

Consiglio Nazionale delle Ricerche

**ISTITUTO DI ELABORAZIONE
DELLA INFORMAZIONE**

PISA

ATTIVITA' DI RICERCA E SVILUPPO
NEL PROGETTO FINALIZZATO TBMS

L.Azzarelli, S.Cesaro, M.Chimenti, O.Salvetti

Nota Interna B4-73
Dicembre 1986

ATTIVITA' DI RICERCA E SVILUPPO NEL PROGETTO FINALIZZATO TBMS

L. Azzarelli, S. Cesaro, M. Chimenti, O. Salvetti

Istituto di Elaborazione della Informazione - CNR Pisa

Descrizione della produzione

Nell'ambito del Progetto Finalizzato "Tecnologie Biomediche e Sanitarie" durante il 1986 l'Unita' Operativa dell'Istituto di Elaborazione della Informazione ha svolto nel periodo 1985-86 attivita' di ricerca e sviluppo con l'obiettivo di realizzare un sistema prototipo orientato alla radiologia digitale fuori linea.

Il sistema progettato, denominato SIRAD, e' costituito da: un sistema di calcolo, un sistema software di gestione, un insieme di moduli elaborativi e procedure applicative (denominato GEPiRAD): un dispositivo per la digitalizzazione di immagini radiologiche denominato MFA/DIGIRAD e una stazione video-grafico pittorica per la restituzione e manipolazione delle immagini.

Il SIRAD puo' essere considerato sia un sistema di sviluppo per la realizzazione di procedure elaborative, prevalentemente dedicato alla ricerca, sia un sistema orientato alle applicazioni.

Nel primo caso la struttura di calcolo e' costituita da sistemi del tipo mini o supermini opportunamente configurati con grande memoria centrale, grossa memoria di massa, schede speciali per l'elaborazione veloce, periferiche standard e speciali, stazioni di rappresentazione video-grafiche e pittoriche ad alte prestazioni.

Nel secondo caso la struttura di calcolo e' costituita da un personal di tipo standard, configurato con una memoria di capacita' contenuta, eventuale memoria di massa magnetica e ottica, una scheda specializzata per l'acquisizione e il trattamento di immagini, eventuali periferiche e dispositivi per l'interazione utente-sistema.

In entrambi i casi, sistema di sviluppo e sistema applicativo, il governo della struttura e' affidato al sistema software GEPIRAD dimensionato ed articolato secondo le diversificate esigenze operative; questo sistema, tipicamente multi-utente, e' costituito da un gestore, da insiemi organici di moduli elaborativi, da insiemi di procedure applicative e da librerie di sottoprogrammi e programmi di utilizzo e servizio.

L'organizzazione del sistema e' tale sia da consentire l'intervento di operatori esperti nella progettazione e sviluppo di procedure elaborative, sia da favorire una semplice gestione e sperimentazione da parte di una utenza prevalentemente medica che operera' in un ambiente operativo riservato; ovviamente il GEPIRAD inserito in una struttura elaborativa di dimensioni, costi e capacita' contenute ma efficienti ed affidabili, avra' una potenzialita' ridotta ma piu' orientata a specifiche applicazioni.

Nelle due strutture e' collegabile il dispositivo optronico MFA/DIGIRAD per la digitalizzazione delle immagini radiologiche; questo dispositivo e' stato prodotto e realizzato dalla U.O. dell'IEI in stretta collaborazione con la societa' S.Salvadori che oltre ad avere curato l'ingegnerizzazione del progetto, ha gia' avviato la produzione industriale di una pre-serie.

Le principali caratteristiche del microfotometro MFA/DIGIRAD sono le seguenti:

Formato supporto	350x350 mm
Campo di lettura	240x300 cm
Risoluzione spaziale	2048 pixel/riga
Risoluzione fotometrica	256 o 1024 classi
Dinamica di misura	2.5 o 3 decadi

E' attualmente in fase di definizione il progetto di un dispositivo in grado di digitalizzare immagini radiologiche da supporti di dimensioni maggiori.

L'architettura del SIRAD e' attualmente basata o su un supermini GOULD della serie Concept 32/27 e 32/67, e P6040 della serie Power Node con sistemi operativi MPX 32e UTX 32, oppure su personal del tipo PC/XT IBM compatibili con il sistema operativo MS DOS.

I programmi sono scritti tutti in FORTRAN 77 in modo che eventuali trasporti siano resi fattibili in modo relativamente semplice.

La stazione di rappresentazione collegata al sistema basato sul supermini e' costituita dal dispositivo SVP 1000 che e' stato studiato e sviluppato in collaborazione con la societa SCRIBA srl. La stazione di rappresentazione collegata al sistema basato su un personal e' costituita semplicemente da una scheda MATROX PIP 1024 inserita direttamente sul bus del microelaboratore. Pur essendo questa interfaccia semplice e di basso costo e' in grado di fornire le prestazioni sufficienti in molte applicazioni mediche; questo ultimo tipo di sistema puo' essere organizzato, soprattutto dal punto di vista

software, in modo da costituire delle stazioni di lavoro specializzate in applicazioni diversificate che possono essere collegati eventualmente ad un Server e costituire un sistema distribuito.

Il Server, oltre ai compiti tipici di gestione, potrà essere utilizzato, opportunamente configurato, per svolgere quelle funzioni di elaborazione non supportabili da un piccolo elaboratore; inoltre potrà gestire la funzione centralizzata di archiviazione dei dati.

Nelle pagine che seguono sono riportati alcuni esempi di acquisizione ed elaborazione di immagini mediche relative ad alcuni lavori di ricerca condotti in collaborazione con l'Istituto di Radiologia dell'Università di Pisa, la Clinica Oculistica dell'Università di Pisa, le Unità Operative Fisica Sanitaria e Neuroradiologia della USL 12 di Pisa; l'attività svolta costituisce anche un primo test applicativo.

Le immagini sono state acquisite con il microfotometro MFA/DIGIRAD e il microfotometro MFA/36/LS ed elaborate utilizzando il sistema software GEPIRAD.

Esempio di angiografia cerebrale

Nelle pagine 10 e 11 sono illustrati alcuni esempi di trattamento numerico di immagini di angiografie cerebrali negli aneurismi intracranici. La procedura elaborativa prevede la digitalizzazione di una coppia di radiogrammi, prima e dopo l'inoculazione del mezzo di contrasto, la preelaborazione dei dati, l'elaborazione mediante

filtraggi spaziali e tecniche sottrattive e la restituzione delle immagini di sintesi.

La fig.1 mostra il radiogramma maschera digitalizzato (senza mezzo di contrasto), la figura 2 mostra il radiogramma digitalizzato (con mezzo di contrasto), mentre la figura 3 rappresenta l'immagine elaborata nel quale i vasi vengono messi in evidenza.

Nella figura 4 e' illustrato il processo elaborativo sopracitato applicato in un diverso caso clinico; nella figura 5 e' rappresentato a sinistra il particolare relativo all'aneurisma estratto dalla figura precedente e amplificato, a destra lo stesso particolare elaborato con un modello di enhancement.

Esempio di radiologia digitale della mano

Nelle pagine 12 e 13 sono mostrati alcuni esempi applicativi di radiologia assistita da calcolatore applicata alle misure antropometriche della mano per la determinazione dell'eta' scheletrica e per la diagnosi di alcune patologie reumatiche.

La procedura fa uso di una stazione di lavoro basata su un personal al quale e' stato collegato il microfotometro MFA/DIGIRAD per la digitalizzazione dei radiogrammi. Su questa stazione, che' e' stata dotata di una scheda per l'acquisizione e la manipolazione di immagini, e' stato sviluppato un sistema software, derivato dal GEPIRAD, per la gestione dei dati e per l'elaborazione specializzata delle immagini radiologiche della mano.

Nella fig.6 e' mostrata una foto della stazione di lavoro utilizzata nell'applicazione sopra citata; nella fig. 7 e' mostrata l'immagine digitalizzata di un radiogramma della mano e la riproduzione del contorno delle strutture ossee di interesse per guidare la sequenza delle misure; sull'immagine radiologica e' possibile individuare in sovrapposizione i segmenti misurati; rapportandoli gradualmente si ricavano misure angolari, distanze e lunghezze.

Nella fig. 8 e' mostrata l'acquisizione di una radiografia della mano ed una elaborazione che ne migliora la qualita' per l'indagine visiva.

Nella fig. 9 e' mostrato il particolare del secondo metacarpale digitalizzato ad alta risoluzione e ruotato, mediante apposito programma inserito nel sistema GEPIRAD, per la successiva misura della corticale; il grafico sovrapposto individua la zona di misura e la distribuzione radiometrica dei dati, mediante la misura dei fronti del segnale si ottiene lo spessore della corticale.

