

TIBBİ TERMOGRAFI

Dilek ONEL *
S. Fikret TÜZÜN *

Ö Z E T

Bütün cisimler ve canlılar ısılarının bir fonksiyonu olarak İ. R. ışını açığa çıkarırlar. İnsan vücudundan neşrolan İ.R. ışınının gösterilmesi için birçok tekniklerin ortaya konulması klinikte yeni imkânlar sağlamıştır. Termogram kompleks bir İ.R ışın kaydetme cihazıdır. Tıp'da derin dokulardaki birçok patolojinin yüzey İ.R ışını ölçümü ile çözümlenmesi, ucuz ve sağlıklı bir yöntem olmuştur.

G İ R İ Ş :

Deri yüzeyindeki ısı farklarının ölçülerek anlam kazanması termografi vasıtasıyla olur. İ.R. termografi bir obje tarafından neşredilen ışınları kullanarak bu objenin temperatürünün kaydedilmesidir. Termografi tıp'da, alttaki dokuların lezyonları ile ilgili olarak vücut yüzeyindeki anormal derecede yüksek ve alçak ısı olan bölgelerin meydana çıkarılmasında kullanılmaktadır.

Deri yüzeyinden çıkan İ.R. ışınlarının cihaz ile tayini ve ölçümü ile ortaya çıkan haritaya "Termogram" denir. Termografi standart çevre şartlarında deri temperatürünün değişmesini etkileyen alttaki ısı kaynağını tayin eder. Böylece derinde bulunan organlarda oluşan patolojik değişikliklerde bir anlam çıkarma imkânımız doğar. Çünkü dokuların iletkenlik kabiliyetinin artışı, vaskülarizasyon çoğalması, yüzeysel İ.R. neşrini artırarak olayı termografi yardımı ile çözümlenmemizi sağlar (4,6,8).

Vücudun İ.R. ışınlarının basit ölçümü bir termopil veya radyometre vasıtasıyla yapılabilir. Ancak bunlar 0-25 mikronluk bir tayfa cevap verir ve bir galvanometre aracılığı ile birkaç saniyede tesbit etmek gerekir. Kesin olarak temperatür hakkında bir fikir vermez.

* Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Kürsüsü Romatizmal hastalıklar Rehabilitasyonu Seksiyonu

— Dergiye Geliş Tarihi: 7.Kasım.1978

Örneğin : Ölçme noktası en sıcak nokta olmayabilir ve enflamasyonun dağılımını göstermediğinden ancak limite bir değer elde edilebilir (3).

İnfraruj ışınları meşhur astronom Sir William Herschel tarafından 1800 de keşfedilmiştir. Oğlu Sir John Herschel ise 1840 da İ.R. ışınlarını ilk olarak kâğıt üzerinde görülür hale gelmesini temin ederek Termografi terimini kullanmıştır. İ.R. ışınları insan gözü tarafından görülmez fakat bu ışınların dalga boylarına göre gözümüzün belirli bir hassasiyeti vardır. Isı sebebiyle parlaklığı farkedilebilir (6).

Bütün cisimler ve canlılar vücut ısılarının bir fonksiyonu olarak İ.R. (kırmızı ötesi) enerjisi açığa çıkarırlar. Fizik kurallarına göre bu görülmeyen ısınım değişmez bir şekilde yayılır, tutulur ve çevremizdeki her şey tarafından tekrar neşredilir. Bu şekilde termal eşdeğer sabit kalmaktadır.

Stefan-Boltzmann kanununa göre : Yüzeyden neşrolan ısı absolü temperatür'ün 4. kuvveti ve yüzeyin emisyonuna bağlıdır. Absolü temperatür Kelvin skalasına göre ölçülür ve satigrat cinsinden ısıya $-273,16^{\circ}$ ilâve edilerek elde edilir. (Misal : Vücut ısısı $+37^{\circ}-273,16^{\circ}=310$ K dir. (9).

