

La Radiologie

et

La Guerre

PAR

M^{me} PIERRE CURIE

Professeur à la Sorbonne.

Avec 11 figures et 16 planches hors texte.



PARIS

LIBRAIRIE FÉLIX ALCAN

108, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 108

1921

Tous droits de reproduction, d'adaptation et de traduction
réservés pour tous pays.

La Radiologia e la Guerra

di Madame Pierre Curie

con 16 tavole fuori testo

Parigi - Libreria Felix Alcan - 1921

Traduzione: Gianluigi Trivia - (2010)

INTRODUZIONE

Dopo la scoperta dei raggi X, nel 1895, i metodi della radiologia, progressivamente elaborati dalla medicina, sono stati applicati con successo sotto forma di radio-diagnostica e di radioterapia.

I progressi compiuti in questo campo sono dovuti, per gran parte, alla precisione delle apparecchiature messe a disposizione dei medici da parte dei costruttori. Era da prevedere che la radiologia avrebbe svolto un ruolo di sostegno potente per l'esame dei feriti di guerra. Tuttavia, si può affermare, che i servizi che ha potuto rendere sotto questo profilo hanno di gran lunga superato tutte le previsioni. Ne è risultato, da diverse parti, un doppio sforzo: da un lato, per sviluppare e moltiplicare i metodi di osservazione radiologica, dall'altro, per realizzare installazioni e apparecchiature in grado di rispondere a tutti i bisogni e a tutte le condizioni di lavoro, nelle ambulanze del fronte come negli ospedali del territorio. Si è così formata la radiologia di guerra la cui espansione è continuata fino alla fine della guerra. E se l'attività dei servizi radiologici è, naturalmente, rallentata con la cessazione delle ostilità, l'impulso da cui ha avuto inizio il suo sviluppo non si è interrotto; resta acquisito come elemento di azione organizzatrice, per estendere a tutta la popolazione francese i benefici di una tecnica medica il cui uso era assai limitato prima della guerra.

Le circostanze hanno fatto sì che a questa evoluzione, ancora incompiuta, io abbia contribuito.

Avendo voluto, come molti altri, mettermi al servizio della Difesa nazionale negli anni passati, mi sono quasi completamente orientata verso la radiologia sforzandomi di contribuire all'organizzazione dei servizi radiologici notoriamente insufficienti all'inizio della guerra. Il settore di attività così vasto ha assorbito la maggior parte del mio tempo. Ho avuto la fortuna di trovare mezzi di azione. Incaricata della direzione tecnica dell'opera radiologica dal Patronage National dei Feriti, Società di Soccorso fondata sotto la presidenza di M. E. Lavisse, ho potuto con l'aiuto libero di questa opera, creare un servizio di radiologia ausiliaria al servizio della Sanità Militare per gli ospedali militari e territoriali. Questo servizio si è notevolmente esteso, in funzione dei bisogni ai quali si doveva far fronte. Ho dovuto compiere numerosi viaggi presso gli ospedali e con le ambulanze per vivere la loro vita e partecipare al loro lavoro. Ho dovuto anche occuparmi della formazione del personale per le necessità del servizio.

Parlerò quindi in questo libro della Radiologia che ho visto durante la guerra e ciò che spero avvenga in futuro.

1 - I RAGGI X

È un metodo di osservazione meraviglioso, in verità, che ci ha permesso, per la prima volta, di esplorare senza ricorrere alla chirurgia, l'interno del corpo umano. La possibilità insperata di questo esame diretto ci è stata consentita dalla scoperta dei raggi X che dobbiamo a M. Roentgen avvenuta nel 1895.

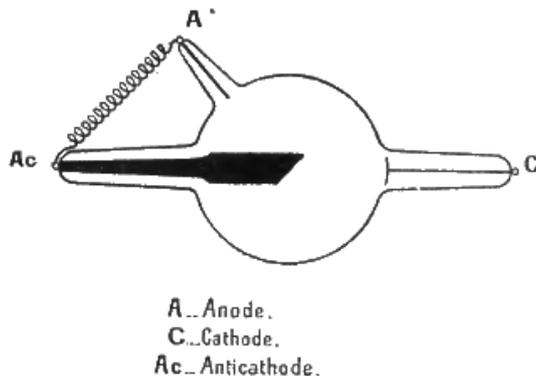


Fig. 1.