Esempio di elaborazione di immagini retiniche

Nelle pagine 14 e 15 sono illustrati alcuni esempi di trattamento di immagini ottenute da fluoroangiogrammi retinici. Per l'elaborazione dei dati sono stati utilizzati moduli elaborativi inseriti nel sistema software GEPIRAD ed alcune procedure applicative ottenute come concatenazione dei moduli elaborativi.

La fig.10 rappresenta l'immagine digitalizzata di un fluoroangiogramma in un caso di retinite pigmentosa; la fig.11 mostra la

stessa immagine nella quale e' stata determinata e misurata automaticamente l'area interessata dalla patologia, parametro questo importante sia per esprimere la diagnosi sia per i controlli temporali.

Volendo simulare un processo di opacizzazione dei mezzi diottrici dell'occhio allo scopo di sperimentare alcune tecniche di restauro, sono stati ricavati, e successivamente digitalizzati, due fluoroangiogrammi del fondo oculare di un soggetto sano, uno in condizioni normali ed un altro dopo l'instillazione oculare di una sostanza opacizzante (CMC). La fig.12 mostra in A una porzione del fluoroangiogramma normale, in B quello ottenuto con la simulazione dell'opacizzazione e in C l'immagine elaborata e restaurata mediante un modello di enhancement.

La fig.13 mostra in C il risultato di una elaborazione ottenuta mediante filtri spaziali.

La fig.14 e' relativa ad una immagine digitale di un fluoroangiogramma retinico; la fig.15 mostra una elaborazione dell'immagine di fig.14 per le misure automatiche di lunghezze, calibri ed angoli della rete vascolare; in particolare questa misura viene eseguita nella zona maculare per estrarre parametri necessari per l'esame, lo studio e la diagnosi della retrazione vitreale.

Esempio di elaborazione di dosimetria in Radioterapia

Nella pag. 16 e' illustrata una applicazione dell'elaborazione numerica di immagini per la dosimetria di un fascio di elettroni in Radioterapia; anche per questa applicazione e' stato utilizzato il

microfotometro MFA/DIGIRAD per l'acquisizione dei dati e il sistema GEPIRAD per il loro trattamento.

Lo scopo del lavoro e' la misura della dose emessa da una sorgente di elettroni impiegata in radioterapia; i risultati fino ad ora ottenuti dimostrano l'accuratezza del metodo per la misura della distribuzione della dose in sezioni planari sia ortogonali che parallele alla direzione di propagazione del fascio. Le misure effettuate insieme con le ricostruzioni tridimensionali, sono utilizzabili in varie applicazioni in radioterapia come: il controllo della qualita' del fascio di radiazioni di vario tipo ed energia, la verifica di trattamenti simulati su fantoccio e il controllo di schermature personalizzate.

Una delle attivita' attuali riguarda la Radioterapia Oncologica; in questa disciplina la terapia dei processi neoplastici viene prevalentemente effettuata utilizzando sorgenti di radiazioni di alta energia con lo scopo di irradiare con dosi elevate ed in modo omogeneo il focolaio tumorale e al tempo stesso evitare, o comunque rendere minima, l'irradiazione di organi critici circostanti.

L'ottimizzazione del piano di trattamento in Radioterapia Oncologica rappresenta il traguardo operativo verso il quale i fisici sanitari compiono ancora oggi il maggior sforzo di ricerca.

Il trattamento numerico e' stato eseguito su immagini radiologiche ottenute utilizzando una sorgente di radiazioni costituite da un acceleratore lineare Therac 20 Saturno che emette un fascio di elettroni di 20 MeV.

Il fascio incide su un fantoccio costituito da varie lastre di polistirene parallele al piano del sistema di riferimento; per rilevare il fascio di elettroni in un piano ortogonale alla direzione di propagazione sono stati inseriti dei radiogrammi tipo KODAK X-OMAT a varie distanze dalla sorgente.

Dall'analisi dei dati relative alla esperienza delle lastre e' stata eseguita una ricostruzione spaziale della distribuzione della dose. La fig.16 mostra questa distribuzione vista ricavando quattro angoli prospettici.

La fig.17 mostra la distribuzione di dose nel radiogramma parallelo; la fig.18 e' una immagine di sintesi ricavata dalla matrice spaziale ricostruita come indicato nella fig.16 secondo un piano identico a quello relativo alla esposizione parallela della fig.17. Queste ultime due immagini sono state messe in confronto per mettere in evidenza la qualita' delle elaborazioni eseguite.

Per informazioni piu' dettagliate relative agli esempi applicativi citati si fa riferimento ai lavori citati in bibliografia, svolti in collaborazione con utenti e ricercatori del settore medico.



Esempio di angiografia cerebrale

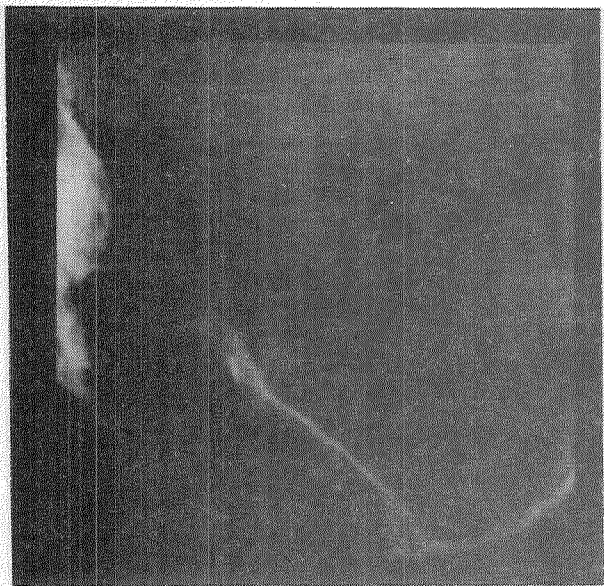


Fig.1: immagine maschera acquisita in assenza di mezzo di contrasto.

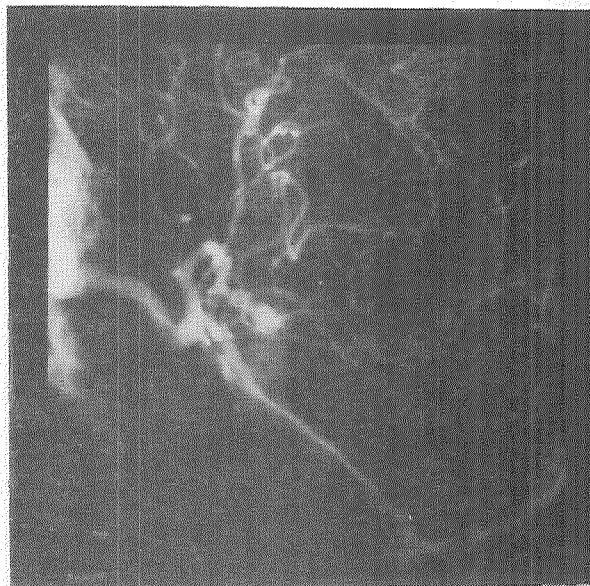


Fig.2: immagine acquisita in presenza di mezzo di contrasto.

