

Storia (Uno sguardo al passato...)

Il controverso e tortuoso percorso verso la terza dimensione in radiologia

Analisi storica essenziale delle tappe che hanno preceduto l'avvento della TAC

a cura di Mario Reggio

Riassunto breve: *Vengono ripercorse in maniera sintetica le principali tappe che hanno portato alla esplorazione della terza dimensione in radiologia convenzionale, prima dell'avvento delle tecniche computerizzate, come la TAC e la RM.*

Subito dopo la scoperta dei raggi X da parte di Wilhelm Conrad Röntgen, si è aperta una entusiastica ricerca sulla esplorazione del corpo umano intatto, tuttavia già nei primi anni si sono cominciati a percepire alcuni limiti della nuova tecnica diagnostica. Per meglio comprendere lo stato d'animo dei radiologi di questa stagione relativamente lunga, ma che possiamo senz'altro definire pionieristica, vale la pena di riportare le parole di un protagonista di quell'epoca, Alessandro Vallebona (1899 – 1987) ¹⁾:

“Tutti sanno che l'immagine Röntgen è costituita dalle ombre di diverse parti sovrapposte, immagine in cui predominano, è vero, le rappresentazioni dei vari organi ed apparati più opachi, ma sempre, anche in questa condizione, a tali ombre se ne sovrappongono altre di parti più trasparenti e quindi essa risulta una immagine complessa nella quale non sempre si riesce a differenziare le rappresentazioni radiografiche di un determinato organo o strato.

Il mio Maestro (Vittorio Maragliano, n.d.r.) nelle sue lezioni riporta spesso il seguente esempio: se noi immaginiamo di avere un libro stampato su carta trasparente e se osserviamo questo libro chiuso per trasparenza di fronte ad una sorgente luminosa, l'immagine che risulterà dalla sovrapposizione di tutti i caratteri di stampa costituirà

un'ombra molto confusa, nella quale non potranno essere riconosciuti i caratteri della stampa. Queste condizioni di osservazione rappresentano quelle della indagine Roentgen abituale”.

Un primo tentativo di superare i limiti bidimensionali della radiografia tradizionale, recuperando la terza dimensione, fu mediante la stereo-radiografia, in cui si ottenevano due immagini spostando in due diverse posizioni il tubo radiologico, senza muovere il paziente, per poi osservare mediante particolari oculari le due immagini al fine di ottenerne una visione stereoscopica. Come ulteriore perfezionamento di questa tecnica, fu persino avanzata la proposta di realizzare speciali tubi radiologici con catodi ed anodi sdoppiati, in modo di ottenere immagini stereografiche più precise senza dover spostare il tubo²⁾. La prima applicazione effettiva dell'indagine stereoscopica in radiologia si può riferire ad un articolo di E. Tomson (1853-1937)³⁾

Fu in particolare con la prima guerra mondiale, durante la quale la necessità di localizzare radiologicamente schegge e proiettili nel corpo dei feriti, che si presentò in tutta la sua drammatica urgenza la

necessità di recuperare la terza dimensione in radiologia.

A questo scopo furono escogitati numerosi dispositivi da utilizzare in abbinamento a tecniche radiologiche, tra cui ci limitiamo a ricordare il “compasso (o bussola) di Hirtz”, utilizzato in una tecnica radiografica mediante due proiezioni ortogonali, e il “compasso di Nemirowsky”⁴⁾, ma secondo una comunicazione privata di R. Van Tiggelen, curatore del Museo Belga della Radiologia, nel periodo della guerra furono decine i dispositivi analoghi.

I primi ad applicare tecniche che impiegavano il movimento di almeno uno dei tre elementi, tubo radiologico-paziente-visualizzatore, con lo scopo di “sfumare le ombre di organi disposti su piani diversi da quello di interesse”, furono rispettivamente un medico radiologo polacco, Karol Mayer nel 1914 e un medico militare italiano, Carlo Baese nel 1915⁵⁾. Il Mayer utilizzò la tecnica di muovere il tubo RX nelle proiezioni postero-anteriori del torace per porre in maggiore evidenza le strutture cardiache: queste, infatti, trovandosi vicine al film radiografico, risultavano più nitide delle strutture polmonari o

delle costole posteriori, più sfumate e mosse a causa della maggior vicinanza al fuoco del tubo. Il fiorentino Carlo Baese, sviluppò invece un sistema di localizzazione dei proiettili realizzando un dispositivo, chiamato radio-stereometro in cui un tubo radiologico veniva mosso collegandolo mediante una leva ad un fluoroscopio (R. Van Tiggelen, op. cit.), mettendo in movimento due delle tre componenti sopra citate. Questo metodo è citato anche da Vallebona ⁶⁾:

“Immaginiamo che lastra e tubo Roentgen siano collegati da un sistema rigido capace di ruotare attorno ad un asse spostabile, sul tipo di quel dispositivo del Baese che utilizzavamo in guerra per localizzare i proiettili, e che mentre si eseguisce la radiografia, questo sistema rigido venga a subire un movimento di rotazione sopra un asse. Accadrà che quella regione che si trova sull’asse avrà una buona immagine radiografica, mentre le altre parti verranno ad essere mosse e quindi non nitide sul radiogramma”.

È comunque evidente che nessuno di questi metodi otteneva, ma nemmeno si proponeva di ottenere, l’immagine piana di una sezione corporea (ARRS, op. cit.).

Il primo a porre le basi teoriche per la “radiografia sezionale” fu André Edmund Marie Bocage, un dermatologo francese. Egli concepì questa idea nel 1917, durante il periodo militare, perfezionandola mentre prestava servizio presso l’ospedale Salpêtrière di Parigi. Nel 1921 presentò domanda di brevetto presso il relativo ufficio francese. Il brevetto fu riconosciuto nel febbraio del 1922 e reso pubblico tre mesi più tardi. Bocage non si limitò a presentare un semplice progetto, ma si addentrò nei principi teorici di base, principi che trovarono pratica attuazione diversi anni più tardi (ARRS, op. cit.). Quattro mesi dopo altri due francesi, Felix Portes e Maurice Chausse, avanzarono richiesta di brevetto per un dispositivo che impiegava praticamente una delle diverse tecniche proposte da Bocage. Un altro brevetto per un dispositivo analogo fu proposto nel 1927 dal tedesco Ernest Pohl (Vallebona, 1938).

Nel febbraio 1930 Vallebona pubblica il suo primo lavoro sulla “dissociazione radiografica delle ombre” (Vallebona, 1930), sviluppando maggiormente l’argomento al Congresso Nazionale di Radiologia Medica di Torino (maggio 1930)⁷⁾. In questi lavori il nostro il-

lustra il suo metodo con l'aiuto di alcuni schemi (v. fig.1). Nello schema a) si evidenzia l'effetto della macchia focale sulla riduzione della nitidezza di un dettaglio cranico, la sella turcica, che presenta una sfumatura periferica a causa dell'effetto penombra, nonostante la presenza di una griglia anti-diffusione focalizzata. Nello schema b) si realizza la riduzione dell'effetto penombra mediante l'introduzione di un diaframma puntiforme (tipo pin-hole); questa tecnica verrà denominata dal nostro "microradiografia". Nello schema c) si mostra infine come una "piccola" rotazione del cranio attorno ad un asse passante per la sella turcica, provocherà una maggiore sfumatura di movimento sui punti più lontani dall'asse di rotazione, mentre tale sfumatura risulterà tanto più ridotta quanto più i punti di interesse si troveranno vicino all'asse. Si noti, per inciso, che dalla figura si può dedurre che il tipo di tubo radiologico impiegato dal nostro sia ancora di tipo "focus", a catodo freddo. Specificherà infatti il Vallebona (Vallebona 1938): "*In seguito, potendo disporre di tubi ad anodo rotante (evidentemente di tipo Coolidge, n.d.r) e di elevata intensità, e quindi potendo impiegare grandi distanze focali, eliminai il dispositivo*

della micro radiografia che rendeva necessario

Con una accurata analisi matematico-geometrica, Stefano Bistolfi⁸⁾ dimostrò che l'effetto della piccola rotazione del paziente consentiva di limitare la sfumatura geometrica dei dettagli situati in un piano ortogonale al fascio, contenente l'asse di rotazione, mentre la sfumatura risultava massima sui piani anteriore e posteriore più lontani dall'asse di rotazione (V. fig.2)

Vallebona realizzò per primo un dispositivo in grado di effettuare radiografie di uno strato all'interno di un paziente e continuò con i suoi collaboratori un intenso lavoro teso a perfezionare quella che egli denominò "tomografia assiale trasversa" e chiamò la sua apparecchiatura "Stratigrafo universale"; infatti il suo dispositivo fu unico, in quanto, oltre ad immagini assiali, era in grado di produrre tomogrammi unidirezionali nei piani frontali (coronali) e sagittali (AR-RS, 1996).