Wien kanununa göre yayılan ısı spektrumunun en yüksek dalga boyu $\lambda . \max T=2885$ cm. derece (Dalga uzunluğu-mikron- \times Isı-Kelvin skalasına göre= 2885) formülüne göre hesap edilir. Bu formülle ısıyı bilinen cisimden yayılan İ.R. ışınının dalga boyunu bulmak mümkündür. Meselâ 35 derecede (308 K) da max dalga boyu 9,4 mikrondur. İnsanlar 3-20 mikron şiddetinde İ.R. ışını yayarlar. Ortalaması 9 mikrondur (9).

Elektromanyetik ışınlar dalga oluş özelliklerinden başka bir partikül veya foton akımı olarak da kabul edilirler. Böylece dalga boyundaki monokromatik bir ışın demetine bağı olarak her bir fotonun taşıdığı E enerjisi $E=hc/\lambda$ süratidir. Enerji (elektronvolt) eV ile ölçülür.

Vücuttaki birim bölgeden birim dalga boyu aralıklarında ışınlanan enerji her temperatürde, vücut temperatürünün artması ile daha kısa dalga boylarına kayar (8).

Eskiden beri bilinen, enflame alanlar çevredeki sağlam bölgelere karşın daha fazla ışın neşrederler. Enflame bir foküste kan akımındaki değişikliklerin neticesi olarak, yüzey temperatürdeki artışlar bir ölçü olarak kullanılmıştır. Deri yüzeyindeki temperatür normalde derin dokularinkinden düşüktür. Yüzey temperatür, kısmen derin dokulardan ısı iletimi, kısmen

terir. Çevre temperatürü ve vücudun genel metabolik durumu da bu-

nun üzerine etkilidir. Oysa insan derisi mükemmel bir İ.R. kaynağıdır, bu da İ.R. enerjisinin hassas bir detektörle ölçülmesi sureti ile saptanabilir. İ.R. ışınları aynı zamanda dokulardan nakledilerek deri tarafından elverişli bir şekilde absorbe edilir. Pratik maksatlar için deri tödür (3).

Termografi 1950 senesi başlarında askeri müdafa ve askeri haber alma projeleri için geliştirilmiştir. Kısa süre sonra da modern tıbbi İ.R. termografisi ile araştırmalar başlamıştır. 30 yıl kadar endüstri ve fen alanında kullanılmıştır (6).

İlk tıbbi termografi Kanada'da Montreal'de Dr. Ray L. Lawson tarafından meme tümörlerinin termal karakteristiklerinin tesbiti için kullanılmıştır. Bugün Texas Instruments, Thermoscope dahil 18-20 türde İ.R. Termografisi imal edilmektedir (8).

Tıpta ise derin dokulardaki lezyonlar ile ilgili olarak vücut yüzeyindeki anormal yüksek veya alçak temperatür bölgelerinin meydana çıkarılmasında kullanılmaktadır. Termografi meme kanseri veya diğer patolojik durumların meydana çıkarılmasında olduğu gibi diagnostik olarak veya enflamatuvar hastalıkların seyrini takipte de kullanılmıştır.

(Memede 1°C lik bir ısı farkı maliniteye işaret eder (Haberman), (5).

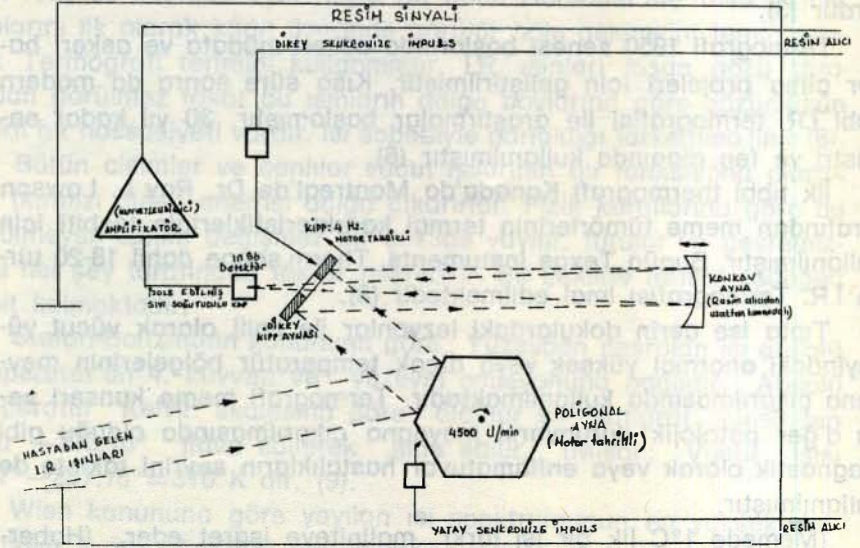
TISELIUS (1969), COLLINS (1974) ve diğer araştırmacılar yaptıkları araştırmalarda bu tekniğin ilaç tesirinin ölçülmesinde değerli olduğunu göstermişlerdir (4).

