to the subjective visual evaluations that have been the standard to date. Presently, we are working on a variety of projects that will improve old and create new applications for infrared imaging in medicine. One project is to develop a helmet mounted infrared camera with close focus (18 inches) which will allow the medic to evaluate and treat wounded soldiers on the battlefield in the dark, and this will also allow anyone to work with their hands in the dark. Our second project is the reassessment of breast infrared imaging for screening for risk assessment (predicting if a patient is at high risk of getting breast cancer), for determination of prognosis and to predict or follow treatment responses. Our third project is attempting to stage burns (2nd vs. 3rd degree) at presentation in order to better define the patients who will need a skin graft, this would eliminate the 5 to 7 day wait often needed to decide whether a burn is a deep 2nd degree, which will heal on its own, or a true third degree that will require skin grafting.

EXTRACRANIAL MICROCIRCULATION IM- AGING DURING BIOFEEDBACK TREATMENT

S.Govindan

Neurodiagnostics, Wheeling, West Virginia

Objective: To present methodology to image extracranial microcirculation under the regional control of the ophthalmic division of the trigeminovascular system, using dynamic facial thermography to

monitor the effects of feedback training on cranial vasomotor state.

Design and Participants: A Committee for the Protection of Human Subjects approved protocol to monitor the extracranial microcirculation with dynamic facial thermography has been published (1). Baseline pre-treatment facial thermograms will provide location of cold patch(2), i.e., the most sensitive area of reference for monitoring extracranial vasomotion. Patients with Migraine can be studied pre and post biofeedback treatment.

Discussion: During cephalic vasomotor feedback, responses can be monitored by thermistors and photoplethysmography from branch of temporal artery (3,4) Dynamic microcirculation imaging with infrared technology allows the monitoring of cranial temperature changes in realtime during biofeedback skin temperature control. The calibration for low sensitivity feedback is 1.6°C and for high sensitivity it is 0.4°C(5).

In animal models, operant conditioning of the trigeminal nuclear evoked potentials has been reported(6). Trigemino-vascular system participates in migraine pathophysiology and is involved in the release of neuropeptides, e.g., CGRP, in the extracranial circulation (7).

Conclusion: Infrared methodology presented allows us to monitor in real time biofeedback induced neuropeptide related changes in cranial microcirculation under the control of the trigemino-vascular system. This will allow us to better understand the vasomotor mechanisms involved and improve outcome during feedback training.

References

- 1.) Govindan S.. *Extracranial Perfusion Imaging. Thermologie Österreich* 1995; 5/3: 109-10.
- 2.) Govindan S. *Thermology During Induced Hyperoxia. Thermology.* 1987;2:587-9.
- 3.) Fudge R., Adams. H.E. *The Effects of Discrimination Training on Voluntary Control of Cephalic Vasomotor Activity. Psychophysiology.* 1985; 22/ 3., 300-6.
- 4.) Gauthier J. et al. *Evaluation of Skin Temperature Biofeedback Training at Two Different Sites for Migraine. J Behavioral Medicine* 1981; 4/4: 407-19.
- 5.) Faulstich M. E.; Williamson D. A.; Jarrell M. P.. *Differential Effects of Feedback Sensitivity upon Learned Control of Skin Temperature. Intern. J. Neuroscience,* 1984, 25: 19-23.
- 6.) Heinricher M.M., Rosenfeld, J.P. Dowman. R. *Operant Conditioning of Trigeminal Nuclear Evoked Potentials. Brain Research Bulletin,* 1981. 7: 353-8,
- 7.) Goadsby P.J., Edvinsson, L., Ekman R.. *Release of Vaso-active Peptides in the Extracerebral Circulation of Humans and the Cat During Activation of Trigemino-vascular System. Ann Neurology,* 1988, 23:

IMAGING THE EFFECT OF ESTROGEN ON CRANIAL MICROCIRCULATION

S.Govindan

Ohio Valley Medical Center, Wheeling, West Virginia.

To demonstrate that infrared technology can image the effect of estrogen on hyperoxia-induced changes in extracranial vasoreactivity.

Design and Patient: The protocol approved by the committee for the protection of human subjects (1) was used to image neuropeptide related, estrogen responsive extracranial vasomotion. The non-thermal vasomotor stress used was 100% oxygen inhalation for 5 minutes at normobaric pressure, in a temperature and humidity controlled laboratory. A 60 year-old post-menopausal woman had pre and post estrogen patch (Estraderm Estradiol Transdermal System/CIBA) imaging of the area under the regional control of the ophthalmic division of the trigemino-vascular system using dynamic facial thermography..

Results: The normal response to induced hyperoxia is vasoconstriction(2). Prior to estrogen patch, induced hyperoxia caused vasodilation in the extracranial microcirculation, ie; a paradoxical vasomotor reactivity. After estrogen patch the vasomotion was normalised.

Discussion: Noninvasive imaging of extracranial microcirculation provides the capability to monitor changes in vasomotion in the regional area under the control of the ophthalmic division of the trigemino-vascular. Paradoxical response noted could be due to:

- 1) alteration in vasoreactivity due to estrogen withdrawal (3),
- 2) oversecretion of CGRP associated with lack of estrogen (4),
- 3) oxygen radical mediated vasodilation (5), or
- 4) AVA'S (6). Stabilization of vasomotion seen after estrogen patch may be due to non-genomic and genomic effects of estrogen on neural activity (7,8), or due to effect of estrogen on vascular function (9).

