

A. Ü. Tıp Fakültesi Radyoloji Kürsüsü

**TERMOGRAFI TEKNİĞİ VE
KLİNİK UYGULANMASI**

Dr. Uluhan Berk *

Dr. Erdoğan Işıkmann **

Dr. Taha Katırcıoğlu ***

Bu derleme Fakültemiz Radyoloji Enstitüsünde 1972 yılı başında kurulacak olan Termografi ünitesinin yararlı olduğu alanlar hakkında genel bir bilgi vermek amacı ile yazılmıştır.

Büyük İngiliz astronomi bilgini Sir William Herschel 1800 yılında, güneş spektrumunun kırmızı ışıktan daha uzun dalgalı bir elektromanyetik enerji ihtiva ettiğini buldu. Bu buluş 1840 yılına kadar kesinlik kazanamadı. Bu yıl ilk buluşun sahibi Herschel'in oğlu Sir J. F. W. Herschel bu görünmeyen ışını «Thermograph» adını verdiği sade bir aygıtla hassas bir kâğıda kaydetmeyi başardı (1).

Isısı mutlak sıfır noktasının üstünde bulunan her objenin spontan olarak spektrumun kızıl ötesi bölümünde elektromanyetik bir enerji yayınladığını biliyoruz. Bu yayınlanan enerjinin total miktarı obje ısısının 4. kuvveti ile oranlıdır ve Kelvin dereceleri ile gösterilir. Kelvin derecesi ile pratikte kullanılan üniteler arasındaki bağlantı : $32^{\circ} F = 0^{\circ} C = 273^{\circ} K$ şeklindedir. O halde her objenin yayınladığı total radiant enerji şu formülle gösterilebilir :

$$R \approx e \cdot T^4$$

Burada e ile gösterilen yayınlama yeteneği (emissivity) sıfırdan birime kadar değişir ve obje yüzeyinin fiziksel ve kimyasal niteliklerini tanımlar. Üzerine düşen enerjiyi % 100 yansıtan mükemmel bir ayna için e sıfıra (0) eşit, üstüne gelen enerjiyi tamamen soğur-

* A. Ü. Tıp Fakültesi Radyoloji Profesörü.

** A. Ü. Tıp Fakültesi Radyoloji Doçenti.

*** A. Ü. Tıp Fakültesi Radyoloji Asistanı.

ran ve hiç yansıtmayan veya iletmeyen tam opak bir obje için e bir (1) eşit olacaktır. Çok iyi cilâlanmış bir ayna için e yaklaşık olarak 0,02 dir ve insan derisi için 1 e yakındır.

İnsandan yayınlanan enerji 3 mikron dolayından 20 mikron ötesine kadar geniş bir dalga boyu alanını kaplamaktadır. Her ne kadar bu dalga boyları gözle görünmez iseler de (gözle görünen ışınlar 0,4 - 0,8 mikron arasındadır) optik yolla kaydedilebilirler, elektronik yolla kuvvetlendirilebilirler ve görünen ışınlar (ışık) gibi kullanılabilirler. Spektrumun bu kızıl ötesi bölümüne duyarlı olan aygıtlarda bütün objeler kendi yayınladıkları ışının etkisel yapısı içinde görünürler ve o halde incelenebilirler, ölçülebilirler ve resimleri elde edilebilir (2).

Bu kendiliğinden yayınlanan kızıl ötesi ışınların araştırılması, keydedilmesi ve incelenmesinin klinik teşhis alanında hastaya hiç bir zarar vermeyecek bir yöntemin saptanmasında temel olabileceği açıktır. Termogramlar gerçekten ısı fotograflarıdır ve objenin yüzeyinin ısısı yönünden nicesel bilgi vermek yeteneğindedir.

Genel olarak söylenecek olursa dengedeki sistemler dengede kalma eğilimindedir. Örneğin, bir kaptaki suyu ısıtırsak ortamın ısısına oranla daha yüksek bir ısı derecesine getirmek sureti ile ısı dengesini bozarız; doğal süreç suyu soğutarak dengeyi sağlar. Aksine soğuk bir bardak su ısınarak bölgesel ısıya ayarlanır. Yer küresi güneş etrafındaki yörüngesinde dönerken büyük bir ısı enerjisi soğurur, fakat uzaysal kanunlar ile ortalama 300° K bir ısı dengesini korur. Objenin soğurduğu bu enerjiyi yayınlaması hayatidir. Bu olay dünyamızın varlığı ve hayatın korunması için esastır. İşte bu enerjinin soğurulması ve yayınlanması nedeni ile bütün varlıklar kendi ısılarının fonksiyonu olarak kızıl ötesi ışın yayınlarlar (1).