Termografi Tekniği : İ.R. termografi bir yüzeyden neşrolan ısı dağılımını belli uzaklıktan ayrıntılı kaydı ve yüzeyel ısının hesap edilmesini mümkün kılar (4). Sistemde İ.R. ışınlarını algılayan bir kamera ve ayrı bir gösterici ünit vardır.

Kamera Ünitesi :

İ.R. kamerasının esası kamera ünitesi ve monitörden ibarettir. Objeden çıkan İ.R. ışınları hızla hareket eden bir poligonal ayna yüzeyinden geçer ve kipp aynası üzerine yansır. Poligonal aynanın dönme eksenini kameraya dikey olur, oysaki konveks ayna 4 Hz. lik küçük bir açı hareketi ile horizontal bir dönme eksenini etrafında hareket eder. Bunu takiben İ.R. ışını bir konkav aynada foküse edilir ve dedektörün kristali üzerine yansıtılır. Kamera objektifinin uzaklığına göre bu fokus yapıcı ayna motorize bir tertibatla diğer pozisyonlara getirilir. Mekaniksel hareket eden aynalar optiği yardımıyla dedektörün üstüne sıralar halinde gönderilen nokta nokta şeklindeki İ.R. resim elde edilir. Horizontal sapma poligonal ayna, vertikal sap-

ma ise tümsek ayna yardımıyla yapılmaktadır. Dewar kabındaki çıkış video sinyali monitörün bağlantı kablosu üzerinde Video ön kuvvetlendiricisine iletilir. Sapma derecesinin kontrolü kameradan monitöre sinkron impulsların yansımalarıyla sağlanır (Şekil: 1).



Monitör :

Monitör İ.R. kamerasının özel şartlarına göre modifiye edilmiş bir ossilogramdan ibarettir. Göstergesi üzerinde her saniye için 4 defa yüz dizilik bir termogram görülür (10).

Detektör :

İnfraruj ışınlarının ısıtma etkisi iyi bilinir. Maddenin elektriksel iletkenliği serbest yük taşıyıcılarının (elektron gibi) dansitesine bağlıdır. Yük taşıyıcının yapısı içinde : iletkenlikte etkili olan elektronların çokluğu, düşük direnç, maddeyi meydana getiren atomları teşkil eden elektronların hepsi maddenin iletkenliğine katkıda bulunmaz. Atomun nükleusuna en yakın olan bu elektronlar sıkıca bağlı olarak hareket ederler. Atomdan atoma kolayca geçemezler; oysa dıştaki elektronlar daha kolaylıkla yer değiştirirler. Bu dıştaki elektronlar, kendi atomlarına daha gevşek bağlanmıştır ve diğer atomda mevcut olan enerji durumuyla eksite edilebilir ve maddenin yapısını tümünde boydan boya atomlar arasında aşabilir (Bu enerji durumu; kondüksiyon bandı olarak bilinen durumu oluşturur. Bu metalde, komşu atomların dıştaki elektron enerjisi yüksektir. Bu sebepten elektronlar kolaylıkla maddede yer değiştirirler ve yüksek bir elektriki