Lo strumento di produzione dei raggi X non è altro che un tubo o un'ampolla di vetro che in genere ha la forma mostrata nella fig. 1. Nel tubo penetrano due parti metalliche, dette *elettrodi*, destinate a far passare una corrente elettrica. Uno di questi elettrodi C, detto *catodo* o elettrodo negativo (polo di uscita della corrente) è formato da una calotta in alluminio, posta in una parte del tubo all'entrata dello spazio sferico. Al centro di questo si trova l'estremità dell'altro elettrodo AC detto *anticatodo* e in grado di svolgere il ruolo di elettrodo positivo o *anodo* (polo d'ingresso della corrente). Tuttavia, si trova spesso aggiunto un elettrodo supplementare A che è posto in un prolungamento laterale e riceve in modo speciale il nome di anodo. Il tubo è chiuso e vi si può fare un vuoto spinto, essendo residuale la pressione del gas, per esempio, dell'ordine di due o tre millesimi di millimetro di mercurio. In queste condizioni, il tubo assume spesso il nome di *tubo o ampolla di Crookes*, dal nome dello scienziato che ha studiato il passaggio della corrente elettrica nell'aria estremamente rarefatta¹.

Per ottenere il passaggio di corrente, è necessario impiegare un'*alta tensione*, cioè stabilire tra gli elettrodi una differenza di potenziale dell'ordine di qualche decina di migliaia di volt. Finché la tensione necessaria non è raggiunta, non si ha passaggio di corrente nell'ampolla, ma quando è ottenuto il valore critico della tensione, la corrente inizia a passare bruscamente, sotto forma di *scarica distruttiva*.

¹ (Nota 1: Un'ampolla radiologica del tipo descritto comprende, in genere, elementi che, senza essere essenziali dal punto di vista teorico, sono tuttavia indispensabili per assicurare la regolarità del funzionamento. Questi sono il dispositivo di raffreddamento dell'anticatodo che si può surriscaldare fino all'incandescenza per il passaggio della corrente, e i *regolatori di pressione* che permettono di variare entro certi limiti la quantità di gas contenuto nell'ampolla).

Il passaggio di questa scarica è accompagnato da fenomeni di maggiore interesse, messi in evidenza dal lavoro ingegnoso e paziente di numerosi scienziati, tra i quali si devono citare in primo luogo Crookes e J. J. Thomson. Dal catodo fuoriesce uno sciame di particelle, molto più leggere degli stessi atomi, e ognuna delle quali porta una carica negativa. Queste particelle, respinte con forza dal catodo, si trovano lanciate come proiettili di grande velocità e colpiscono l'anticatodo in un punto detto *fuoco*. Questo urto eccita nell'anticatodo un irraggiamento, come in una campana l'urto del battente determina l'emissione di un'onda sonora; e questi raggi la cui sorgente è nel fuoco dell'anticatodo sono precisamente quelli che sono stati chiamati raggi X da Roentgen che per primo li ha osservati e studiati.

I proiettili che, provenendo dal catodo, bombardano l'anticatodo e provocano l'emissione di raggi X, hanno velocità tanto maggiori quanto più la tensione o differenza di potenziale agli estremi dell'ampolla è alta; queste velocità possono raggiungere e anche superare un terzo della velocità della luce, valendo sovente più di 100.000 km/s. Ognuna di queste particelle ha una massa che, per quanto sappiamo oggi, è circa 1800 volte più piccola di quella di un atomo di idrogeno. Questi grani minimi di elettricità negativa si chiamano *elettroni*. Crookes che aveva ben compreso la loro natura li aveva indicati con il nome di *materia radiante*. Gli elettroni lanciati con grande velocità costituiscono, infatti, raggi di natura materiale che sono oggi chiamati *raggi catodici*.

Diremo quindi che l'urto dei raggi catodici su un anticatodo provoca su questo una emissione di raggi X.