Conclusion: The protective effect of Estrogen on extra cranial microcirculation under the control of the trigemino-vascular system can be imaged with infrared technology. This has applications for migraine and post-menopausal syndrome.

References

- 1) Govindan S. *To Image the Effect of Drug on Trigemino-vascular system. Eur J Thermol* 1998; 8/3: 114-6.
- 2) Swerdlow B, Dieter JN. *The thermographically Observed effects of Hyperoxia on Vascular Headache patients and Non-Headache Individuals. Headache* 1987; 27/10: 533-9, .
- 3) J. Futo, Shay J.; Block S. et al *Estrogen and progesterone increases cerebral vasoreactivity to serotonin in rabbit basilar artery. Life sciences,* 1992; 50: 1165-72.
- 4) Chen J-T, Hirai Y, Seimiya e Y et al. *Menopausal flushes and Calcitonin-gene-related peptide. The Lancet,* 1993; 342, 49.
- 5) Kontos HA, Wei EB; Pavlichok JT et al. *Oxygen Radicals Mediate The Cerebral Arteriolar Dilation From Arachidonate and Bradykinin . in Cats. Circulation Research.* 1984; 55/3: 295-303.
- 6) Sperlings, ELH Saxana. PR. *Pharmacology of Ateriovenous Anatomoses,* Advances in Neurology, 1982; 33: 291-4.

7) McEwen BS. Non-genomic and genomic effects of steroids on neural activity. *TIPS*-April 1991; 12: 141-7.

8) Zhou Y., Watters JJ; Dorsa D M: Estrogen rapidly induces the phosphorylation of the cAMP response element binding protein in rat brain. *Endocrinology* 1996; 137/5: 2163-6..

9) Palmon SC, Williams MJ, Littleton-Kearney M et al. Estrogen Increases cGMP in Selected Brain Regions and in Cerebral Microvessels. *Journal of Cerebral Blood Flow and Metabolism*. 1998; 18:1248-52..

PROTOCOL FOR MICROCIRCULATION IMAGING IN NEUROSURGICAL INTENSIVE CARE UNITS

S. Govindan; A. Elrifai *

Medical Park, Wheeling, West Virginia

* Allegheny General Hospital, Pittsburgh, Pennsylvania

Objective: To present a microcirculation imaging methodology for neurosurgical ICU monitoring.

Methodology: The Committee for the Protection of Human Subjects approved protocol for imaging microcirculation under the regional control of the ophthalmic division of the Trigemino-vascular system has been published (1). The methodology using infrared imaging can monitor neuropeptide sensitive vasomotion, ie., vasodilation, vasoconstriction, and CPAP sensitive vasomotor response.

Discussion: The present monitoring methods in neurosurgical ICU does not provide the capability to image neuropeptide sensitive dynamic changes in extracranial microcirculation. Thermography images extracranial microcirculation under the regional control of the ophthalmic division of the Trigemino-vascular system. Perivascular sensory fibers of trigeminal origin are involved in the pathophysiology of cerebral vasomotor dysfunction (3). Release of vasoactive neuropeptides from perivascular sensory fibers via axon reflex-like mechanisms has significant bearing on altered neuro-effector mechanisms (4). The Trigemino-vascular reflex is considered to be part of a defense reaction which is activated to counterbalance unwanted cerebrovascular constriction with an enhanced release of the potent vasodilator CGRP. CGRP has a functional role in cerebrovascular regulation. The peptides stored in the Trigemino-vascular system are released during vasospasm after a subarachnoid hemorrhage and in the headache phase of migraine attacks. Studies in subarachnoid hemorrhage reveal that an enhanced release of CGRP resulted in the selective loss of perivascular CGRP. CGRP is released to counterbalance vasoconstriction. Infusion of human alpha CGRP may normalize cerebro-vascular tone in SAH. Endothelium 1 and CGRP have been implicated as a mediator of altered cerebral perfusion states requiring neurosurgical ICU monitoring. Changes in vasomotion can be due to neuro-peptides, oxygen radicals, potassium channels, AVA's, or reduced endothelial vasodilatory function due to lower NOS activity.

Conclusion: Imaging neuropeptide sensitive extracranial vasomotion can be helpful in neurosurgical ICU for monitoring effect of treatment on micro-circulation under the regional control of the ophthalmic division of the Trigemino-vascular system.

References

1.) Govindan S., Elrifai A: *Thermography Criteria for Extracranial CBF Measurement*. *Eur J Thermol* 1997; 7/3:157-8..

2.) Wirth, F.P; Ratcheson R.A; *Concepts in Neurosurgery Vol 1 Congress of Neurological Surgeons*, Williams & Wilkins, Baltimore, 1987.

3.) Edvinsson, L., Uddman R., Juul. R. *Peptidergic Innervation of the cerebral Circulation. Role in Subarachnoid Hemorrhage in Man*. *Neurosurg Rev* 1991; 3: 265-72, .