iletkenliği husule getirirler. Bir izolatörde, dış elektronların enerjisi ile yakınındakiler ve atomlar arasındaki enerji durumu da oldukça farklılık gösterir. Enerjideki bu farklılık "Energy gap" olarak isimlendirilir. (Enerji aralığı) ve bu izolatör de son derecede büyüktür. Termal hareketten çıkan ortalama eksitasyon enerjisi düşük elektriksel iletkenliği olan maddede hasıl olan kondüksiyon bandı içinde sadece birkaç elektronun eksite edilmesine müsaade eder. Maddede atomların termal hareketi kondüksiyon bandı içinde elektronları eksite etmek için yeterlidir. Böylece temperatürde bir artmayla iletkenlikte artma hasıl edilir (8).

Maddenin, enerji aralığı değerinden daha büyük bir foton enerjisiyle ışınlanması elektron eksitasyonunu ortaya çıkarır. Dedektördeki saflaştırılmış haldeki kristal şeklinse indium antimonide'in 5,5 μm dalga boyunda bir fotona uyan (77°K ısıda) 0,23 eV lik bir enerji aralığı vardır.

İnfraruğ ışınlarla yarı iletken bir dedektörün cevap zamanı aşırı derecede kısadır ve indium antimonidde 10^{-6} saniyeden daha azdır. Bu özel maddeden yapılmış bir dedektör, absorbe edilen ışınları onun duyarlılığını azaltacak elektronların termal eksitasyonunu husule getirmek yönünden sıvı azot ısısında (77°K) çalıştırılır.

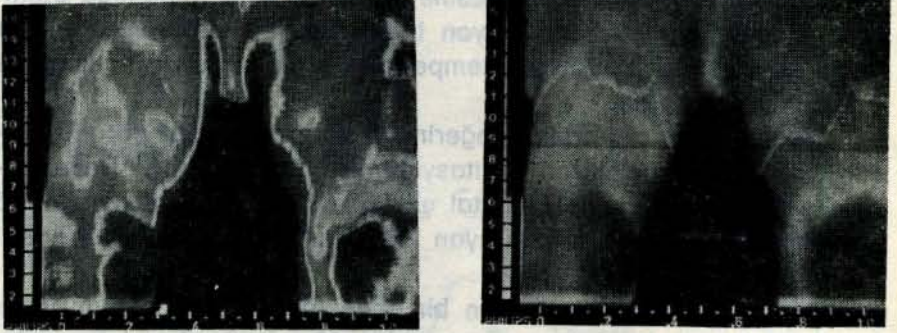
Bu durumlarda, seçilen spektrum bölümündeki ısı ile foton emisyonunda değişim, (eğer dedektör tüm spektruma cevap veriyorsa problem olacağı için) yaklaşık olarak 9 ile 3 mikrondan az olmayan bir güç indeksi vasıtasıyla vücut ısısına orantılı olan bir dedektör ile tayin edilir. İndium-antimonidde yapılmış bir dedektörde, mutlak temperatürde % 1 lik bir değişim, dedektör verisinde ise % 9 luk bir değişim meydana getirir. Bu nedenle dedektör, temperatür değişmelerine aşırı derecede duyarlı olur.

Her ne kadar insan vücudu tarafından dışarı verilmiş enerjinin sadece % 2,4 indium antimonidin cevap eğrisi içine düşerse de, dedektörün duyarlılığı ve kamera imaj ssiteminin verim oranı 0,2°C farkları ayırt edebilmektedir (8).

Dedektördeki kristallerin elektriksel rezistansı İ.R. ışınları tarafından değiştirilerek elektrik akımı haline dönüşür (Photorezistans, inner fotoeffekt). Bu elektrik sinyaller bir katot ışını tüpünün ekranında resim olarak görüntü verirler. Dedektör seçiminde iki önemli noktaya dikkat edilmelidir (8) Dedektör İ.R. sinyallerinin değişimlerine göre süratle cevap verme

çok ahssas olmalıdır (Real time). Bir yüzeyin ısısını resmeden termografide bir saniyede takriben yirmibin resim noktası alınır. Bu ise tek tek yirmi bin ölçüm demektir. Neşredilen İ.R. ışınının yoğunlu-

ğuna göre tüm ışınlamanın % 2,4'i ölçüm için kullanılmaktadır. Umumiyetle sıcak sahalar termogramda beyaz olarak ve soğuk alanlar ise siyah olarak görülürler. Fakat ekseri aletler bu polariteyi gerekli olduğu takdirde tersine de çevirebilir. Aletin hassasiyeti termogramın beyaz-gri-siyah skalasına tekabül eder, temperatur dizisini genişletmek veya daraltmak için değiştirilebilir (10) (Resim: 2).