Va specificato che il movimento del paziente veniva inizialmente effettuato dalla mano del radiologo stesso, "debitamente protetto contro le radiazioni". Vallebona utilizzerà infine due metodi, quello appena descritto, in cui il tubo RX e

la lastra RX restano fermi, mentre si muove il paziente, l'altro in cui il paziente resta fermo e vengono fatti ruotare attorno ad un asse sia il tubo che la lastra RX rigidamente collegati tra loro⁹⁾. Già dal 1930, su suggerimento del prof. Busi, il metodo riceverà il nome di "stratigrafia".

Due anni dopo, l'ingegnere e medico olandese, poi professore di Radiologia all'Università di Amsterdam, Bernard Georg Ziedses des Plantes (1902-1993) realizzò un prototipo su cui pubblicherà un lavoro intitolato "Una nuova tecnica röntgenografica" che egli chiamerà planigrafia¹⁰⁾. Anche Ziedses des Plantes utilizzerà per dimostrare le caratteristiche del suo prototipo lo stesso fantoccio utilizzato da Vallebona, un cranio umano.

Vallebona non mancherà di lamentarsi ufficialmente¹¹⁾ sull'uso del termine "nuova tecnica" utilizzato da Ziedses des Plantes, e sul fatto di non essere stato minimamente citato da quest'ultimo, pur essendo stati da tempo pubblicati suoi lavori su questa tecnica su riviste specializzate sia di lingua tedesca¹²⁾ che di lingua inglese¹³⁾.

Il metodo proposto da Ziedses des Plantes, è comunque diverso da

quanto proposto da Vallebona: nel suo caso il paziente rimane immobile, mentre il tubo RX e la lastra radiografica si muovono in consenso su piani paralleli ma in direzioni opposte (V. fig. 5)

Per maggiore chiarezza, riportiamo in fig. 6 lo schema di funzionamento del dispositivo progettato e brevettato da Grossman (Germania) nel 1934: il suo tomografo, prodotto da Sanitas-Berlin fu la prima unità tomografica ad essere commercializzata a partire dal 1934.

Dopo i lavori citati di Vallebona e di Ziedses des Plantes, numerosi autori si cimentarono con il problema della ricostruzione radiografica di particolari strati anatomici, ne citiamo solo alcuni:

1931-1932, Bartelink, Olanda, brevetto del 1932, unità realizzata 1934-1935 Grossmann, Germania, brevetto francese del 1934

1934-1935 Siemens, Germania, produce due tipi di unità tomografica, l'Introskop e il Planigraph.

1937, Massiot, Francia, Costruttore, realizza il "Biotome" in onore di Bocage

1937-1939 Watson, UK, realizza il "Sectograph"

1937, Kieffer, Usa, costruisce il "Laminagraph"

Questo elenco sugli sviluppi della stratigrafia convenzionale, tratto ed adattato da ARRS (op. cit.), potrebbe proseguire fino al 1980, anche se il metodo segnerà alquanto il passo negli anni quaranta e cinquanta.

Ma le ricerche non conobbero soste: nel 1935 G. Bozzetti, basandosi sul principio del secondo metodo di Vallebona (R. Van Tiggelen, 2002) concepirà le linee principali della “tomografia assiale trasversa”, facendo ruotare la lastra radiografica in sincronia con il paziente¹⁴⁾.