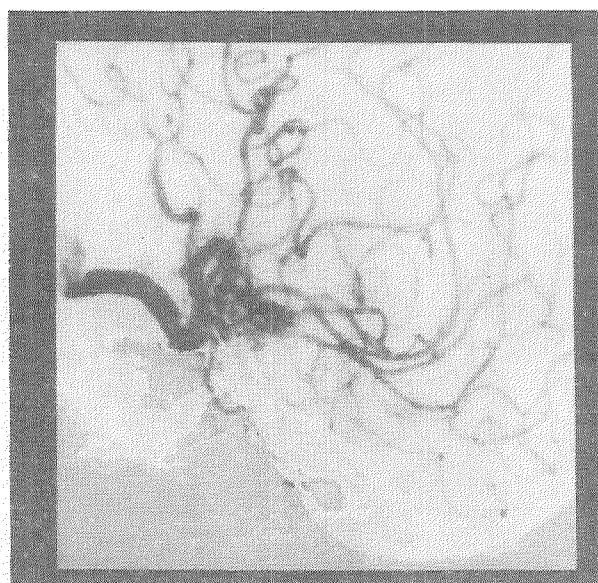
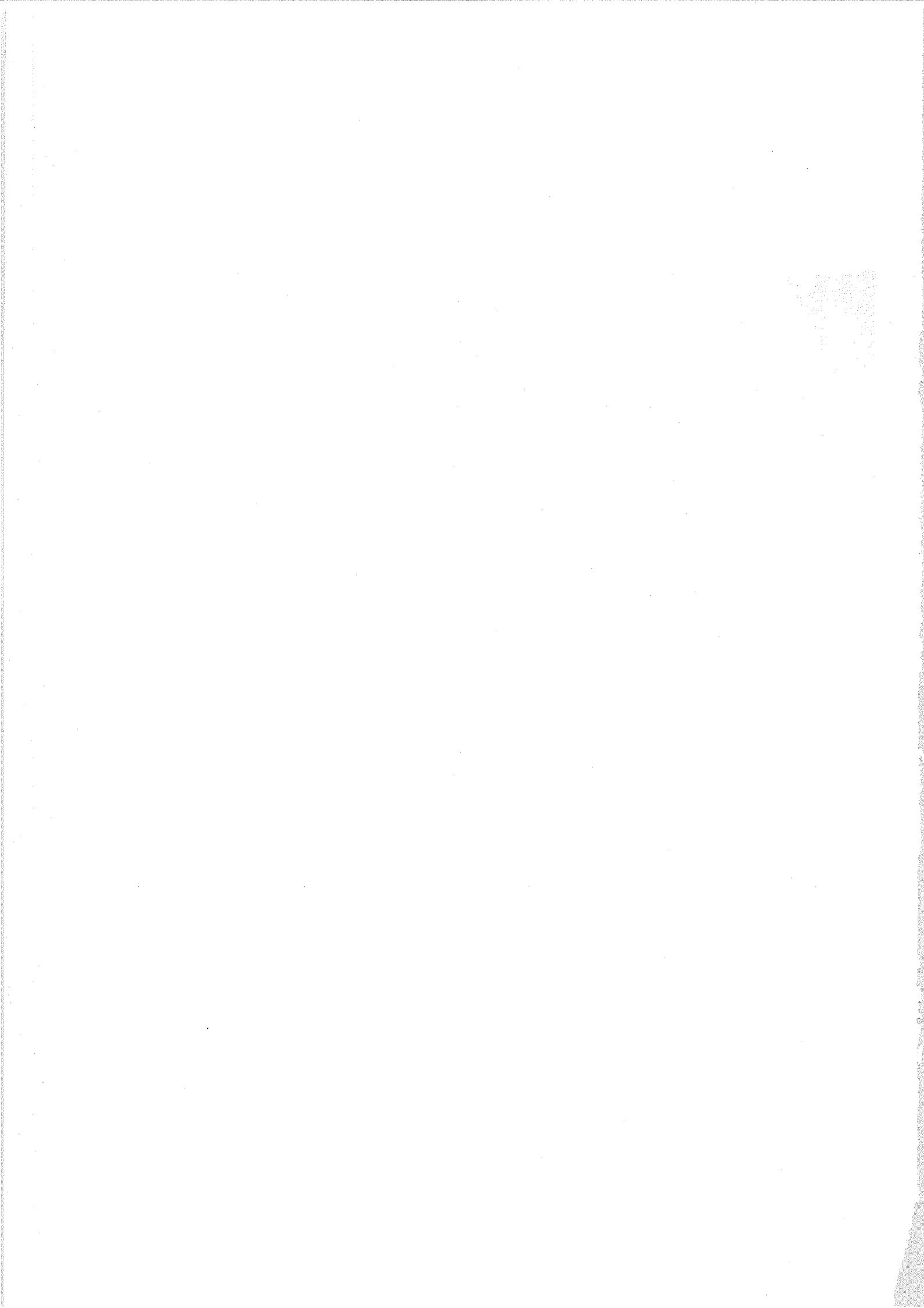


Fig.3: immagine angiografica ottenuta applicando un modello di preelaborazione e analisi.



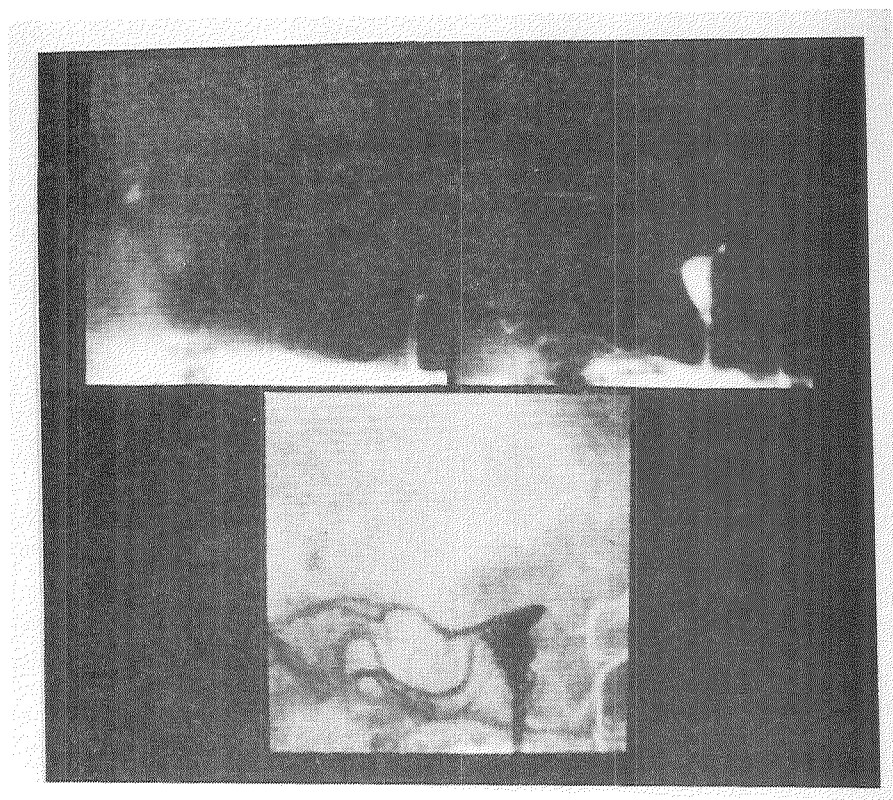


Fig.4: processo di elaborazione per l'angiografia sottrattiva relativa ad un altro caso di aneurisma cerebrale.

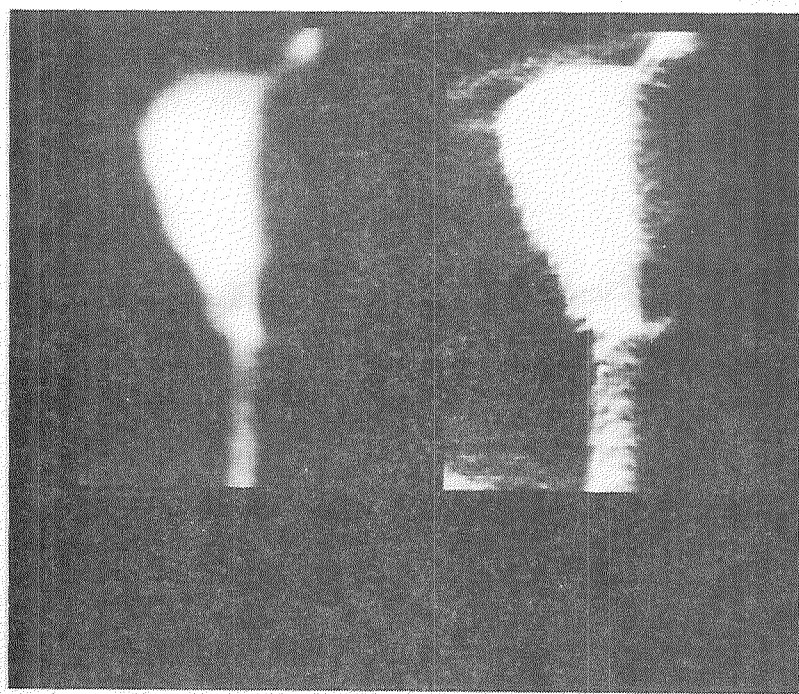


Fig.5: a sinistra immagine ingrandita mediante zoom hardware, a destra la stessa immagine elaborata per estrarre contrasti e contorni.