Renkli termogramlar iki metod kullanılarak görülür hale getirilmiştir.

1 — Termografik imaj 35 mm lik renkli film veya polaroid film üzerine katod ışını neşreden tüp vasıtası ile resmedilir.

2 — İ.R. dedektörden benzeri sinyal bir kompüter vasıtası ile huse getirilmiş ve termografik imaj bu bilgiden bir televizyon perdesi üzerine sentezle birleştirilmiştir (4).

Renkli filmde aynı ısıyı içeren bölgeler aynı renk bölgeler olarak belirlenir ve bir renk skalasına göre bu renk tonlarına ait ısı farklarını saptamak mümkün olmaktadır. Ayrıca bu sistemde siyah beyaz resimde aynı ısıyı (aynı renk tonlarını) içeren bölgeleri kapsayan parlak izoterm eğrilerini çizdirmek ve iki farklı alan arasında oluşan farklı izoterm eğrilerine göre bu bölgelerin ısı farklarını hesaplayabilmek mümkündür. Diğer bir kolaylık ise vücudun simetrik iki noktası arasında gerçek bir mukayese yapmaya imkân veren termal profildir. Burada enine bir hat boyunca yer alan noktalardaki rölatif ısı farklarının ekranda belirmesi ile farklılık kolayca değerlendirilebilir (7) (Resim: 2).

Deri temperaturünün sabit multiisoterm görünümünü hasil etmek için 0-5 derecelik entervallerle isoterm paternleri renkli filtrelerden geçirilerek renkli film üzrine tespit dilmıştır.

Termogramlarda her bir isoterm şu renklerle temsil edilmektedir.

Koyu mavi : 26-26,5; mavi : 27-27,5; açık mavi : 28-28,5; yeşil : 29-29,5; sarı : 30-30,5; oranj : 31-31,5; kırmızı : 32-32,5.

Cihazın kalibrasyonu sabit temperatürde tutulan referans kaynağına tabi bulunmaktadır. Modern cihazlar 0,2 lik temperatür ayırımına hassastır. Cihazda istenilen spesifik ısıda bulunan bütün sahaların termogramda aynı parlak bir çizgi ile belirlenmesi ve isotermler elde edilmesi mümkündür (4).

Termografide kullanılan teknikler, çevre faktörleri kontrol altına alınabildiği takdirde kantitatif ölçü olarak kullanılabilir.

Kontro edilecek esas faktörler : Hastanın durumu, muayene odası ve cihazdır (1).

Muayene odası :

- a) Odanın büyüklüğü 3,5×3,5 m. den küçük olamaz.
- b) Hava ceryanı olmamalı.
- c) Oda ısısı 19-21 derecede sabit tutulmalıdır. (20 derecede terleme durur, 18 derecenin altında titreme başlar.)
- d) Direkt güneş ışığı olmamalı.
- e) Odanın aydınlanması tercihan ampül yerine floresan ile olmalı.
- f) Hastanın üstünde sıcaklık veren hiçbir giysi ve cisim bulunmamalı.
- g) Hastanın çevresinde büyük metal ve ayna olmamalı.
- h) Hasta teste tabi olmadan evvel yorucu faaliyette bulunmamalı.
- k) En az 15 dk. temperatürü kontrol altında olan odada hasta istirahat halinde olmalı ve teste tabi olacak bölge satıh soğumasına imkân vermek için tam olarak açık olmalıdır.

Termografinin uygulama sahaları :

Uygulama sahalarında önce normal ve anormal ısı paternlerinden kısaca söz edilmelidir.