Tuttavia il merito per la prima artigianale realizzazione di una apparecchiatura idonea a produrre una tomografia assiale non computerizzata, spetta al radiologo inglese William Watson (1895- 1966). Nel 1937 Watson costruì un dispositivo artigianale per tomografia trasversa, che egli chiamò “*sectorograph*”, costituito da due piattaforme rotanti sincronizzate: una per il paziente in posizione eretta verticale ed una per il film appoggiato sul piano orizzontale, mentre il tubo RX rimane fisso con il fascio diretto orizzontalmente. “*La forza iniziale per indurre la rotazione era attivata da un pezzo di spago arro-*

tolato attorno alla piattaforma del paziente, ed era necessaria una posizione genuflessa del tecnico addetto alla esecuzione dell’esame per poter contemporaneamente azionare lo spago e premere il pulsante della esposizione” ...senza essere investito dal fascio diretto di radiazioni... “*Lavorando su questo modello preliminare, nel 1938 la Medical Supply Association costruì un modello commerciale utilizzando il blocco del cambio di una auto Austin 7 per produrre il movimento rotatorio delle due piattaforme. L’impiego di entrambe queste due apparecchiature fu molto scarso, finché Vallebona ed altri, producendo un grande volume di lavori sul loro apparecchio per tomografia assiale, non vivacizzarono nuovamente l’interesse per questa tecnica* ” (tradotto da ARRS, 1996, p.379)

Già dal 1947 Vallebona rilancerà infatti la sfida con “...nuovo metodo radiografico: radiostratigrafia assiale con radiazioni perpendicolari all’asse”^{15) 16) 17)}. Il nuovo metodo troverà applicazioni in vari settori della diagnostica radiologica, tra cui in particolare quello della radiologia polmonare¹⁷⁾.

Con sorprendente intuizione la SAT (Stratigrafia Assiale Trasver-

sa) convenzionale verrà applicata da Vallebona alla impostazione dei piani di trattamento mediante telecobaltoterapia (Bistolfi, 2005).

Con l'invenzione della TAC (i primi esemplari idonei alla sola scansione del cranio, furono realizzati nel 1971) di Sir Godfrey Newbold Hounsfield (1920-2004) e di Allan Cormack seguita poco dopo dagli spettacolari risultati della RM, dopo un breve periodo di convivenza con la stratigrafia, verrà messa definitivamente e inesorabilmente la parola "fine" alle ricerche su quest'ultima.

Per quanto riguarda la paternità delle prime tecniche rivolte alla terza dimensione in radiologia, si è già detto, e in questa breve rassegna non è stato possibile citare tutti i componenti dell'ampia schiera di ricercatori di tutte le nazioni che hanno prodotto lavori originali su questo argomento, ma mi piace concludere con i commenti su coloro che hanno dato i maggiori contributi all'evoluzione della tomografia convenzionale riportati sull'autorevole e documentatissimo volume dell'ARRS più volte citato:

"Vallebona contributed extensively to the literature during his

long career. According to Besio, Vallebona wrote 120 scientific communications dealing with varied aspect of tomography, 67 of which were listed under the heading of general and technical and the remaining under clinical aspects of tomography. Professor Vallebona is one of the two pioneers whose innovations, clinical investigations, and teaching extended throughout the history of conventional tomography. (ARRS, p.374).

....

Professor Ziedses des Plantes was the second pioneer whose contributions extended throughout the historical life of tomography from 1928 until his death in 1993. At the time of his death he was still professionally active, planning his participation in this chapter (ARRS, p.376).

BIBLIOGRAFIA

- 1) A. Vallebona, "Stratigrafia, metodo röntgenologico per la esplorazione analitica dei singoli strati sovrapposti", Volume I e II, S. A. Alfieri e Lacroix, Milano, 1938.
- 2) R. Van Tiggelen, "In Search for the Third Dimension: From Radiostereoscopy to Three-Dimensional Imaging", BR-BTR, 85: 266-270 (2002).
- 3) E. Tomson, "Stereoscopic Roentgen Pictures", "Electrical Engineer", 11 marzo