Esempio di radiologia digitale della mano

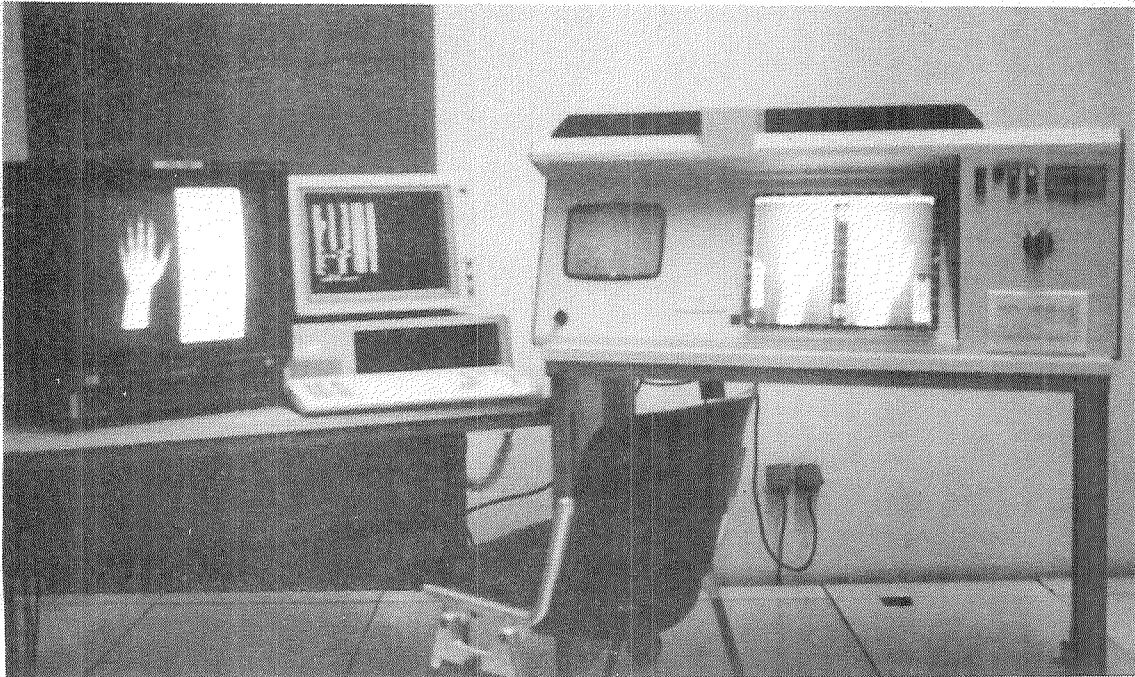


Fig.6: la stazione di lavoro SIRAD per l'acquisizione e il trattamento di immagini radiografiche. A destra si individua il microfotometro per l'acquisizione delle immagini; a sinistra il personal PC/XT e monitor di rappresentazione.

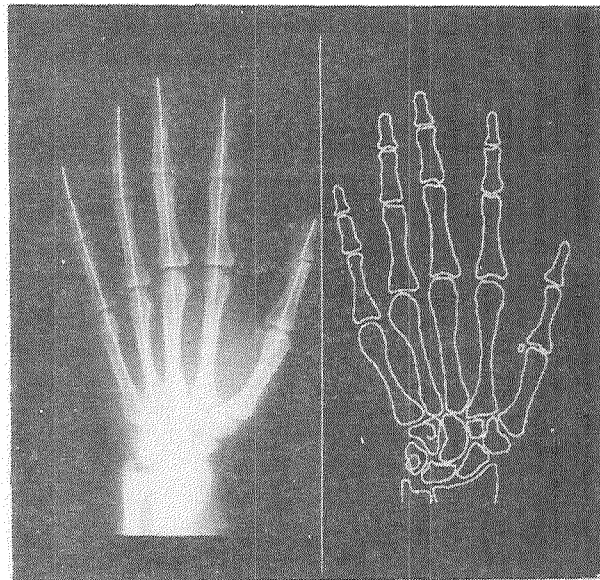
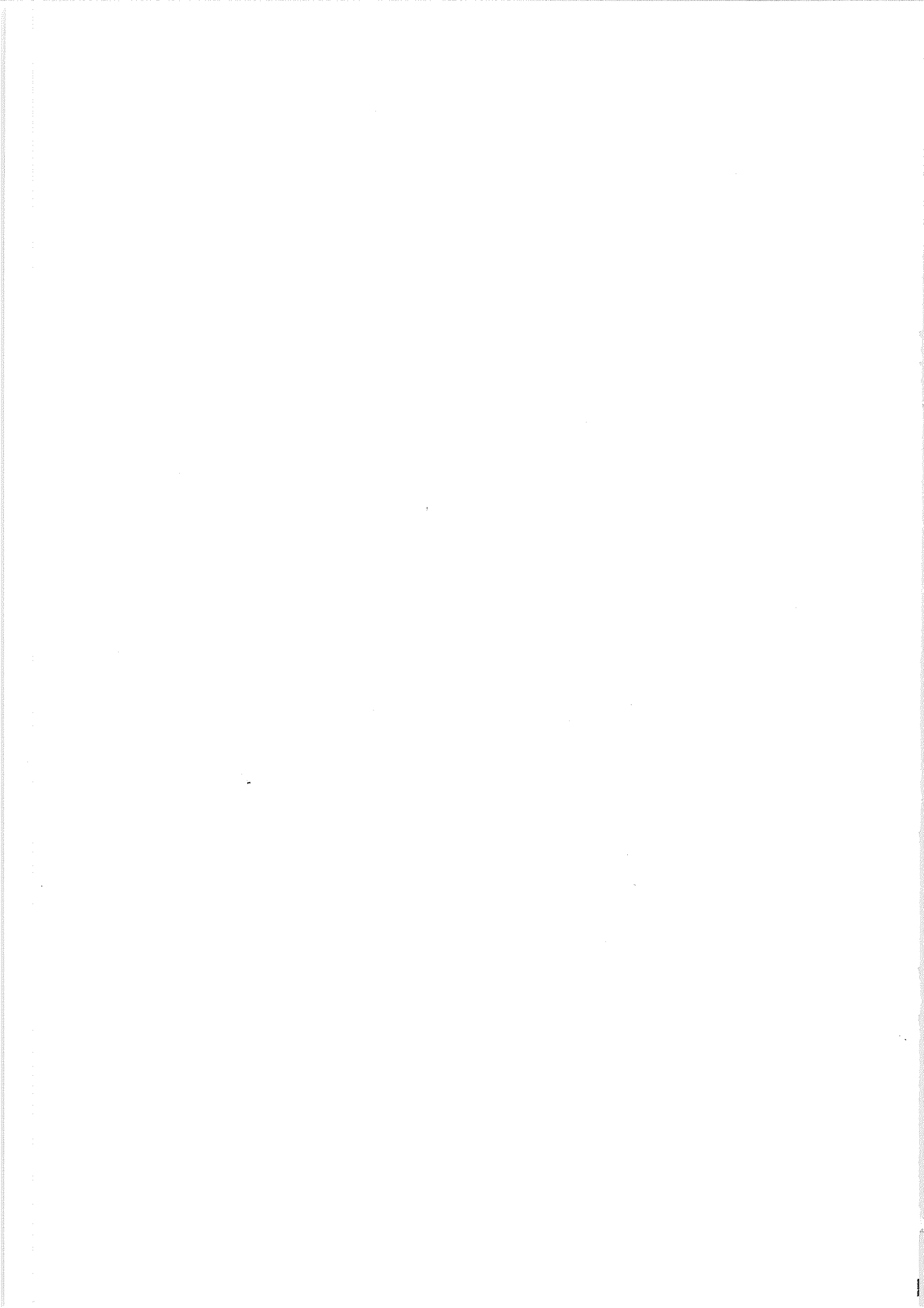


Fig.7: a sinistra immagine acquisita ed elaborata con sovrainpressi i segmenti di misura; a destra immagine per la guida alle misure.



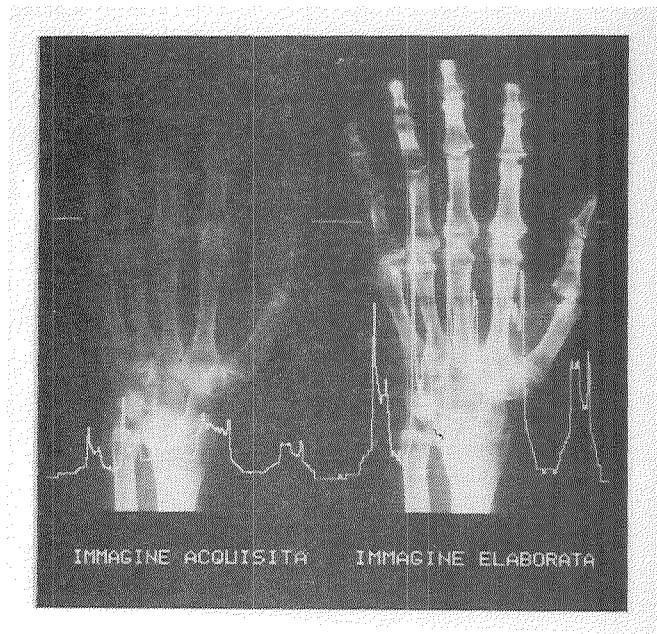


Fig.8: a sinistra l'immagine acquisita e a destra quella elaborata mediante un modello di equalizzazione; in sovrapposizione e' riportata la distribuzione dei valori di densita' ottica relativa ad una riga della matrice immagine.