4.) Macfarlane R, Moskowitz M.A, Salas D.E, et al. *The Role of Neuroeffector Mechanisms in Cerebral Hyperperfusion Syndromes*. *J Neurosurg* 1991; 75: 845-55, .

5.) Govindan S.; A. Elrifai: *Extracranial CBF Monitoring in Subarachnoid Hemorrhage*. *Eur J Thermol* 1998; 8/3:112-4. .

MONITORING POSTMORTEM COOLING OF THE HUMAN HEAD

Srini Govindan, Lone Thanning *

Medical Park, Wheeling, West Virginia

*Chair, American Board of Forensic Medicine, Oyster Bay, New York

Objective: To review literature regarding non-invasive method for post-mortem temperature measurements.

Materials and Methods: Between 1976 and 1994, thermometric probes, infrared technology and microwave thermography system were used in forensic medicine for estimation of the postmortem interval and the time of death.

Discussion: Simultaneous measurements of central and peripheral brain regions and the liver, using thermometric probes, indicate the central regions of the brain show the smallest variance. The central and peripheral regions of the brain show an increase in difference of temperatures amounting to 2-4, 6°C in the time period between 78-128th minute. The density of the hair seem to have an effect on the variables measured which influence the temperature decrease. Khallaf and Williams did a detailed temperature map of the head and face by the use of image processing techniques and studied the cooling behavior of 12 preselected facial features. Their study indicates a difference in cooling pattern between the upper and the lower part of the head and a consistency in the cooling pattern of the lower part of the head in all cases. In their study, the features with least error in data fitting are the chin and the zygoma and the one with most error is the mouth. The microwave thermography system, reported by al-Alousi et al., provides the advantage of estimating the time after death in it's ability to measure internal body temperatures by a non-invasive method. The methodology measures temperatures

of internal organs of the body by placing the sensory elements on the skin.

Conclusion: Infrared imaging in post-mortem cooling of the head should be re-assessed with our recent knowledge of neuropeptides and the trigemino-vascular system.

References:

- 1.) Brinkman, B., May, D., et al. *Z Rechtsmed* 197678(1): 69-82.
- 2.) Khallaf, A., Williams, R.W. *J Forensic Sci Soc* 1991; 31(1): 7-19.
- 3.) al-Alousi, L.M., Anderson, R.A., et al. *Forensic Sci Int* 1994; 64(1): 35-46.
- 4.) Govindan, S. *Biomedical Thermology* 1997; 17 (1): 32

RENAISSANCE OF BREAST THERMOGRAPHY

P. Hoekstra, III

Therma-Scan, Inc., Michigan, United States

The very first medical application of thermography was breast disease. It was introduced to the medical profession in the early 1960's with only limited experience and at an empirical level of development by small high-technology firms without experience or contracts in the sale of medical equipment. As an imaging technique, it's application was seeded to radiology. The reception of this physiologic-based imagery was essentially forced on a speciality oriented into anatomic-based imagery by lucrative government contracts in the "war on cancer". While never distinctly reported, rumors of unacceptable false-positive results from a fundamentally flawed study have hampered the application of thermography into breast disease in the United States for more than twenty years.

A few dedicated physicians and scientists were undaunted and developed the basic science and methodology of thermography into a proper science, now termed thermology. The advent of focal-plane radiometric thermographs and their interface to modern digital computers with sophisticated image-processing software has enabled the practical application of objective and quantitative analysis of thermal imagery in medicine. Recent studies have demonstrated the maturity of breast thermography at a time when the incidence of breast cancer has increased at a geometric rate and current paradigm of self-examination, clinical breast examination, mammography, and biopsy is failing to provide early detection or change related mortality.

any other developed countries have broadly applied thermology as a tool in screening for breast disease and have demonstrated real benefits. Currently, the United States has the highest incidence of breast cancer in the world and there is every reason to believe that thermography would achieve earlier detection with superior sensitivity, especially for the increased risk group of younger women.

THE ROLE OF INFRARED IMAGING (ITI) IN THE DIAGNOSIS AND MANAGEMENT OF HEADACHES WITH SPECIAL REFERENCE TO TRIGEMINOVASCULAR SYSTEM: A META-ANALYSIS

H. Hooshmand, E. M. Phillips *

Neurological Associates Pain Management Center,
Vero Beach, Florida

* New England CRPS Research Center, Lakeville, Massachusetts

The term migraine has been used as a wastebasket for traumatic, hereditary vascular, and neuro-vascular dysfunction in the distribution of trigemino-vascular system (TVS). Stricker (1876) demonstrated vasodilation at cut nerve endings. Bruce (1910) discovered neuroinflammation in injured sensory nerves. Any topical or referred neuro-vascular stimulation of TVS can result in headache with dynamic neurovascular fluctuation. The CBF and ITI measurements are sensitive but reflect temporally fluctuating results in migraine headaches. The meta-analysis of migraine headaches shows no ITI diagnostic value. In contrast, the cervicogenic vascular headaches show consistent thermal changes in occipital nerves, and in C-2 and C-4 nerve roots. The cryogenic, radiofrequency, and rhizotomy procedures invariably result in damaged nerve endings with secondary hyperthermia and more severe headaches post-op. A rare form of headache in late stage CRPS accompanied by sympathetic failure, bilateral Horner's syndrome, neuroinflammation, and increased intra-cranial pressure in 5 patients will be presented.