Quali sono gli effetti che hanno permesso di scoprire tale emissione? I nuovi raggi non sono direttamente accessibili ai nostri sensi; non possiamo né vederli né sentirli. Ma è la loro capacità di eccitare la fluorescenza che ci ha permesso di rivelare la loro presenza. Ponendo di fronte all'anticatodo uno schermo ricoperto da uno strato di platinocianuro di bario, si vede lo schermo assumere una luminosità verde, come farebbe sotto l'effetto della luce ultravioletta. Questi sono i raggi X che eccitano questa fluorescenza al di fuori dell'ampolla di produzione dopo aver attraversato le pareti. Possono anche impressionare una lastra fotografica attraverso un foglio nero che l'avvolge per proteggerla dalla luce.

Queste proprietà dei raggi X sono proprio quelle che utilizziamo in radiologia. I raggi attraversano, infatti, diverse sostanze tanto più facilmente quanto queste sono meno dense (più esattamente, il potere di penetrazione dei raggi è maggiore per elementi di peso atomico minore). Se un fascio di raggi X provenienti dal fuoco di un anticatodo raggiunge uno schermo radioscopico (schermo al platinocianuro di bario) attraversano un portamonete in pelle contenente delle monete, la pelle è facilmente attraversata, al contrario delle monete, di modo che queste parti opache dell'oggetto esaminato *fanno ombra* sullo schermo e sono così viste attraverso la pelle come *immagine radioscopica*, anche se non le si possono vedere direttamente esaminando il portamonete alla luce naturale per la quale il portamonete risulta opaco. Se, in questa stessa prova, si sostituisce lo schermo con una lastra fotografica, quest'ultima, sviluppata, farà apparire l'immagine del portamonete, sulla quale le parti metalliche opache ai raggi X appaiono in chiaro, e le parti

relativamente trasparenti (pelle) in scuro. La regione colpita dai raggi al di fuori dell'oggetto è la più impressionata e dà la parte più scura. Si ottiene così una radiografia che si può considerare come un *negativo*; una stampa del negativo su carta sensibile fornisce un *positivo* che appare corrispondere all'immagine radioscopica (si veda la tavola I).