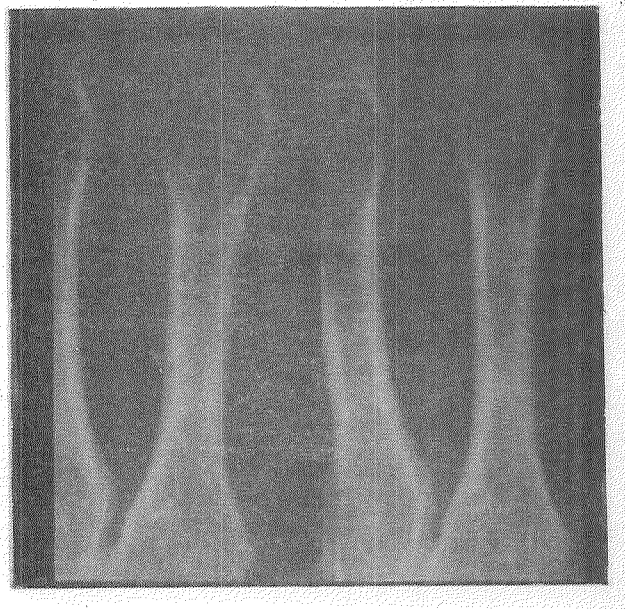


Fig.9: a sinistra l'immagine acquisita, a destra lo stesso particolare ruotato per consentire la misura della corticale.



Esempio di elaborazione di immagini retiniche

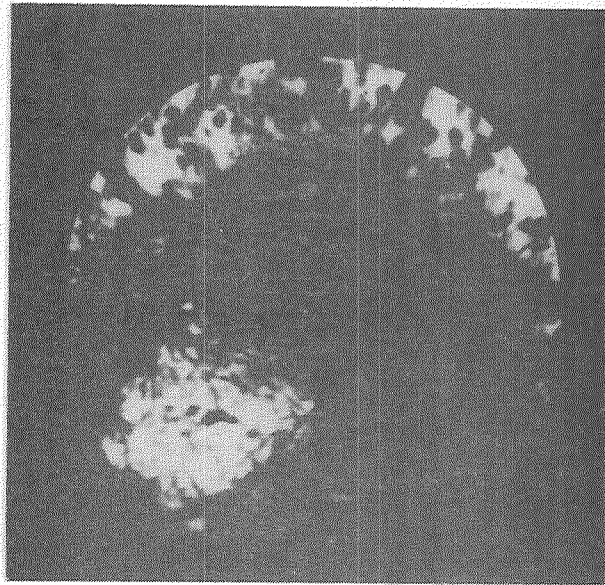


Fig.10: immagine digitalizzata di un fluoroangiogramma in un caso di retinite pigmentosa.

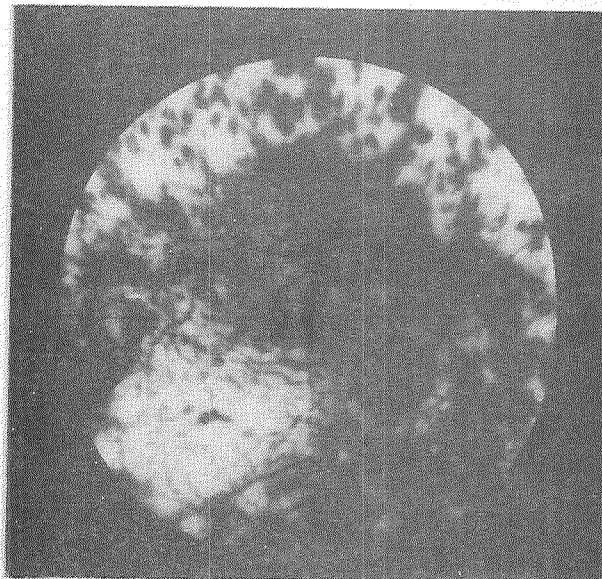


Fig.11: immagine elaborata sulla quale e' stata acquisita la misura dell'area interessata dalla patologia, individuata dalle isolinee sovrainpresse.



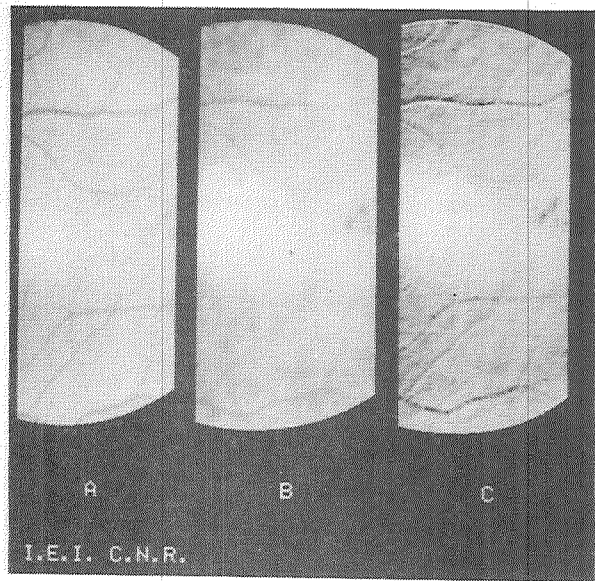


Fig.12: elaborazione di immagini fluoroangiografiche retiniche mediante un modello di enhancement.

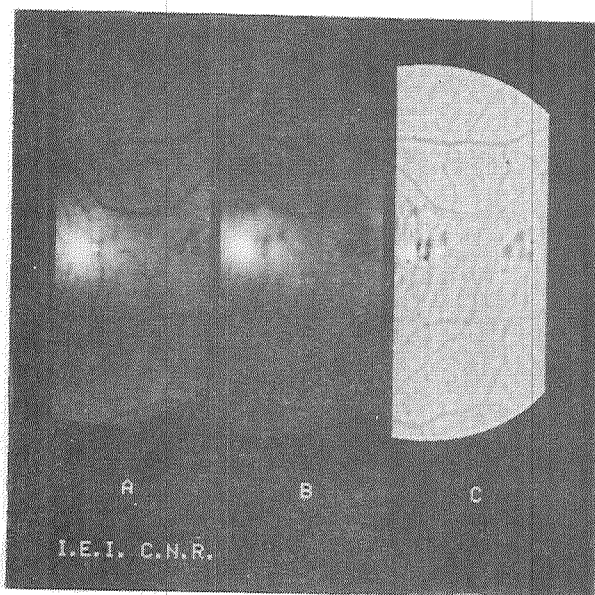
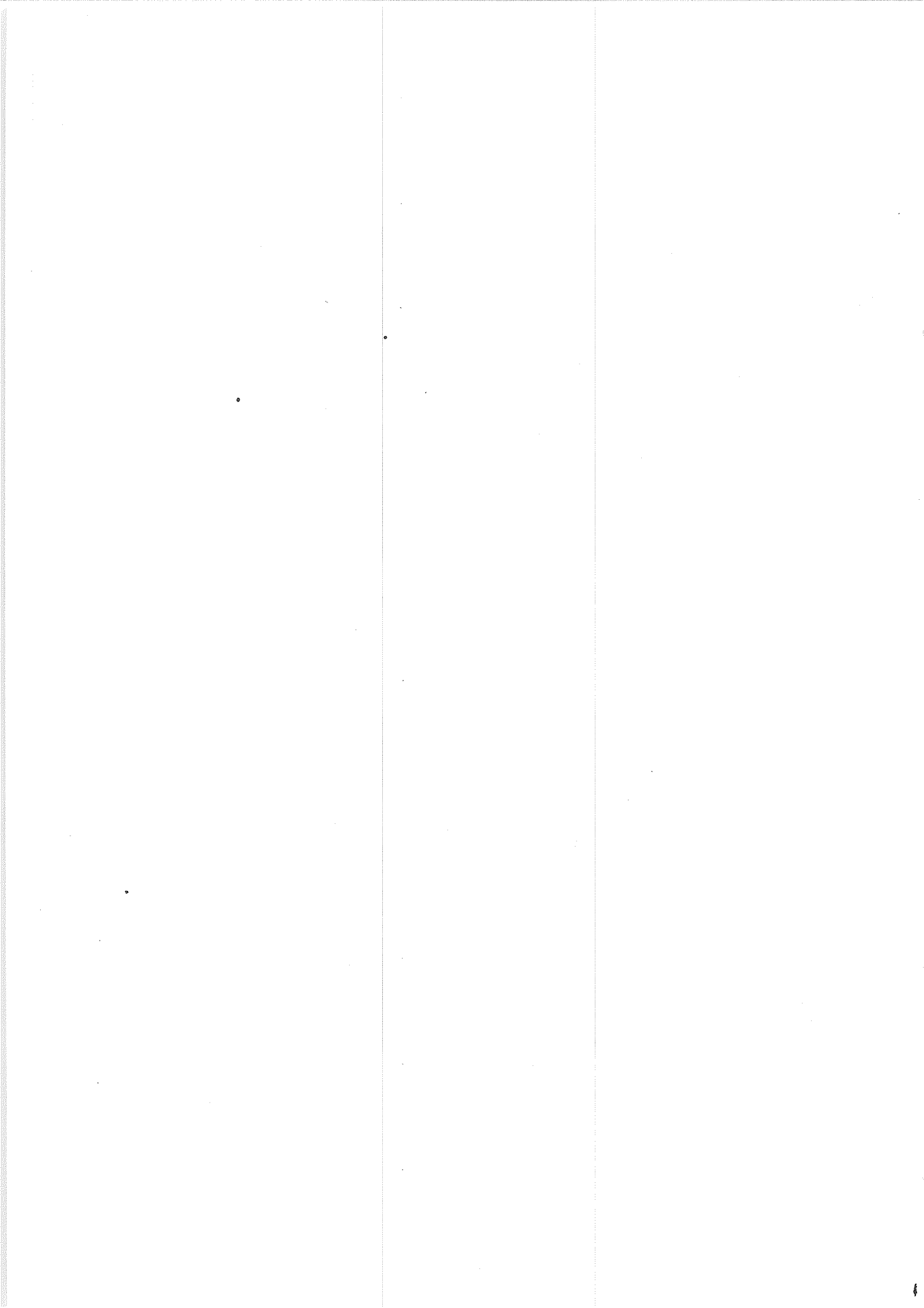