Bir elektromanyetik enerji, E, bir obje üzerine düştüğü zaman şöyle yazabiliriz :

$$E = T + A + R$$

Burada T, A ve R sırası ile Transmisyon (iletim), Absorbsiyon (soğurulma) ve refleksiyonu (yansımayı) yüzde olarak göstermektedir. T 100'e yaklaşıyorsa obje saydamdır. E etkileşmeye uğramadan geçer ve A + R sıfıra yaklaşır. Opak bir obje bahis konu-

su ise $T = 0$ o halde $E = A + R$ dir. Burada A ihmal edilecek derecede küçükse obje iyi bir reflektör veya aynadır ve $E = R$ dir. Diğer taraftan opak bir maddenin yüzü siyaha boyanırsa R 'nin değeri küçülür, enerjinin hemen tümü soğurulur ve $E = A$ olur. Enerjinin soğurulması objenin ısınısını yükseltir. İletim ve konveksiyon yoksa bu enerji fazlası emisyon süreci ile salınır. Tüm saydam bir obje var olmadığından her obje ile çevresi arasında soğurulma ve yayımlamayı içine alan sabit bir enerji alış veriş ortaya çıkar. İyi bir soğurucu iyi bir yayımlayıcıdır. O halde ileri derecede saydam ve yansıtıcı objeler fena yayımlayıcıdırlar (1).

Görüldüğü gibi radiant enerji yayımlanması doğanın temel bir sürecidir. Biliyoruz ki bir objeden yayımlanan total enerji (E) yayımlama yeteneği (e) ve mutlak ısısının dördüncü kuvveti (T^4) ile doğru oranlıdır. Şu halde $E = e \cdot T^4$ dür. (e) saydam bir obje için (0) dan, mükemmel bir ayna için (1)'e kadar değişmektedir.

Son yirmibeş yılda kızıl ötesi ışın alanına ilgi çok artmıştır. Bütün cisimler kızıl ötesi ışın yayımladığından ve bu yayım hiç bir ilâve aydınlatma süreci kullanılmaksızın kaydedilebildiğinden bu olanak millî savunma, uzay araştırması alanları ve analitik kimyada olduğu kadar tıpta da ilgi uyandırmıştır. Yukardaki bilgilere dayanarak şöyle bir sistem kurmakla bir termograf elde edebiliriz : Obje insan olduğuna ve derinin yayım yeteneği (e) 1'e yakın, aynanın yansıtma yeteneği (R) çok yüksek olduğuna göre insan derisinden yayımlanan kızıl ötesi ışınların total enerjisi (E) 45° lik açıda bir ayna ile kızıl ötesi ışına duyarlı bir «scanner» e sevkedilebilir ve kuvvetlendirildikten sonra görünen ışın enerjisi-ne çevrilebilir. Bu görünen ışının polaroid bir kamera tarafından tesbit edilmesi halinde derinin sıcak, az sıcak ve soğuk bölgeleri kaydedilmiş olur.

İNSAN DERİSİNİN KIZIL ÖTESİ ÖZELLİKLERİ

İnsan derisi 3 - 20 mikron arasında ve en çok 9 mikronda kızıl ötesi ışın yayımlamaktadır. Bunlardan 4 mikrondan büyük olanları için yayımlama yeteneği (e) 0,99 dur (1, 2). Değişik ırk ve tipdeki insanlar arasında yapılan denemeler, pratik yönden, bütün insanların siyah cisimler gibi ve sonuç elde etme bakımından yeteri