- 1896, (citato da R. Van Tiggelen, op. cit.).
- 4) M. Reggio, “Il mistero del compasso di Hirtz, il radiologo col cappello a cilindro e l’ospedale volante”, *Fisica in Medicina* n.1/2009, 74 – 80, riprodotto anche su http://www.fisicamedica.it/museo_virtuale/02_sezioni/articoli/data/2009_1_Chicotot.pdf.
 - 5) (ARRS, American Roentgen Ray Society, “A History of Radiological Sciences”, Cap. XV, p.371, A Project of Radiology Centennial, Inc., Raymond A. Gagliardi, Editor-in-chief, 1996, www.arrs.org/publications/HRS/diagnosis/RCI_D_c15.pdf).
 - 6) A. Vallebona, “Una modalità di tecnica per la dissociazione radiografica delle ombre”, presentata al Congresso Sanitario degli Ospedali Civili di Genova, nella seduta del 26 febbraio 1930 (poi pubblicata su *Liguria Medica*, n.4, Aprile 1930).
 - 7) A. Vallebona, comunicazione al Congresso Nazionale di Radiologia di Torino, maggio 1930, poi pubblicato in esteso con il titolo “Una modalità di tecnica per la dissociazione radiografica delle ombre applicato allo studio del cranio”, *La radiologia Medica*, fasc. 9, 1930.
 - 8) S. Bistolfi, “Studio Geometrico dell’Immagine Röntgen, 1934 – 1984” (sic, ndr), Nicola Zanichelli Editore, Bologna, 1934.
 - 9) F. Bistolfi, “Alessandro Vallebona, 1899-1987, Ricordo di un grande Radiologo e del suo contributo allo sviluppo delle scienze radiologiche”, *Fisica in Medicina*, n.2/2005, 115 – 123, riprodotto anche su http://www.fisicamedica.it/museo_virtuale/02_sezioni/articoli/data/Fisica_2005-2_Vallebona2.pdf
 - 10) B.G. Ziedses des Plantes, “Eine neue Methode zur Differenzierung in der Röntgenographie (Planigraphie)”, *Acta Radiologica*, vol. XIII, fasc.2, n.72, maggio 1932, p. 184.
 - 11) A. Vallebona, lettere al Direttore di *Radiologia Medica*, vol. XIX, fasc. 8, 1932.
 - 12) Recensione su *Zentralblatt für die Gesamte Radiologie*. “Vallebona: eine technische Modifikation für die radiographische Trennung der Schatten am Schädel”, Bd. 9, H.12, p. 590, 12 dicembre 1930.
 - 13) A. Vallebona, “Radiography with great enlargement (microradiography) and a technical method for the radiographic dissociation of the shadow”, *Radiology*, vol. XVII, n.2, agosto 1931.

Sono infine debitore di un particolare e sentito ringraziamento verso il prof. Franco Bistolfi (figlio di Stefano Bistolfi, l’autore dell’accurato e dettagliato “Studio geometrico dell’immagine Röntgen”) che ha reso possibile questo lavoro fornendomi con grande generosità una

parte importante dei volumi citati in bibliografia. In particolare il documento citato in bibliografia al punto 11) è stato estratto dall’opera in due volumi di Vallebona, citata al punto 1). Il volume che mi è stato fornito reca una dedica autografa di Vallebona.

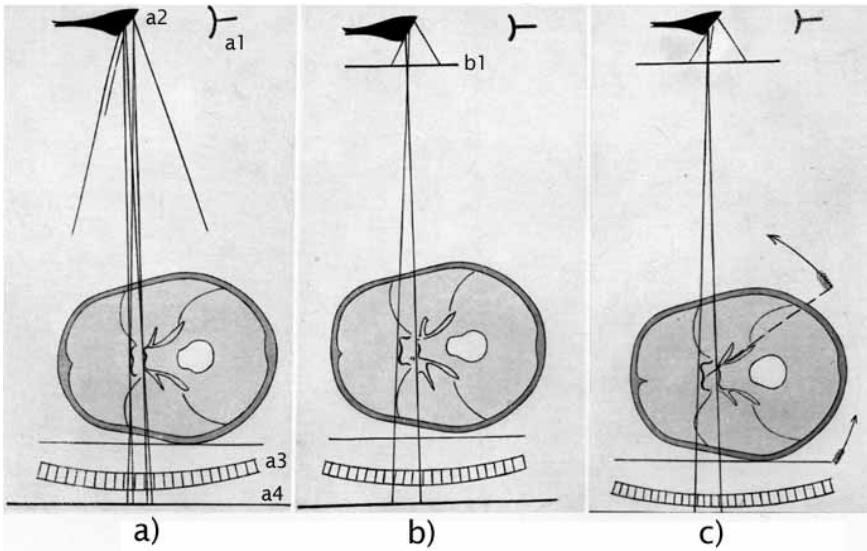


Figura 1: Dalla prima pubblicazione di Vallebona (1930); a1) catodo, a2) anodo e macchia focale, a3) griglia anti-diffusione, a4) piano della pellicola radiografica, b1) diaframma tipo "pin-hole" per micro radiografia