Fig.13: elaborazione di immagini fluoroangiografiche retiniche mediante operatori di filtraggio spaziale.



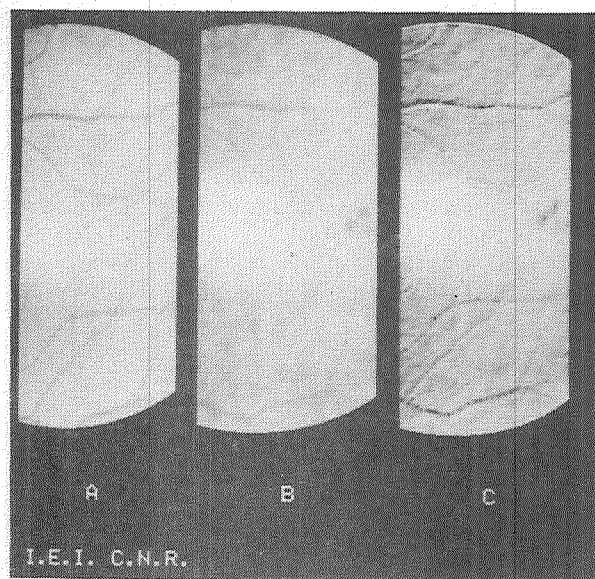


Fig.12: elaborazione di immagini fluoroangiografiche retiniche mediante un modello di enhancement.

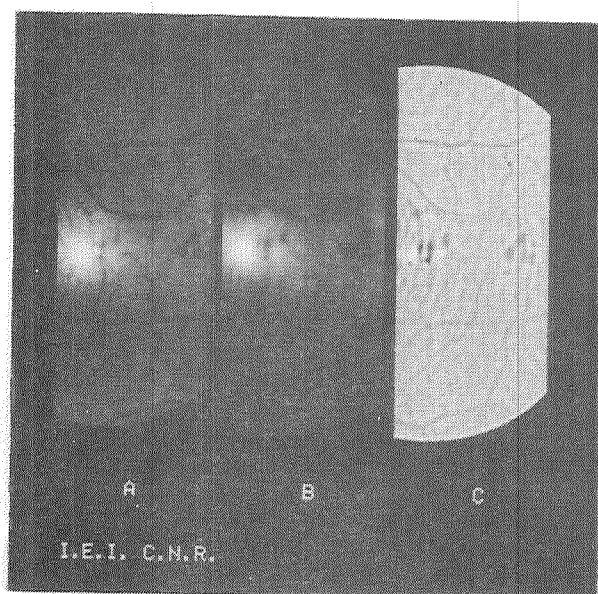
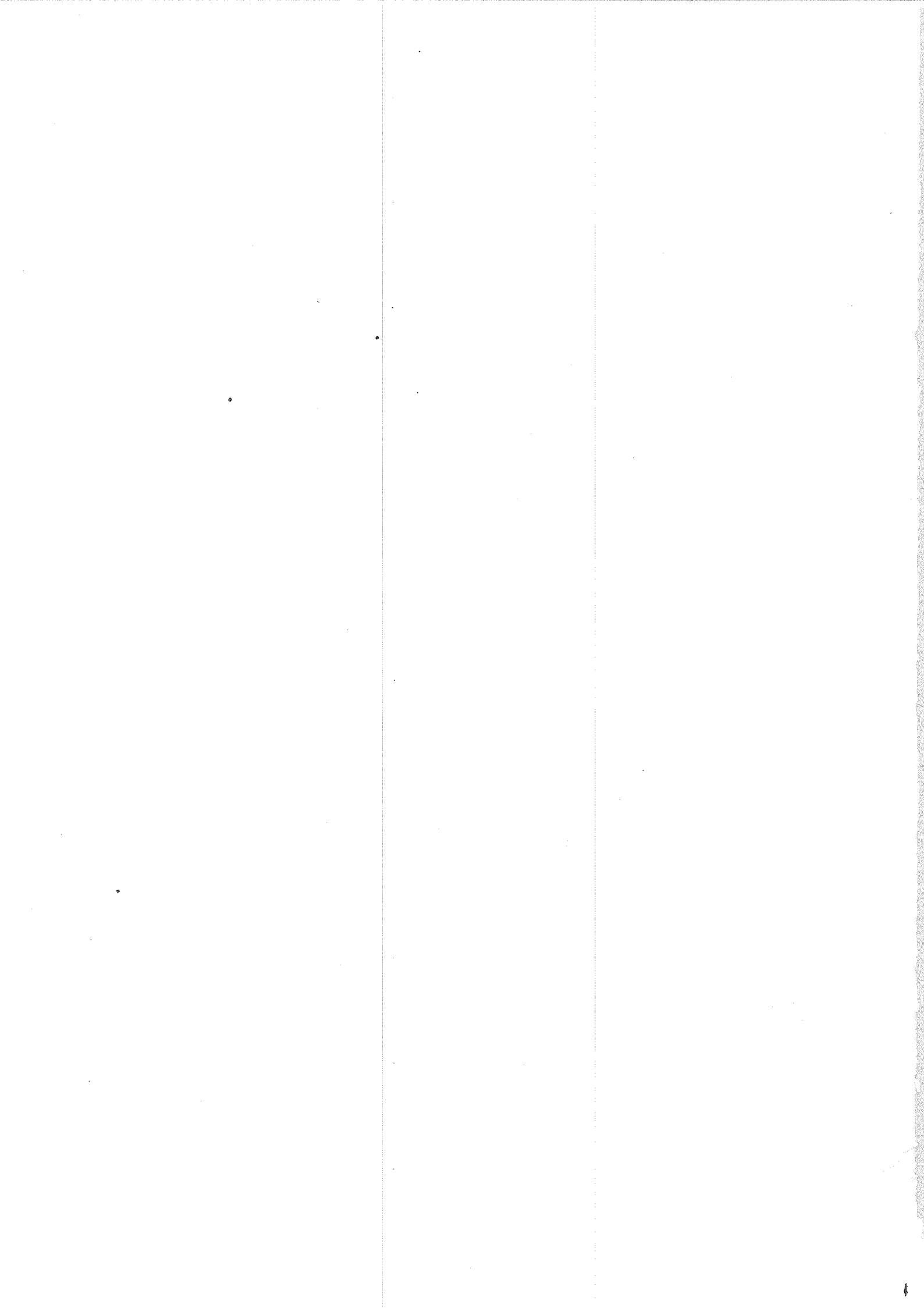


Fig.13: elaborazione di immagini fluoroangiografiche retiniche mediante operatori di filtraggio spaziale.