kadar sabit dalga boyunda kızıl ötesi ışın yayımladıklarını göstermiştir. Deride $\lambda(e)$ 1'e çok yakın olduğundan deriden yayımlanan enerji (E) direkt olarak T değerine çevrilebilir. O halde insan vücudunun yüzeyi termografi için ideal bir konudur. Termogramlarla meydana çıkarılan kızıl ötesi ışın miktarındaki küçük değişiklikler derinin çeşitli bölgelerindeki ısı değişiklikleri ile doğru orantılıdır. Hemen şunu da kaydedelim ki dudaklar, meme uçları, deri kıvrımları ve güneş yanığı gibi yüksek derecede pikmentli alanlar termogramlarda etki yapmamaktadır. Derinin bu homojen yayımlama yeteneğine rağmen kamera, görünen ışık ve kısa dalgalı kızıl ötesi ışınların etkisinden kurtarılmak için, insan derisinin esas olarak opak veya siyah kabul edildiği dalga boylarına ayarlanmıştır. İnsan vücudunun değişik alanları değişik ısı derecesindedir. Deri vücudun iç dokusunun zarfı olduğundan ısısı iç ve dış etkenlerle büyük çapta değişir. Bu bir çok proses arasında derinin kendi vasküler aktivitesi, vücuttaki lokalize veya yaygın ısı kaynaklarından ısı kondüksiyonu, elbise ile örtünme, konveksiyon, perspirasyon, hava akımı ile ısı kaybı, deri ve ortam arasında her zaman mevcut olan radiant enerji alış veriş sayılabilir. O halde ölçülen deri ısısı bütün bunların bir sonucudur ve şöyle formülleştirilebilir :

$$T_{ölçülen} = \Delta T_{Deri} + \Delta T_{Vücut} + \Delta T_{Elbise} + \Delta T_{Ter} + \Delta T_{Konveksiyon} + \Delta T_{Rad'asyon}$$

O halde bütün bu değişiklikler elimine veya kontrol edilmeden deride yapılan bir tek ısı ölçülmesi tıbbî yönden pek az değerdedir (1, 2). En önemli iki faktör ΔT_{deri} ve $\Delta T_{vücut}$ olduğundan en azından diğer faktörleri konstantlara indirmek zorunluğundayız. Bunu sağlamak oldukça kolaydır : Hasta sabit ısıda, hava cereyanı olmayan ve içinde oda ısısından daha soğuk veya daha sıcak bir obje bulunmayan serin bir odada, 70° F ısıda 10 - 15 dakika istirahata sevk edilir. Bu sürece inceleme alanı çıplak bırakılır. Şayet oda ısısı vücut ısısı ile denge kuracak kadar yüksekse kontrast bir termogram elde edilemez. Daha iyi sonuç almak için oda ısısını 66° F'ye düşürmeyi öğütleyen yazarlar da vardır. Diğer dikkat edilecek bir nokta ellerin vücuttan uzak bulundurulmasıdır (1).

Tıbbi Uygulama

Termografi veya «Thermal scanning» bugün bir çok alan ve durumlarda değerli bir yöntem olarak kabul edilmektedir. Bunlar aşağıda özetlenmiştir.

Obstetrik ve Jinekolojide

Plasenta Lokalizasyonu :

Termografi ile, anne ve çocuğa en ufak bir zarar bahis konusu olmadan, plasenta lokalize edilebilmektedir. Çünkü yukarıda açıklandığı gibi yapılan işlem sadece deri ısısının tesbit edilmesinden ibarettir.

Plasenta dinamik biyolojik bir aktivite alanı olduğundan komşuluğundaki dokulardan daha sıcaktır ve ısıyı karın yüzeyine yaymak suretiyle serbest kalır. Bu ısı yükselmesi termogramda karın derisinde kesinlikle plasentanın yerini gösterir (3).

Gebelik :

Gebeliğin ilk üç ayında memelerin termografik görünüşü «Contraceptive» ilaç alan kadınların meme termografilerine benzemektedir. Bu yolla gebelik ilk iki hafta içinde tahmin edilebilmektedir (3).

«Contraceptives» :

Oral kontraseptivlerin kullanılması yalancı bir gebelik durumu meydana getirmekte ve termografik olarak memeler gebelikte kine çok benzeyen bir ısı vermektedir. Fakat bazı hastalarda anovülatör ilaçlara tepki daha azdır ve bu durumlarda karar vermek çok güçtür (3).

Meme Hastalıkları :

Bu konuda ilk ciddi yayın Gershon-Cohen (4), Hoffman (5) tarafından, en büyük araştırma ise 3512 vaka üzerinde Lilienfeld (7) ve arkadaşları tarafından yapılmıştır. Bu araştırmalardan alınan sonuca göre «meme kanserinde termografinin hassasiyeti ve

spesifitesi fizik muayene ve mammogafinin benzeridir» (7). Yalnız termografinin mammografiye üstünlüğü birincide x ışını kullanılmamasıdır.