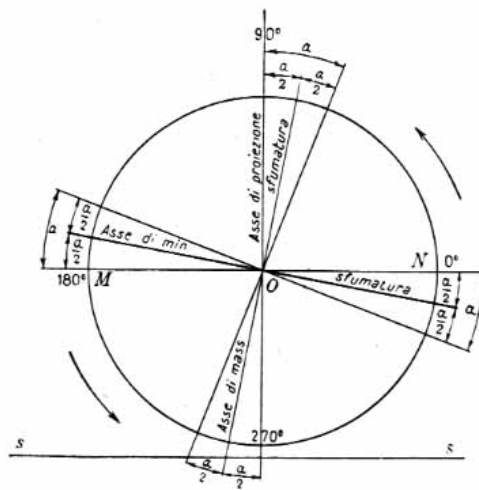


Figura 2 Tecnica Vallebona ($s - s =$ piano della pellicola; nella figura i raggi X, supposti paralleli, provengono dall'alto in direzione perpendicolare al piano della pellicola). Assi e settori di minima e di massima sfumatura. L'asse di minima sfumatura rappresenta l'asse dello strato praticamente fisso (da Bistolfi).

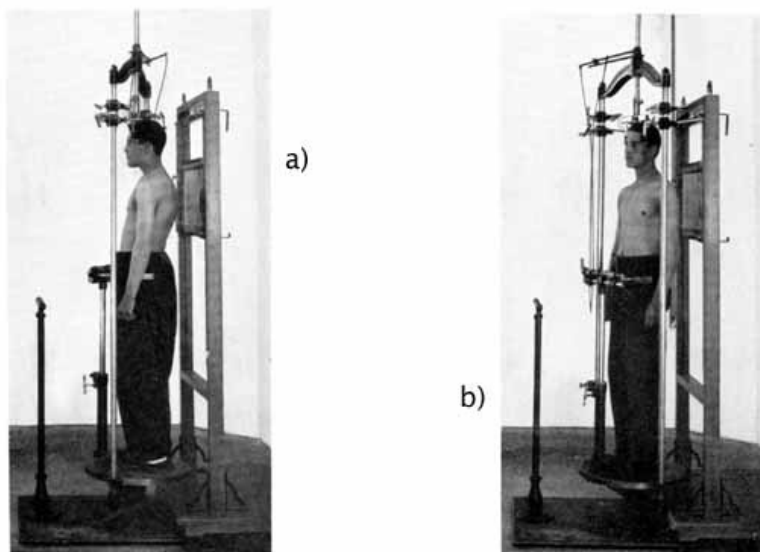


Figura 3 Metodo di Vallebona: stratigrafia polmonare, paziente in posizione eretta; a) posizione di partenza, b) posizione di arrivo.(Vallebona 1938, vol. II)

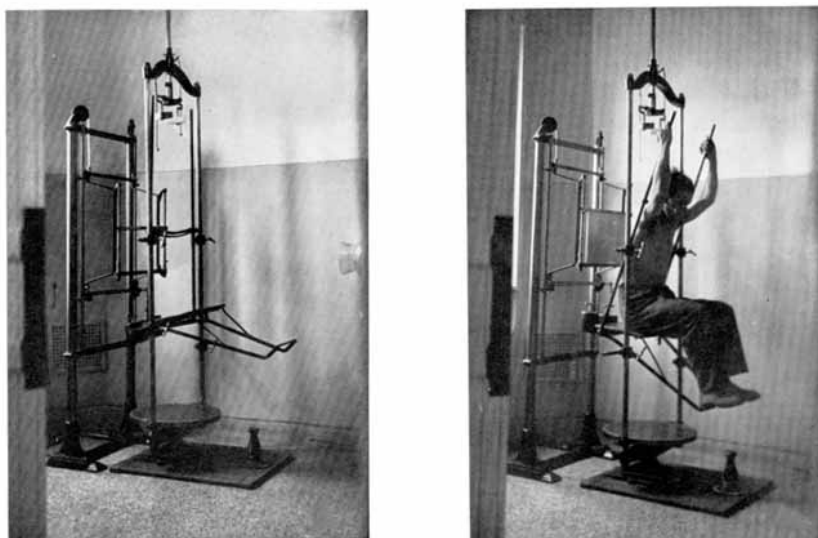


Figura 4 Metodo di Vallebona: stratigrafia polmonare, paziente in posizione seduta. (Vallebona 1938, vol. II)