THE ROLE OF NEURO-INFLAMMATION IN THERMAL REGULATION

H. Hooshmand, E. M. Phillips*

Neurological Associates Pain Management Center,
Vero Beach, Florida

* New England CRPS Research Center, Lakeville, Massachusetts

The sympathetic nervous system (SNS) modulates thermal regulation; control of vital signs; and control of the immune system. Any stressor stimulates the immune system to cause inflammation, neurodermatitis, edema, skin eruptions, stimulation of T-cell lymphocytes and immunoglobulin up-regulation. In CRPS, the inflammation is mistaken for carpal tunnel, tarsal tunnel, TOS, arthritis, and rotator cuff syndrome. The unnecessary surgical treatments severely aggravate the neuroinflammation. Neuropathic nerve injury causes vasoconstriction distally, and vasodilation in the corresponding paravertebral nerve regions due to the transmission and accumulation of SP, NO, etc to the spinal cord. ITI identifies the hyperthermic paravertebral accumulation of irritative neurokinins causing headache, dizziness, neck and back pain. Epidural and paravertebral nerve blocks and I.V. mannitol relieve the edema, pain and entrapment neuropathies sparing the patient from trauma of surgery.

NEW ADVANCES IN SOFTWARE FOR MEDICAL THERMOGRAPHY & THERMOGRAPHY

Ben Lamfers

EIC, Inc

A distinction must be made at the outset of this presentation that all of the features of this software called ThermoSoft II is new because it is a **COMMERCIALLY AVAILABLE SOFTWARE OFFERING** without customization in distinction from software that may have some of the same features but has been offered as customized software. The software is 32 bit graphic based with a **TRUE COLOR** presentation. It is also distinctive in the number and flexibility of the analysis tools available. This software is capable of performing detailed image analysis in **REALTIME** at 33 frames per second. The 12 bit parallel output of a thermal camera is used to construct a 256 pixel x 256 pixel thermal image in computer memory pixel by pixel row by row by using a parallel data capture board. Calibration constants are received directly from the camera in real time so that thermal analysis is done with a routine useful accuracy greater than .1 degree centigrade in real time. The IRRIS 256 focal plane camera on which major software development work has been done has a dual filter at 3.6 to 4.1 mm and upper band of 4.4 to 4.9 mm and 0.6 mrad resolution. Since the software is capable of real time analysis using 8 bit RS 170 outputs in conjunction with a Frame Grabber flexibility in thermal cameras is accomplished. Thermal image analysis is done with **POINT, SPOT, LINE, RECTANGLE, SHAPE, and CIRCLE/ELIPSE**, temperature extraction tools, and Palettes, Isotherms, Annotations, Emissivity Corrections, Temperature Corrections and Color Bar Tool. Of great interest is the **SET TEMPERATURE TOOL BAR** that sets a displayed range of temperature values. The software has a Real Time Graphing Module, an Event Manager, Image Editor of Post Image analysis, Template Editor, and Report Editor with linking of image data and temperature data. A live demonstration will then be done with the software to capture a series of images from a IRRIS 256 thermal camera imaging a hand under heat stress. Image capture will be initiated by a remote control, at a rate, duration, and number controlled by the Event Manager. This series of images will be analyzed and displayed image by image as a replay of that event demonstrating the human autonomic regulatory system using the Replay Tool.

THERMOGRAPHY IN PHYSICAL MEDICINE AND REHABILITATION PRACTICE

M. Mehta

Jersey City, New Jersey

Heat loss of the skin surface is regulated by sudomotor activity and dermal microcirculation. Hyper-

thermia in the skin may result after a direct injury or an inflammatory reaction occurring in the deeper areas of the body or extremity. This hyperthermia is easily detected by Thermography. Any trauma to the sudomotor activity and the skin microcirculation could be detected by changes in skin temperature and hence by Thermography. Trauma to the autonomic nervous system damages the sudomotor activity and the skin microcirculation. As in reflex sympathetic dystrophy and in causalgia, there may be sympathetic vasoconstriction manifested as hypothermia or a rebound hyperthermia secondary to vasodilation of the skin capillaries which are in turn influenced by peripheral nerve irritation. These (hyperthermia and hypothermia) can be detected by Thermographic Imaging. Irritating stimuli are carried by peripheral afferent nerves or dorsal spinal roots to the dorsal root ganglia. Antidromic stimuli to the peripheral nerves cause dilatation of the small skin vessels in the nerve fiber dermatome. However, somatosympathetic reflex vasoconstriction may subsequently occur. Therefore, zones of hypothermia may be visualized in the corresponding extensive dermatome of a particular spinal root or peripheral nerves in the spine. Ipsilateral changes in the lumbosacral myotomes or the cervicothoracic myotomes or extremity dermatomes may occur. Local inflammatory reactions involving musculo tenderness areas may result in hyperthermic zones. Thermography is the only imaging modality that can evaluate physiological changes associated with pain, especially in old injuries. It could help contribute to diagnostic accuracy and patient credibility by demonstrating thermal alterations. Thermography, specifically when used in conjunction with electromyography, has helped delineate and confirm radicular pain in particular and has helped give objectivity to the symptom of pain. The pictorial evidence of the heat distribution in areas of pain and the clinical presentation, especially in radiculopathy, also would help give insurance companies a verifiable data to objectify the pain. Conflicts over whether a worker is injured and should be awarded disability benefits could be settled with the help of thermography. It could also be used to evaluate the healing process of an injury so that the employer isn't paying for something he shouldn't be paying for. I have particularly used Thermography in conjunction with electromyography to evaluate the radicular pattern of pain successfully and I believe that it could also help in evaluating chronic pain, failed-back syndrome, as well as reflex sympathetic dystrophy. Physical Medicine and Rehabilitation encompasses the evaluation and treatment of neuro-musculo-skeletal disorders and injuries. A physiatrist, in particular, comes across patients with neuro-musculo-skeletal disorders and injuries. Pain, in particular, is an accompaniment of these injuries and disorders which a physiatrist frequently encounters. Patients need to be evaluated and treated for the same. Pain, being a subjective phenomenon,