Termografi ile meme kanserlerinde kesin bir sonuç alınmamasının nedeni kanser dışı hastalıklarda da ısıнын lokal olarak yükselmesidir (Tablo I) (2).

TABLO : I
DERİ ISISININ BÖLGESEL YÜKSELMESİNE SEBEP
OLAN MEME HASTALIKLARI

Tanı	Vaka sayısı	Isı Yükselmesi >1°C	Isı Yükselmesi <1°C
Normal	90	16	74
Kanser	91	88	3
Adenosis ve Masoplastica Cystica	62	8	54
Sekretuar hastalıklar	23	8	15
Fibroadenoma	19	9	10
Kistler	17	3	14
Epitelial hiperplazi	13	6	17
Plazma hücreli mastitis	4	3	1

Bununla beraber tablonun incelenmesinde görülecektir ki kanserde 1°C. ın üzerinde ısı yükselmesi % 96 dır. Halbuki bunun dışında hiç bir hastalıkda bu oran % 50 nin yukarısında değildir. Bu nedenle bu ısı derecesine ayarlanan bir aygıtla, klinik bulgular dikkate alınarak önemli bir ayırtıcı tanı olanağı elde edilebilecektir.

Gershon-Cohen ve arkadaşlarının iddialarına göre (3) «Termografi asemptomatik büyük kadın gruplarında, bugün Papanicolaou tekniğinin kullanıldığı biçimde, bir ön tanı olanağı sağlayacaktır».

Onkoloji :

Vücudun diğer bölümlerinin primer ve sekonder kanserleri de termografi ile gösterilebilir. Bilhassa kemiğin metastatik lezyonlarında bu yöntemle başarı elde edilmektedir (2, 3). Bu lezyonlar termografi ile klinik semptom ve röntgenolojik belirtilerden önce saptanabilmektedir. Bu konuda önemli bir nokta da kanser tedavisi esnasında lokalize ağrı şikayeti bulunan hastalarda, röntgenolojik

ve izotop incelemeleri ile tesbit edilemeyen lezyonların termografi yöntemi ile bulunabilme olanağıdır (3). Üstelik yöntem basit, ucuz ve tamamen zararsızdır.

Ortopedi :

Termografi yöntemi disk hernisi fraktür callus oluşumunun izlenmesi vs. gibi lokal ısı yükselmesine sebep olan durumlarda ve henüz ağrı dışında klinik belirti vermeyen ve röntgenolojik olarak tesbit edilemeyen osteomiyelitlerde başarı ile uygulanmıştır (3).

Periferik Damar Hastalıkları :

Bu konuda da termografi ümit uyandıran sonuçlar vermektedir. Tromboflebit, varis, arterioskleroz, Buerger ve Raynaud hastalıklarında ısı değişiklikleri ile hastalığın lokalizasyon ve izlenimi kolay ve kesin bir biçimde yapılabilmektedir. (3, 9).

Serebro - vasküler Hastalıklar :

Felçler ve A. Carotis'in tıkalı hastalıkları termogramlarda gösterilebilir. Böyle bir durumda arterin beslediği alanda soğuma kolaylıkla saptanmaktadır. Wood (9) alında termografik assimetri yapan diğer vasküler nedenleri şöyle özetlemektedir : Bir karotis arterinin atipik ayrışımı veya küçük kalibreli olması; a - v kavernöz fistül nedeni ile iç karotis arter kanının venöz sisteme boşaldığı «steal» fenomeni; beyin akımını bozan arterio - venöz malformasyonlar; Horner sendromu yapan lezyonlar. Bunların dışında termografi anjiyografi endikasyonunun tayininde ve tedavinin etkisinin izleniminde de kullanılabilir.

Römatoloji :

Römatoid artrit'lerin izlenmesi ve akut römatisizmal artritte tedavi etkisinin termografi ile kontrolü olanaklı görülmektedir.