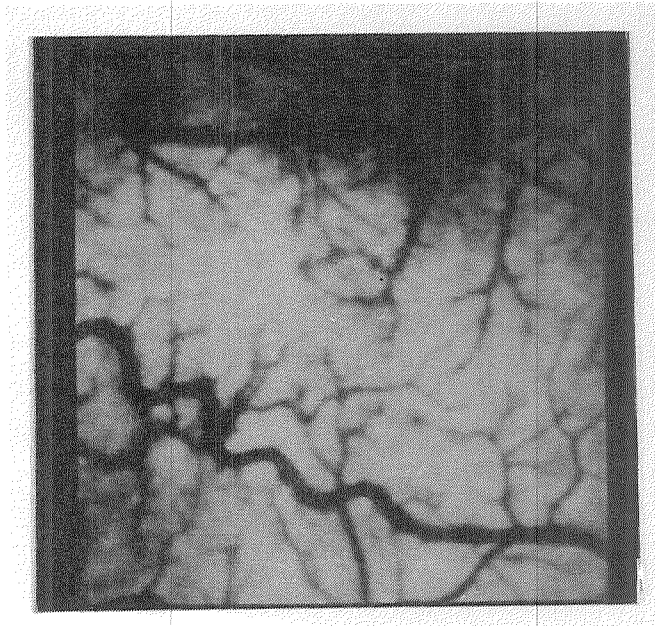


Fig.14: immagine digitalizzata della zona maculare di un fluorescein angiogramma retinico.

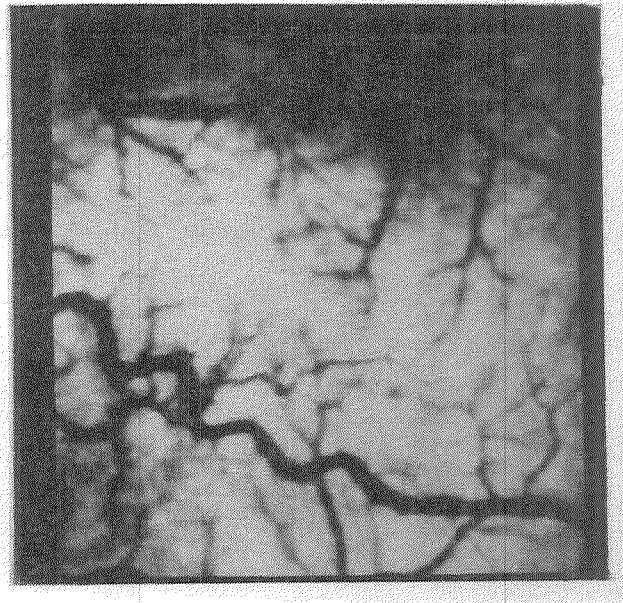
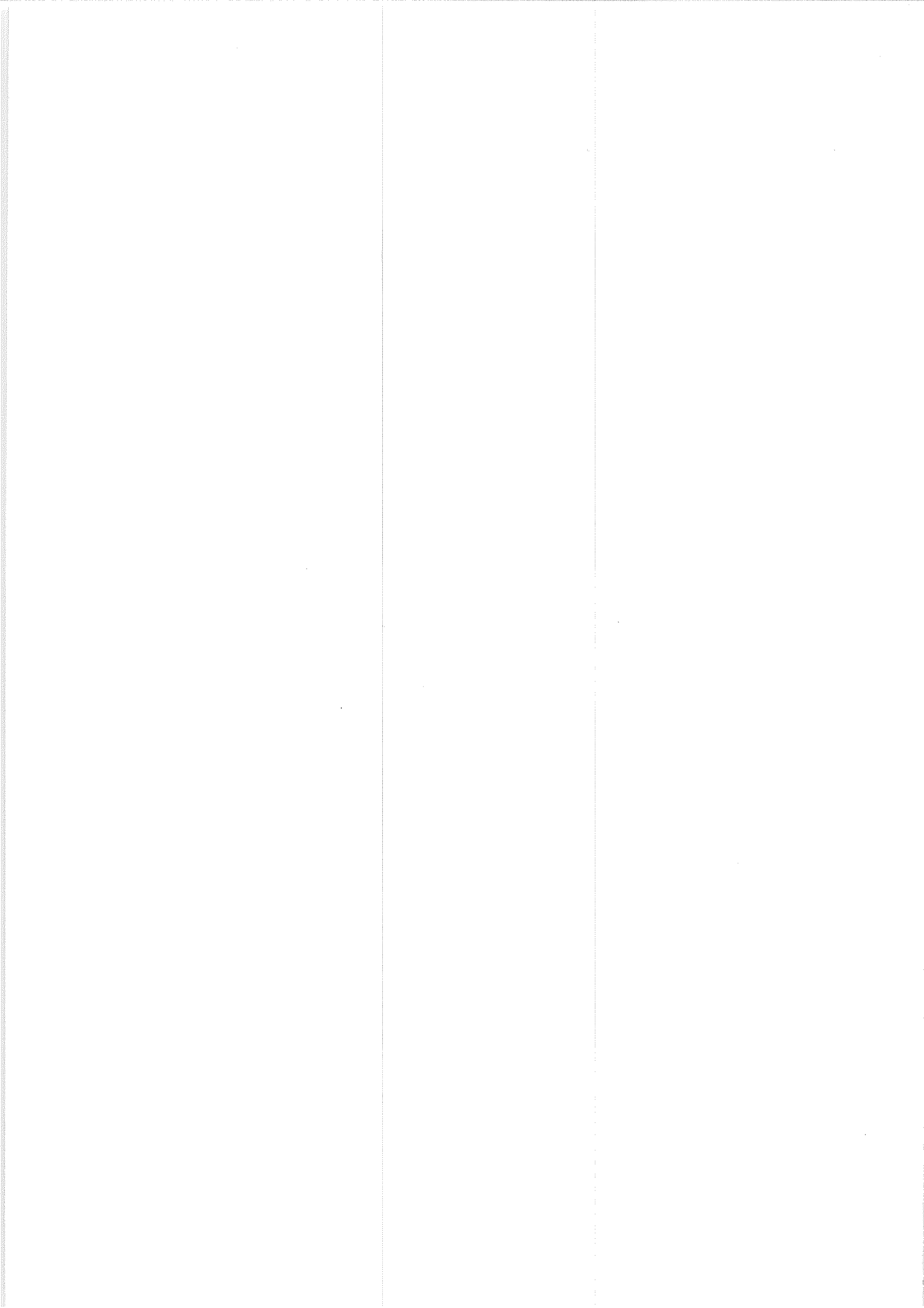


Fig.15: immagine elaborata con sovrainpresso il tracciato vettoriale dei vasi per le misure di lunghezze, calibri ed angoli.



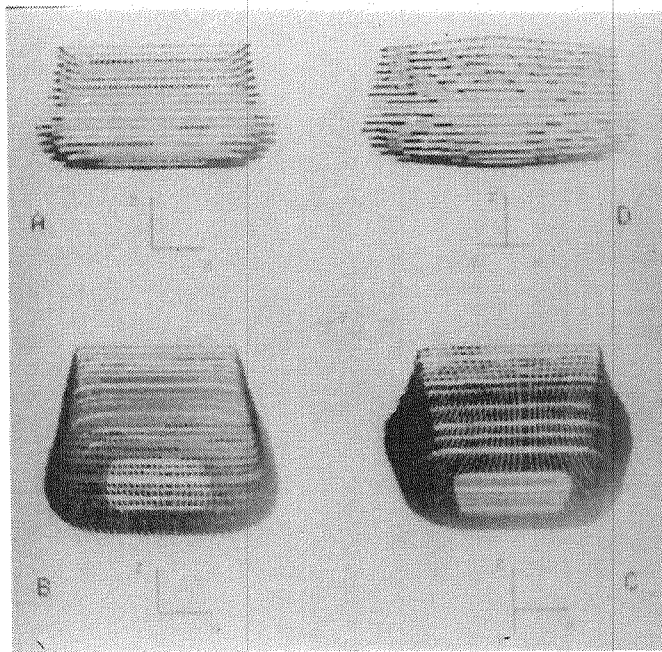


Fig.16: ricostruzione tridimensionale di una superficie equipotenziale discreta con diversi angoli di vista.

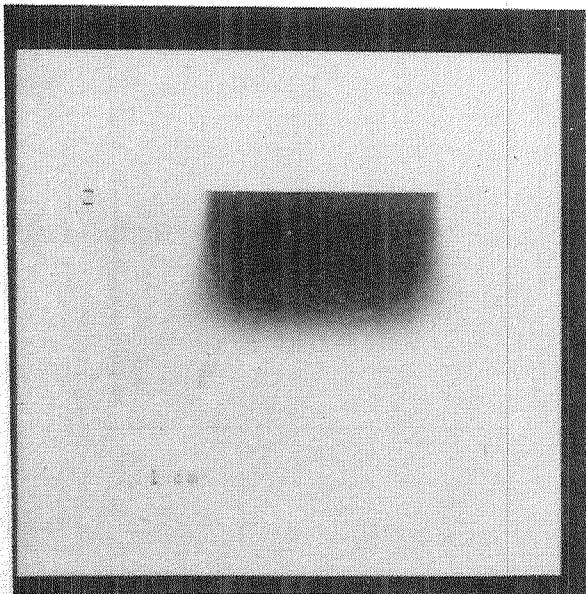


Fig.17: immagine digitalizzata della distribuzione della dose nel radiogramma parallelo all'asse di esposiz.