Normal Isı Paternleri : Tabii olarak sıcak sahalar, koltuk altları, uyluk, parmak araları boynun ön bölgesinde bulunur. Tabii olarak soğuk yerler ise burun, kulak ve parmaklarıdır. Bununla beraber eller değişiklik gösterir. Baştaki saç soğuk görünür. Gövdede normal ısı paterni simetriktir. Bu simetriğin bozulması göğsü veya vücut duvarını tutan bir hastalığı gösteren değerli bir bulgudur.

Anormal Isı Paternleri : Hyperemi ile birlikte olan deri lezyonları, yara veya cerrahi insizyon, enfekte sahaları bariz sıcaklık bantı verirler.

İskemi tabii olarak soğuk sahalar hasil eder.

Bilhassa hızlı büyüyen malign tümörlerden temperatürde önemli artış olmasına karşın, daha az malign ve yavaş büyüyen veya çok ilerlemiş tümörler de termografik olarak az sıcak ve tam soğuk bulunabilir. Fransa'da 10.000 meme kanseri taramasında termografi ile

tespit edilen % 15 vak'ının bilhassa hızlı gelişen karsinomlar olduğu tespit edilmiştir. Diğer ülkelerde de yapılan çalışmalar termografinin göğüs kanserinde son derece değerli bir teşhis vasıtası olduğu kabul edilmiştir.

Ciltteki Primer Hastalıklarda : Derin yanıklar ciltteki subdermal kapillerleri harabettiğinden bu bölgeler soğuk bölge olarak görülür. Bu bölge komşu bölgeye nazaran 2,5°C daha soğuktur. Parsiyel kalan yanıklar subdermal kapillerleri harab etmez. Buradaki ısı düşüşü 2,5°C den azdır. Plastik cerrahide bu ısı düşmesi çok ehemmiyetlidir. Zira sadece derin yanıklarla cilt grefi konmaktadır. Termografi ile tesbitten hemen sonra gref yapılabilir. Aksi halde cilt harabiyetinin tam ortaya çıkması için 3 hafta beklemek gereklidir. Kısmi yanıklarda iyileşme safhasında şiddetli bir hipervaskularizasyon olur. Bu termogramda yer yer lekeli sıcak bölgeler olarak görülür. Çevre dokular da sıcaktır. BIRCK BRANEMARK ve BUWALDE yaptıkları çalışmalarda termografiyi diğer metodlara nazaran daha inanılır bulmuşlardır. BIRCK bilhassa yanığın zemininde kazadan 1-2 gün sonra çıkan geç koagülasyonunun sadece termografik metodlarla tesbit edilebildiğini göstermiştir.

Plastik cerrahide ciltten alınıp tamir bölgesine konan greflerin vitalitelerinin devam edip etmediği vaskülarizasyon kan perfüzyonu, termografi ile tesbit edilir (8).

1972 de BARTON dekübitüs ülserlerini tetkik etmiştir. 3 türlü dekübitüs ülseri olduğunu tesbit etmiştir. 1 - Yetersiz kan akımı olan bölgelerde : burada bölgeler soğuk görülür. 2 - Keskin ısı farkları olan bölgelerde derin doku bariz hiperemik vasküler cevapla ölmektedir (Nekroz). 3 - Vasat temperaturler mevcuttur, endojen faktörler mühim değildir. Bu vak'alar umumiyetle uzun süre yatakta immobilize olan şahıslarda görülür. Tedaviye çabuk cevap verirler. Cilt grefleri yanıklarda olduğu gibi düşünülür (8).

Hipertroidide tüm tiroid üzerinde bir hipertermi tiroid loblarının birinde bir lokal hipertermi boyundaki kranial damarların imajında bir artış görülebilen özelliklerdendir.