Dermatoloji :

Dermatoloji alanında ve yara iyileşmesinin izleniminde termografi olumlu sonuçlar vermektedir. Yanık ve donmaların derece ve derinlikleri termografi yöntemiyle gösterilebilmekte ve yöntem cerrahin tedavisini planlamasında, örneğin deri grefinin en uygun zamanının tayininde veya ölü ve canlı doku arasındaki demarkasyonda yararlı olmaktadır. Termografilerde yanığın en derin ve doku-

nun ölü olduğu yer siyah (soğuk), canlı yerler açık tonlarda görülür. Termografi yardımı olmadan teşhis edilen psoriasis, Kaposi sarkomu veya karsinomalarda da lokal ısı yükrelmesini termografik olarak saptamak olanaklıdır (2, 3).

Yara iyileşmesinin izlenmesinde termografinin büyük yararı olacağı Kliot ve Birnbaum tarafından ortaya atılmış ve ispatlanmıştır (6). Bu yazarlar jinekolojik, pelvik ve diğer abdominal patolojisi bulunan 12 hastada cerrahiden önce ve sonra termografi yapmışlar ve yara iyileşmesi süresince yüzeyel ısı değişikliklerini kaydetmişlerdir. Elde edilen sonuç, yani termografik değişikliklerin görünüşü yara iyileşmesi ile kantitatif yüzeyel ısı değişikliklerinin birbirine tamamen uyduğunu göstermiştir. Bu hastaların çoğunda postoperatif izlenim üç ay süre ile devam etmiştir.

Yara iyileşmesinde klasik kavram üç fazlıdır : Demolisyon fazı yaklaşık olarak 4 gün, iyileşme fazı 6 - 7 gün sürmekte ve sonra sikatrizasyon başlamaktadır. Şüphesiz iyileşme süreci süreli bir olaydır, kesintili değildir. Daha çağdaş görüşler bu süreci iki faza ayırmaktadır : Büyük biokimyasal ve biyolojik aktivitenin devam ettiği inisyal 5 - 6 gün yaranın genişlik ve derinliği ile direkt ilişkilidir. Bu faz iltihap nedeni ile uzayabilir veya küçük komplikasyonsuz kesilerde 2 - 3 güne inebilir. Kollagen faz da denen ikinci faz aktif olarak 10 gün kadar sürer. Fakat bu faz sonunda da tamir bitmiş değildir : sikatris oluşumu aylar ve bazen yıllar sürebilir (6).

Komplikasyonsuz postoperatif yara operasyondan sonraki ilk günde termografi ile kesin bir sıcak saha olarak saptanmaktadır. Termografide ince, soğuk bir ensizyon çizgisi ve bu çizginin bütün boyunca 2 - 3 cm genişliğinde sıcak bir saha ile hudutlandığı görülür. İpek sütür bu sıcak şerit üzerinde soğuk, enine çizgiler biçiminde saptanır.

Komplikasyonsuz iyileşmede soğuk ensizyon çizgisi ameliyattan sonraki 3 - 4 günde kaybolur ve ısı sahası ensizyon çizgisinin 3 - 5 cm periferine yayılır. Postoperatif periodun süresince ısı sahası raha diffüz bir görünüş alır ve zamanla normal ısı görünümü içinde kaybolur (6). Normal görünüşe göre ısı saptamaları yani klinik belirti vermeyen iltihap ve yara iyileşmesinde gecikme termografik yöntemi ile izlenebilir.

Üroloji :

Literatürde böbreklerdeki kist ve malin tümörlerin o bölgedeki derinin termografisi ile ayırt edilebileceği bildirilmiştir. Birincide deri ısısında değişme olmamakta, ikincide o bölgede klinikte saptanamıyacak derecede ısı yükselmesi termografi ile kaydedilmektedir (3).

Karın Cerrahisi :

Akut taşlı kolesistit ve apandisit termografik bulgular vermektedir. Karında palpabl kitle ve negatif termogram benin bir lezyonu göstermektedir.. (3).

Tiroid Hastalıkları :

Bu konuda en geniş çalışma Planiol ve Garnier'nin 114 vaka üzerinde yaptıkları ve yayınladıkları incelemedir (8). Bu araştırmacılar tiroid bölgesinin termografik semiyolojisini 3 grup hastalıkla açıklamaktadırlar.