is difficult to interpret and understand and it is imperative that the cause of the pain be ascertained by measures like electromyography and thermography. It is my opinion that a standardized protocol and practice parameters in the field of Thermography would be extremely important in physical medicine and rehabilitation and also in the field of forensic and disability medicine.

THERMOGRAPHIC EVIDENCE OF VASODILATING EFFECTS OF TOPICALLY APPLIED TAURINE

TA Miyamoto, *Y Aramaki

Research Dept., Kokura Memorial Hospital, Kitakyushu City, Japan

* Functional Tests Laboratory, Kokura Memorial Hospital, Kitakyushu City, Japan

Objective: Vasodilating effects of systemically administered taurine were observed in the course of animal experimental work. Vasodilating effects of topically applied taurine to the toes skin were investigated.

Methods: After obtaining baseline thermograms of both feet, taurine solution was applied to one side and tepid water to the contralateral; bilateral thermograms were obtained every 5 min for 30 min. Both feet were immersed in iced water (5EC) for 5 sec; baseline thermograms after the cold challenge were obtained following gentle bloating; taurine solution was applied to one side and tepid water to the contralateral; the temperature recovery was documented every 5 min for 30 min. A total of 6 determinations by alternating sides weekly were obtained.

Results: Significant toes average temperature increase (0.95°C) of the taurine applied side over baseline, and greater % recovery (88.6% Vs 67.95%) after iced water challenge compared to the contralateral side were observed 15 to 20 minutes after taurine solution application.

Conclusion: Topically applied taurine may have therapeutic implications in the management of cutaneous manifestations of some neurovascular disorders.

THERMOGRAPHY IN THERMOPHYSIOLOGICAL COMFORT ANALYSIS IN THE BUCHAREST SUBWAY

¹G. Rodan, ²N. Leonachescu, ²P. Rodan, ³I. Capanu, ³E. Necula

¹ National Aerospace Research Institute, Bucharest, Romania

²Technical University, Bucharest, Romania

³Institute for Aeronautical Medicine, Bucharest, Romania

Objective: The subway is one of the most efficient ways of solving an intense traffic in most of the big cities in the world. The Bucharest subway was designed in 1977-1978 and the traffic began in 1979.

From the point of view of microclimate, the subway is an open system which changes with the surroundings enormous amounts of energy and matter. The effect on the microclimate of those parameters was practically unknown due to the lack of means of monitoring and of operative interpretation of the specific parameters which define the quality of comfort in the typical spaces in the subway (technological and/or not technological spaces with large, medium, or small volume).

By establishing the internal conditions for the microclimate and for the insurance of the thermal comfort conditions we have to consider the climate of each facility as a complex function of each parameters to decide if we speak about comfort or discomfort from the thermophysiological point of view.

The parameters which have to be monitored, controlled, and/or even regulated, to establish a normal comfort in the subway facilities (waiting areas, rooms for the technical staff, the galleries) are: internal atmosphere temperature and relative humidity, external atmosphere temperature and relative humidity, airspeed in populated areas, temperature of internal radiation surfaces, static pressure variation, solid and liquid suspension concentration, chemical composition of internal atmosphere, nuclear product concentration, noise level, light. The combinations of the first 3-4 parameters may define the state of thermal or thermophysiological comfort.

Measurements: In our program of measurements, we followed a minimum of parameters defining the thermal comfort: combined measurements of internal atmosphere temperature and humidity, thermographical measurements of walls, floors and ceilings in waiting areas and of galleries.

Results: Using the results of the above measurements we computed the thermal indexes qualifying the thermophysiological comfort (based on different algorithms in literature).

We noticed that these index numbers corresponding to the populated areas in the Bucharest subway are at the higher limits of permitted values.

CURRENT THEORETICAL CONCEPTS IN MONITORING ELECTRIC SYMPATHETIC BLOCK WITH THERMOGRAPHY

R.G. Schwartz,

Piedmont Physical Medicine & Rehabilitation, Greenville, South Carolina

The use of electricity for the treatment of pain has become increasingly popular as more potent, clinically usable devices are available. The basic medical and physical sciences required to use electricity for transdermally obtained sympathetic neuron blockade in patients with complex regional pain syndromes have been published (1). Alternating currents (a.c) used are as follows: physical therapy devices utilized an a.c. of 1- 4000 Hz and intensities

of 1-20 mA. Medical literature refers to (a.c.) of 1000-100000 Hz as middle frequency currents. Electroceutical devices utilize frequencies in the 20 kHz range. At these higher frequencies, both current perception thresholds (the intensity of current required for perception) and let-go thresholds (the amount of current tolerated before letting go) are increased. As a result, it is possible to employ intensities up to 115 mA and 50 V.