Termografi kistlerin bariz bir şekilde ayırımına imkân vermektedir. Şöyle ki taze kan kistleri sonradan ponksiyon yapıp elde edilen sıvı miktarına bağlı olmadan, palpasyonla şiddetli sıcak, istisnasız gayet iyi sınırlı ve lokal bir yerleşim gösterir. Eskimiş kan kistleri termografik olarak anlaşıp hipotermi görülebilir. Kolloitten zengin büyükçe kistler ise bariz olarak hipotermiktir.

Tiroid termogramı çok büyük varyasyonlar göstermektedir. Bunun sebebi boyunun konfigürasyonu, subkutan yağ yastıklarının değişik kalınlıklarda oluşu ve boyunda kısmen ventral kısmen lateral seyreden yüzeysel ven ağlarının değişik özelliklerinden ileri gelir.

Bu vak'aların termogramında gözlenen değişiklikler tiroidin spesifik metabolizmasının

çapta büyümesi ve yer değiştirmelerinin bir görüntüsünü aksettirir. Bu şekilde bir istmus genişlemesinde tiroidin fonksiyonel durumuna bağlı olmadan istmus bölgesinde veya boyunun kraniyal bir bölgesinde vaskülarizasyon artışı saptanabilir (6).

Enflame olan dokunun seri halindeki termogramları hastalık prosesini ve anti enflamatuvar tedavilerin tesirliliğini ölçmede kullanılır. Artritte enflamatuvar lezyonların tetkikinde termografi tehlikesiz ve ucuz bir metodtur (4).

Enflame olmuş bir mafsal üzerindeki deri temperaturü 3 derece yükselebilir. Bu da termografi ile kolayca gösterilir. En sıcak resimler vasküler sinovyumun satha en yakın olduğu yerde görülür. Artritlerde deri sıcaklığı, ısının daha derin dokulardan sabit iletiminden ziyade bölgedeki arterioler dilatasyonu telkin edecek tarzda mafsaldan 5-10 cm kadar uzağa yayılabilir. Abartküler lezyonlarda deri sıcaklığı yakınındaki dokularda, hyperemi hasil ettikleri takdirde termografik olarak gösterilebilirler. (Bilek ekstansörleri tenosynovitisleri gibi) (4).

S U M M A R Y

All substances and human beings radiate infrarouge energy as a function of their heat. The development of various techniques for the visualisation of infrarouge energy radiated fram the human body has been very helpful in clinical diagnosis. Thermograph is a complex infra-rouge recording device. Thermography is an occurate and easily available method for the assessment of pathological conditions in the deep layers of the human body with superficial infra-rouge energy.

L İ T E R A T Ü R

- 1 — BACON P. A., COLLINGS A. J., RING F. S., COSH, I. A. : Thermography In. The Assessment of Inflammatory Arthritis. Clin in Rheum. Diseases Vol 2, No. 1. April 1976.
- 2 — COSH J. A. RING E. F. : J. Quantitative Thermography Rheum. Phys. Med. 10, 337, 1970 (a).
- 3 — COSH J. A. RING E. F. : J. Thermographyand Rheumatology. Rheum Phys. Med. 10, 342, 1970 (b).
- 4 — COLLINS A. J. RING F. BACON P. A. and BROOKSHAW J. D. : Thermography and Radiology Complimentary Methods For The Study of Inflammatory Diseases. Clin. Radial. 27, 237-243 1976.

- 5 — HABERMAN, J. D., FRANCIS, J. E., and LAVE, J. T., : Thermographic Response to local external heat sources Radiology, 102, 341-348. 1972.
- 6 — HÖR, G. MALAMOS, : Pabst. Gesellschaft für Nuclearmedizin 24-29 September 1973.
- 7 — ISARD, H. J. OSTRUM, B. S. : Breast Thermography, The Mammatherm. Radiologic Clinics of North America Vol. 12 No. 1 1974.
- 8 — PARK W. M., REECE B. L. : Fundamental Aspects of Medical Thermography British Institute Radiology 1976.
- 9 — SIDNEY LICHT, M. D. : Therapeutic Heat and Cold. Elizabeth Licht, Publisher 7, 16, 26, 1965.
- 10 — Thermografie mit der Bofors I. R. Camera, Siemens Aktiengesellschaft.