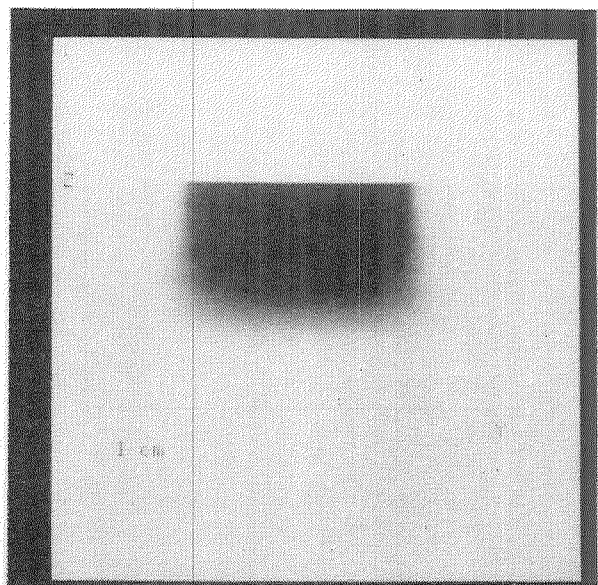
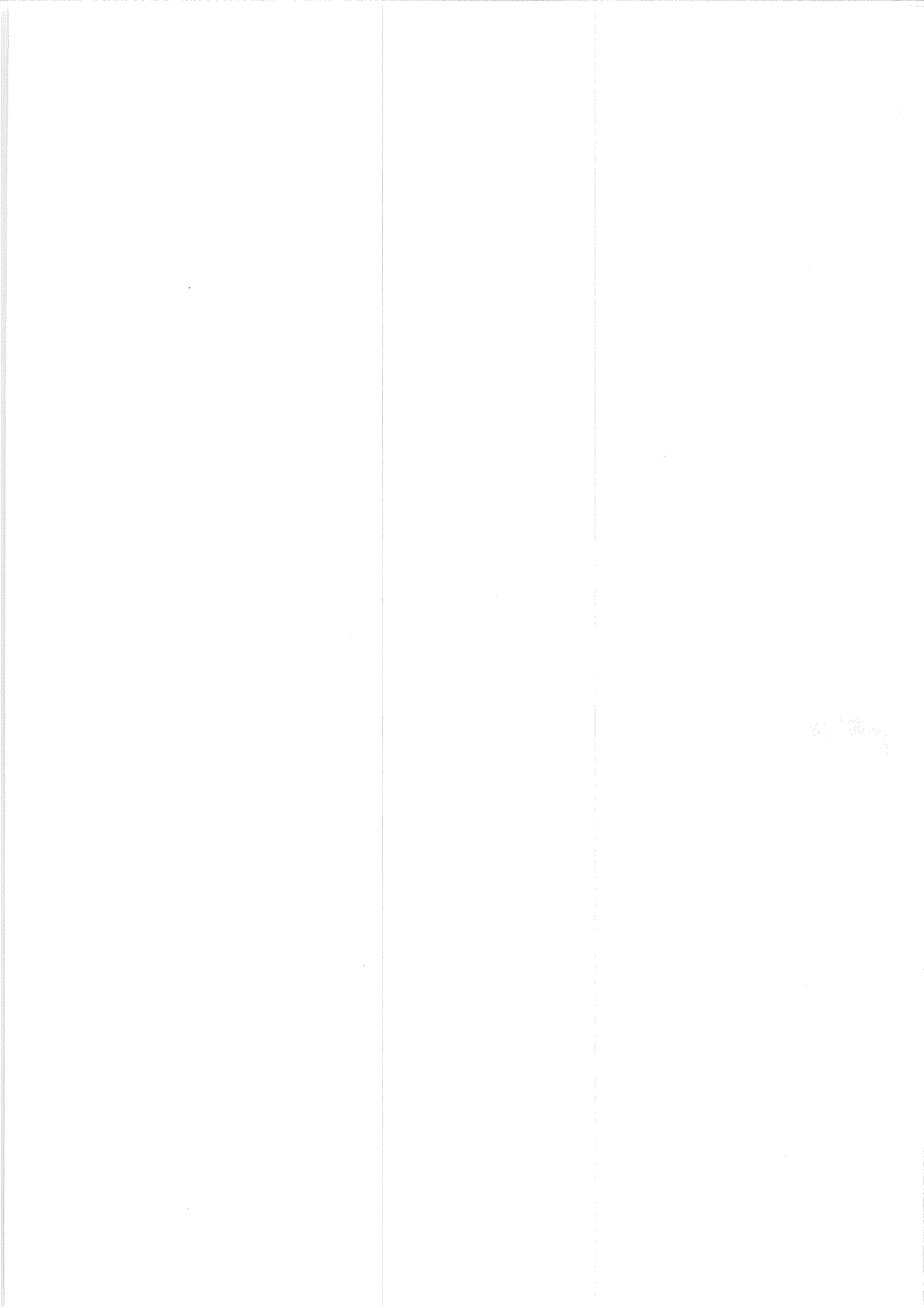


Fig.18: immagine digitale di sintesi ricavata dalla distribuzione spaziale di fig.16.



Bibliografia

- 1) L.Azzarelli, M.Chimenti, O.Salvetti, P.Ammannati, M.Lazzeri: A System for Biomedical Image Acquisition and Processing. In: Physics in Environmental and Biomedical Research. S.Onori, E.Tabet (eds.) World Scientific, Singapore, 1986, pp.325-328.
- 2) M.Lazzeri, L.Fatigante, L.Azzarelli, M.Chimenti, O.Salvetti: Controllo di qualita' in Radiologia: Progressi nell'acquisizione e trattamento di immagini radiografiche. In: Incontri Mediterranei di Radiologia, XXXII Congr. Naz. SIRMN (Riassunti Vol.I) Schering SpA (eds), Milano 1986, 12
- 3) L.Azzarelli, M.Salvetti, S.Cesaro, P.Collavoli, S.Pancrazi, M.Puglioli, R.Canapicchi: Elaborazione numerica delle immagini di angiografia cerebrale negli aneurismi intracranici. In: Incontri Mediterranei di Radiologia, XXXII Congr. Naz. SIRMN (Riassunti Vol.I) Schering SpA (eds), Milano 1986, p.388.
- 4) G.Perri, D.Trippi, L.Azzarelli, R.Bozzi, M.Chimenti: Sviluppo ed applicazione di un sistema informatico per l'analisi di radiografie della mano. In: Incontri Mediterranei di Radiologia, XXXII Congr. Naz. SIRMN (Riassunti Vol.I) Schering SpA (eds), Milano 1986, p.606-608.
- 5) L.Azzarelli, S.Cesaro, M.Chimenti: Caratteristiche sperimentali del dispositivo MFA/DIGIRAD. P.F. Tecnologie Biomediche e Sanitarie, Atti interni IEI, Ottobre 86.
- 6) D.Trippi, G.Perri, L.Azzarelli, M.Chimenti, R.Bozzi: Applicazione di un sistema di radiologia digitalizzata della mano in reumatologia. In: Congr.Naz. SIR (Riassunti) Reumatismo, Montecatini 1986, p.165.
- 7) L.Fatigante, F.Ducci, M.Lazzeri, M.Laddaga, L.Azzarelli, M.Chimenti, O.Salvetti, F.Denoth: Automatic Quality Control in Brachitherapy using Radiological Images: A Comparative Study with Computerized Planning Systems. In: 5th Annual Meeting of the European Society for Therapeutic Radiology and Oncology (ESTRO) (Abs.) Baden Baden(Germany) 1986, p.294.
- 8) M.Lazzeri, L.Fatigante, M.Laddaga, L.Azzarelli, M.Chimenti, O.Salvetti, F.Denoth: Beam Homogeneity Analysis using a System for Biomedical Image Acquisition and Processing. In: 5th Annual Meeting of the European Society for Therapeutic Radiology and Oncology (ESTRO) (Abs.) Baden Baden(Germany) 1986, p.291.
- 9) M.Lazzeri, L.Azzarelli, M.Chimenti, L.Fatigante, O.Salvetti: Quality Assurance and Control in Radiology using an Image Processing Approach. Estratto da: 'Digitale Bildgebende Verfahren Integrierte Digitale Radiologie'. 4. Grazer Radiologisches Symposium (Graz, 1985), pp.986-989. Berlin, schering, 1986.
- 10) L.Azzarelli, S.Cesaro, M.Chimenti: DIRAD/LS: Procedura per l'acquisizione e la digitalizzazione di immagini mediante il dispositivo MFA/DIGIRAD. I.E.I., Atti Interna, Ottobre 1986.