Literature provides information on the effects of middle frequency a.c. upon cell membranes and voltage dependent gates and accepted research for different nerve fiber types and pathology are now available. Clinical trial utilizing these parameters to achieve electric sympathetic block over a 1 week series produced pain relief of at least 75% and vasodilation of the microcirculation documented with infrared imaging, which was greater on the ipsilateral side than the contralateral side in 60%. Clinical cases documenting this will be presented. The American Academy of Thermology's input and guidelines in regard to infrared imaging of electroceutical medical procedures would have beneficial effects in developing quality assurance guidelines.

References:

1. Schwartz, R.G., *Electric sympathetic block: current theoretical concepts and clinical results. Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation* 10: 31-46, 1998.

COMBINED DIAGNOSTIC IMAGING IN EQUINE VETERINARY MEDICINE

J.R.Snyder. J.K.Waldsmith

Department of Equine Medicine & Surgery, College of Veterinary Medicine, U.C. Davis, Davis, Ca.
Equine Center, San Luis Obispo, Ca.

This paper will present the use of thermal imaging as a sentinel diagnostic tool in identifying neuromuscular and orthopedic disorders in equine athletes. Comparative nuclear scintigraphic images of

all disorders identified will also be presented. This study of clinical cases demonstrates the effectiveness of portable thermal imaging in lesion localization as confirmed by both pool and bone phase nuclear scintigraphy.

Horses presented for evaluation of diminished performance or lameness at the authors' clinical practices were used in the study. After performing a basic lameness exam, all received a complete thermographic evaluation. Thermal asymmetries were noted and further examination efforts using regional anesthesia and anatomic imaging modalities were performed. In cases in which a definitive diagnosis, which explained all of the patients symptoms could not be obtained, a complete scintigraphic study using Tc99m-MDP, was performed. A comparison was made between all lesions localized by scintigraphy and the same patient's thermal images.

Results of this study show a positive correlation between both imaging modalities in localizing both soft tissue and orthopedic lesions. In the extremities and in other locations where the skeleton is just below the skin surface a high correlation was seen between bone phase scintigraphy and thermography. In the upper body and trunk the correlation was highest between thermography and soft tissue or pool phase scintigraphy.

In conclusion, the veterinary patient does not offer the practitioner the benefit of speech to describe and localize the lesion causing pain and discomfort. This pain and discomfort may occur as a result of tissue stress that has yet to manifest itself as anatomic disruption, therefore appearing normal to the anatomic imaging device. Nuclear scintigraphy has been the physiologic imaging modality of choice in localizing these and other lesions in veterinary medicine. This study demonstrates the successful use of another more portable and noninvasive physiologic imaging modality, thermography, in identifying lesion location in certain equine patients.

News in Thermology

Business meeting of the EAT Committee

After the 12th Thermological Symposium of the Austrian Society of Thermology, members of the EAT-Committee discussed future aspects of thermology in Europe. Chaired by the EAT-President Prof. Francis Ring, Dr. K. Ammer and Dr. H. Mayr from Austria, Dr. J. Harding from U.K., Prof. Dr. Tauchmanova from Slovakia, Dr. Wiecek from Poland and Dr. G. Dalla Volta from Italy participated in this meeting.

The delegates reported the actual position of thermology in their own country. K. Ammer presented the financial situation and the status of national societies as members in the EAT. The importance of increasing the circulation of the journal "Thermology international" was emphasized.

Prof. F. Ring reported a possible merger of the Thermology Society of Great Britain with the U.K. Thermography Association, which represents industrial and other non medical users of thermal imaging in U.K. This new society has already planned a combined conference in Bath, covering topics in the technical and medical field of thermal imaging. The merged U.K. Thermology Society might also be interested to use "Thermology international" as official organ for publication. This could further strengthen the position of the journal as the key- publication in this field.

Main topic of the meeting was the preparation for the upcoming 8th European Congress of Thermology. Dr. G. Dalla Volta offered to organize this meeting in the North of Italy, propably in the region of Lake Garda. This was agreed. Dr. Dalla Volta suggested early September as the date for this meeting and promised to inform the General Secretary of the EAT as soon as possible on the progress of this project.

A World of Thermography

is the theme of an International Thermography Association Conference in Association with the UK Thermography Association, held on 9th - 11th March 2000 at The Guildhall, Bath, England.

This is located in Bath to commemorate 200 years of infrared radiation discovery by William Herschel in 1800.

Approximately 30 papers will be presented in ten technical sessions. **Topics** include: Aerospace; NDT and NDE; Astronomy; Plant Condition Monitoring; Building Fabric; Process Monitoring; Electrical; Remote Sensing; Electronics; Security; Medical; Veterinary.

The conference will end on the Saturday evening with a special Annual Lerschel Lecture on "Infrared Imaging in Space", by a leading international scientist.