- 1 — Ötiroid guatr ve tiroid fonksiyon bozuklukları
- 2 — Tiroiditler
- 3 — Tiroid nodülleri

İnceleme sonucunda 3. grupta termografinin ilgi çekici doneler verdiği saptanmıştır. Sintigrafide bulunan soğuk ve sıcak nodüller termografi ile kıymetlendirilebilmektedir. Bu husus şöyle formülleştirilebilir : Sintigrafide soğuk nodül + Termografide sıcak nodül = kanser. Metod bu alanda tek başına fazla bir değer taşımamakta, sintigrafiden sonra uygulandığı zaman çok yararlı bir sonuç vermektedir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Yukarda özetlemeğe çalıştığımız derlemeler bazı alanlarda termografi yönteminin büyük bir değer taşıdığını göstermektedir. Örneğin fötüse ve anneye hiç bir iyonlayıcı ışın etkisi olmadan plasentografi olanağını vermektedir ki bu tek başına çok önemli bir problemin çözülmesi demektir. Yöntem meme hastalıklarının araştırılmasında, klinik muayenede gözden kaçan lezyonların bulunmasında, kemik metastazlarının araştırılmasında ve gamma sintigrafi ile bir arada değerlendirildiği zaman tiroid hastalıklarının tanısında oldukça kesin bir sonuç vermektedir. Bunun dışındaki diğer durumlarda da tanıya önemli bir katkıda bulunabilmektedir.

Termografi genellikle diğer tanı araçlarının ve bilhassa röntgenografinin bir supplementi olarak kabul edilirse daha büyük bir değer taşıyacaktır.

Termografi, esasen film üzerinde kontrastlıklardan anlam çıkarmağa alışmış bulunan Radyolog için gerekli ve daha kolaylıkla uygulanabilir bir yöntemdir. Elektromanyetik spektrumun kızıl ötesi parçasının temel fizik ilkeleri, aynı spektrumun x ışını parçasına ışın türü yönünden benzemekte ve bu nedenle metod radyoloji alanına girmektedir.

Şunu da ilâve etmek gerekir : Termografi «*Infra - rouge photographie*» ile karıştırılmamalıdır. «*Infra - rouge photographie*»de süjenin dışdan bir kaynakla aydınlatılması gereklidir. Termografi doğal ısıyı kaydeder, süjenin dışdan bir kaynakla aydınlatılmasına, yani vücut ısısının dışında bir enerjiye ihtiyaç yoktur.

ÖZET

Bu yazı tıbbi termografinin bugünkü durumunu belirtmeye çalışmaktadır. Yazıda yöntemin fizik cephesi ve değişik tıp dallarındaki yerine ilişkin bir derleme yapılmıştır.

SUMMARY

Thermography and its clinical applications.

The purpose of this paper is to give a summary of the review of current status of medical thermography technic in the different area of clinical medicine as well as a brief knowledge about its physical bases.

LİTERATÜR

- 1 — BARNES, R. B.: Thermography of the Human Body; Science, 140: 870-878, 1963.
- 2 — GERSHON - COHEN, J., HABERMAN, J. D.: Medical Thermography, Amer. J. Roentgenol., 94: 735-740, 1965.
- 3 — GERSHON - COHEN, J., HABERMAN - BRUESCHKE, J. D., BRUESCHKE, E. E.: Medical Thermography: A Summary of Current Status. Rad. Clin. N-Amer., 3: 403-431, 1965.
- 4 — GERSHON-COHEN, J., BERGER, S. M., HABERMAN, J. D., BARNES,

- R. B.: Thermography of the Breast, Amer. J. Roentgenol., **91**: 919-926, 1964.
- 5 — HOFFMAN, R. L.: Thermography in the Detection of Breast Malignancy Amer. J. Obs. Gyn., **98**: 681-686, 1967.
- 6 — KLİOT, D. A., BİRNBÄUM, S. J.: Thermographic Studies of Wound Healing. Amer. J. Obs. Gyn., **93**: 515-521, 1965.
- 7 — LİLİENFELD, A. M. and all.: An Evaluation of Thermography in the Detection of Breast Cancer. Cancer, **24**: 1206-1211, 1969.
- 8 — PLANİOL, T., GARNİER, G.: La Thermographie du Corps Thyroïde. Ann. Radiologie, **14**: 672-682, 1971.
- 9 — WOOD, E. H.: Thermography in the Diagnosis of Cerebrovascular Disease - Preliminary Report. Radiology, **83**: 540-542, 1964.