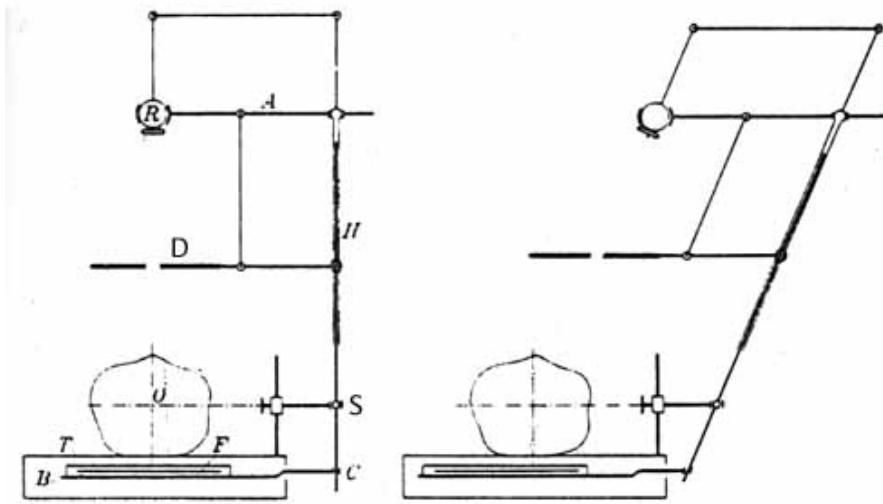


Figura 5 Schema di funzionamento del dispositivo di Ziedses des Plantes. A) tubo RX, T-F) piano d'appoggio del paziente, B) cassetta porta-film, S) fulcro registrabile del sistema: determina la profondità dello strato evidenziabile, D) diaframma di campo (tratto e leggermente adattato da Bistolfi, 1934).

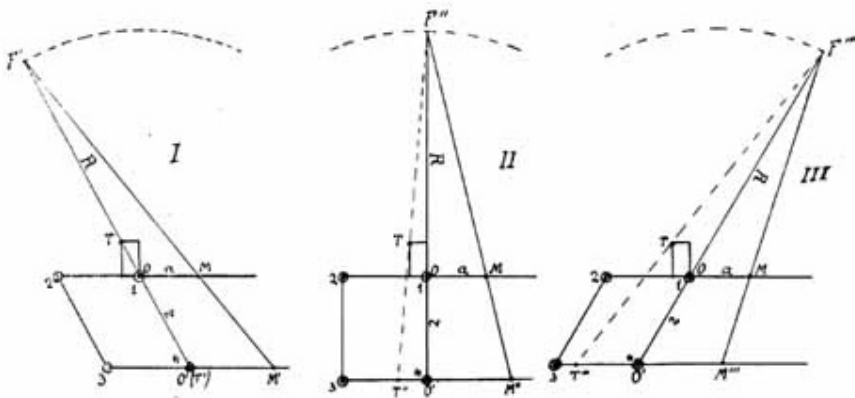


Figura 6 Tecnica Grossmann. I punti O ed M, complanari con l'asse di rotazione, sono proiettati in immobilità sulla lastra durante il passaggio dalla situazione I alla II e alla III; si confronti per contro, lo spostamento che subisce la proiezione del punto T, non complanare coll'asse di rotazione (Vallebona, 1938).

*Al prof. F. Binotti
in riconoscimento
Vallebona*

ALESSANDRO VALLEBONA

STRATIGRAFIA

*METODO RÖNTGENOLOGICO
PER LA ESPLORAZIONE ANALITICA
DEI SINGOLI STRATI SOVRAPPOSTI*

VOLUME I

1938 - ANNO XVI