"If you would like to present a paper or display a poster or exhibit products please contact the organisers NOW so that we can fit you in to this action-packed conference programme".

Cost and Booking

One of our objectives is to keep basic cost of the conference low. The cost is £250 for members, £300 non-members. The evening activities may have additional costs. Late bookings, after 8th February 2000, £50 extra.

Accommodation is not included in this price. A range of hotels from 1 to 5 star rating is available in the City of Bath, many within 5 minutes walk of the conference venue, a historic building in the centre of the city. As this is a busy time of the year for Bath the hotels cannot hold a block booking of rooms beyond 8th February 2000. Anybody booking after that date may not be able to get their first choice of hotel.

For further information contact
Colin Pearson, UKTA Secretary,
c/o The Building Services Research and
Information Association, Old Bracknell Lane
West, Bracknell, Berkshire, England RG12 7AH
tel +44 1344 42651 1, fax +44 1344 487575,
e-mail ukta@bsria.co.uk or see the
conference web page
<http://members.tripod.com/ukta/Conf2000.htm>

THERMO2000 - 20th Annual Meeting of the German Society of Thermology

At Celle Germany; August 3-5th, 2000

Scientific Congress And Exhibition With In-
ternational Participation:

European Association of Thermology

American Academy of Thermology

Asian Pacific Federation of Thermology

Japanese Society of Thermology

Pre-Resevation before October 1999

Conference Chairman:

Joachim-Michael Engel, M.D., President
German Society of Thermology

Progress in thermography and image process-
ing now allow clinicians and researchers to
carry out reproducible and detailed measure-
ments and analyses of body temperature. Af-
ter two decades of silent, but continous re-
search time has come to present - parallel to
EXPO2000 world exhibition in Hannover -the
whole range of thermology in medicine and
biology to the public at an international con-
gress and exhibition in Celle, Germany: infra-
red thermography, thermophysiology, thermo-
therapy, cryotherapy, hyperthermia, human
medicine, industrial medicine, veterinary medi-
cine, climatisation of human environment.

In men - as for all homiothermal beings - body
temperature is well regulated by a system of
neural, humoral and vascular factors. Many
diseases present changes in global or local
temperature regulation. About one third of

human thermophysiology is related to the skin
surface, where body heat (as "physical waste")
must be lost, well regulated by skin blood
flow.

Thus, many neural or vascular diseases will
cause changes in skin surface temperatures,
easily detected and monitored by quantitative
infrared thermography.

On the other hand, heat and cold can be used
for therapy, the effect of which is monitored
by thermological methods.

In this field of monitoring thermal therapies
(e.g. hyperthermia or cryotherapy) a huge
progress has been made during the last de-
cades, which will be presented in Celle.

The congress will be a specialized conference
for all: medical doctors, veterinarians, biolo-
gists, physicists and engineers, which are in-
volved in thermological applications in re-
search and routine.

Introductory plenary lectures, scientific lec-
tures, posters and the exhibition will present
the actual state of the art of infrared thermo-
graphy and thermotherapy in

Rheumatology, Pain Diagnostics; Sports Medi-
cine, Pain Therapy; Orthopedics, Physical
Medicine; Angiology, Physiatrics; Neurology,
Acupuncture; Dermatology, Industrial Medi-
cine, Veterinary Medicine, Environmental
Medicine

Congress languages: German, English

Deadline For Abstracts: March 1st, 2000

Please send to:

German Society of Thermology
Mr. Joachim-Michael Engel, M.D.
Personally
Rheumaklinik Bad Liebenwerda
Dresdener Straße 9
04924 Bad Liebenwerda; Germany

Please register now ! Because of the EXPO2000
at Hannover hotel room capacity will be lim-
ited in Celle!

Veranstaltungen (MEETINGS)

18.-19.September, Zakopane

2nd Congress of the Polish Society of Thermology

"Thermovision in Medical Diagnostics"

Venue: DW "SYWARNE"

34-511 Koscielisko k.Zakopanego

Ul.Sywarne 32

Information:

Pediatric and Nephrology Clinic,
Central Clinical Hospital, Military University, School of Medicine

Szaserow 128 str

00-909 Warsaw-60, PL

Tel/fax +48 22 6817236

29.-30.September, 1999, Venezia

5th International Workshop on Advanced Infrared Technology and Applications

Venue: CNR-ISDGM, Palazzo Papadopoli, S. Polo 1364, Venezia, Italy

Topics:

Advanced technology and applications, sensors and materials, thermal non-destructive-testing, applications to works of art, buildings monitoring and maintenance, thermofluid dynamics, environment, standards

Language: English

Information:

A.M.Felgentreff, Fond.G.Ronchi-Firenze

P.G.Bison, CNR-ITEF, corso Stati Uniti, 4

35127, Padova, Italy

Tel. + 39 49 829 5735, Fax + 39 49 829 5728

E-mail: 5AITA.abstract@itef.pd.it

Webpage: [http:// www.itef.pd.cnr.it/5AITA](http://www.itef.pd.cnr.it/5AITA)

13-16. October, 1999

21st Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society in conjunction with Annual Fall Meeting of the Biomedical Engineering Society

Venue:

Hyatt Regency Atlanta, Peachtree Center, Atlanta, Georgia

Information:

<http://bmes-embs99.gatech.edu>

31. October - 3. November, 1999

IRIE '99 , Infrared Thermography As A Condition Monitoring Tool"

Venue: Humphrey's Half Moon Inn
San Diego, California

Information:

Academy of Infrared Thermography
Mail: 2955 Westsyde Road, Kamloops, BC V2B 7E7

Phone: 888-673-4743 Fax: 800-788-8775

E-mail: irie99@infraredtraining.net

13.November, 1999

Annual Meeting of the German Society of Thermology in Leipzig

Instructional Course for Thermographers in Bad Liebenwerda

Information:

Dr.J.-M.Engel

Chefarzt der Rheumaklinik Bad Liebenwerda, Dresdenerstr 9,

D-04924 Bad Liebenwerda

Tel: +49 35341901160 Fax: +49 35341 90 27 05

E-mail: rheumamike@iname.com

2000

9.-11.March 2000

A World of Thermography

International Thermography Association
Conference in Association with the
UK Thermography Association,
at The Guildhall, Bath, England.

Information:

Colin Pearson, UKTA Secretary,
c/o The Building Services Research and
Information Association, Old Bracknell Lane
West, Bracknell, Berkshire, England RG12 7AH

tel +44 1344 42651 1, fax +44 1344 487575,

e-mail ukta@bsria.co.uk or see the
conference web page

<http://members.tripod.com/ukta/Conf2000.htm>

3.-5.August, 2000

20th Annual Meeting of the German Society
of Thermology with International Participati
on in CelleG.Bergmann Award for Thermolo
gy 2000

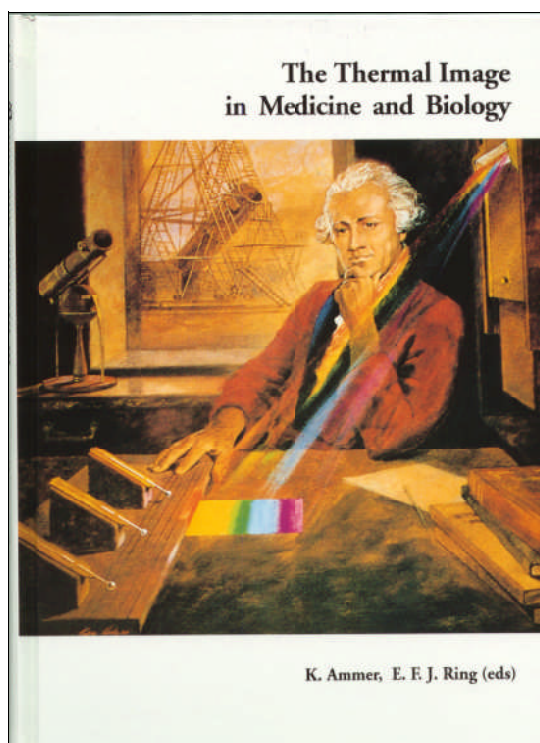
Information:

Dr.J.-M.Engel

Chefarzt der Rheumaklinik Bad Liebenwer
da, Dresdenerstr 9, 04924 Bad Liebenwerda

Tel: +49 35341901160 Fax: +49 35341 90 27 05

E-mail: rheumamike@iname.com



The Thermal Image In Medicine & Biology

1995, ISBN 3 900466 57 2
240 pp. plus XVI colour plates

ed. K.Ammer, EFJ.Ring

Thermal Imaging, Microwave Detection
Image Processing, Thermal Image Applications
Recent advances in medical thermography
Thermal physiology and the skin
Veterinary thermography
Medical applications of thermal imaging
Vascular applications.

This book, based on the proceedings of an international conference, provides the most up to date review of the current state of the art in thermal imaging. The clinical applications include vascular skin reactions, varicose veins, deep vein thrombosis and Raynaud's Phenomenon. Lumbar disc herniation, post surgical evaluation of the knee and the hand (carpal tunnel syndrome), tennis elbow and thoracic outlet syndrome are also described.

The methodology itself and comparative studies with other techniques such as ultrasound, CT and MRI make this a practical manual for the physician or technologist employing these investigations.

Only available from The European Association of Thermology, order below at the direct sale price of **\$50 U.S. or 500.- Austrian Schillings** to the following account 965 023 054 at Bank Austria, No 20151 in Vienna, Austria. Price includes mail in Europe, all other destinations add \$10 or 120.-Austrian Schillings.

ORDER

The Thermal Image In Medicine & Biology

.....copy/ies

Name..... fax no.....

Address.....

.....country.....code/ZIP.....

amount due.....

I wish to subscribe to **Thermology international**

(1 yr subscription 700.- Austrian Schilling or US \$ 70.- including mail costs)

1 yr subscription.....

TOTAL PAYMENT TO THE EUROPEAN ASSOCIATION OF THERMOLOGY.....

send with payment (international order or proof of bank transfer) to

Dr.Kurt Ammer, European Association of Thermology

Hernalser Hauptstr. 209/14, A-1170 Wien, Österreich

Bank Austria, Vienna, Austria, bank number: 20151,

account :European Association of Thermology, account number: 965 023 054