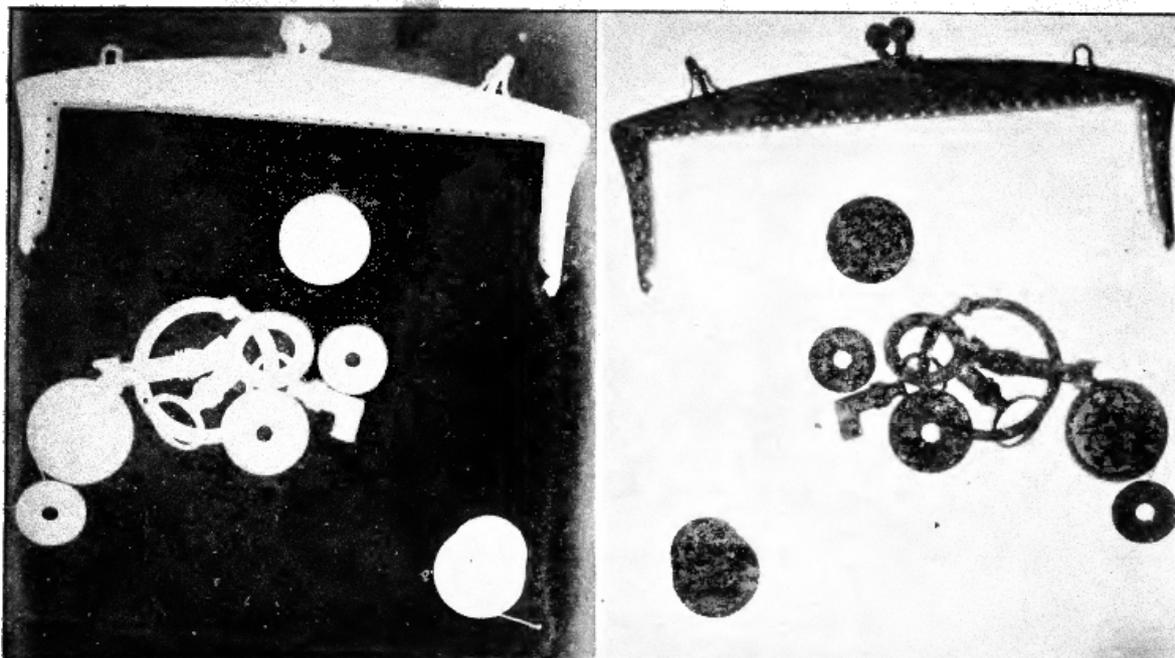


Tavola I - Radiografia di un portamonete contenente monete e chiavi. Sulla lastra ottenuta direttamente, o negativo, le parti metalliche opache risaltano in chiaro. Nell'immagine positiva, le parti metalliche sono scure su sfondo chiaro. L'immagine è identica a quella che si produce su uno schermo radiografico.

Se, invece di esaminare un portamonete, sottoponiamo all'osservazione una parte del corpo umano, per esempio un braccio, una gamba, una mano, ecc., constateremo che le ossa sono più opache ai raggi X della carne.

Il motivo di ciò è facile da comprendere. Le carni sono costituite, infatti, da materia organica composta da elementi di basso peso atomico, come l'idrogeno, il carbonio, l'azoto, l'ossigeno (pesi atomici 1, 12, 14, 16). Ma nella composizione normale delle ossa entrano anche minerali, principalmente fosfati di calcio che contengono tra i costituenti gli elementi fosforo e calcio di peso atomico 31 e 40. Sono questi principalmente gli elementi che determinano l'assorbimento dei raggi X da parte della materia ossea. Le ossa producono ombra in radioscopia, quando si staccano in chiaro sull'immagine radiografica.

La radioscopia e la radiografia dei corpi umani forniscono contrasti che permettono di ottenere immagini di grande bellezza, con numerosi dettagli di struttura (tavola II).

In questo modo possiamo essere ammessi ad esaminare l'interno del corpo umano in condizioni normali, così come ci è possibile constatare aspetti anomali derivanti da incidenti o da una malattia. Se un corpo metallico è penetrato in un corpo in seguito a una ferita (pallottola, scheggia di granata), o se è stato inghiottito per inavvertenza (biglia, denaro), la presenza di questo

oggetto all'interno del corpo è rivelata sull'immagine radioscopica o radiografica grazie all'ombra che proietta.



Tavola 2 - Radiografia di una mano positiva. All'anulare un anello d'oro molto opaco ai raggi X. Al mignolo una anello di alluminio molto meno opaco: l'ombra dell'osso è osservabile attraverso questo anello. Al polso un bracciale di ferro con una sottile strato di alluminio, poco visibile sulla radiografia a causa della sua trasparenza. Le ossa, molto meno opache degli anelli, presentano tuttavia ombre molto nette mostrando i dettagli della loro struttura. Il contorno delle carni si vede debolmente. A lato della mano si trova un radiocronometro radiografato contemporaneamente. Indica una durezza dei raggi di 6° Benoist.

Se un osso subisce una frattura, la soluzione di continuità apparirà sull'immagine e mostrerà i dettagli dell'incidente.

Si ha così una meravigliosa possibilità di diagnostica grazie alla visione diretta che costituisce un beneficio per il malato e una diminuzione di responsabilità per il medico.

In questo modo possiamo essere ammessi ad esaminare l'interno del corpo umano in condizioni normali, così come ci è possibile constatare aspetti anormali derivanti da incidenti o da una malattia. Se un corpo metallico è

penetrato in un corpo in seguito a una ferita (pallottola, scheggia di granata), o se è stato inghiottito per inavvertenza (biglia, denaro), la presenza di questo oggetto all'interno del corpo è rivelata sull'immagine radioscopica o radiografica grazie all'ombra che proietta.

Se un osso subisce una frattura, la soluzione di continuità apparirà sull'immagine e mostrerà i dettagli dell'incidente.

Si ha così una meravigliosa possibilità di diagnostica grazie alla visione diretta che rappresenta un beneficio per il malato e una diminuzione di responsabilità per il medico.

Questo servizio, assai significativo, non è il solo che possano offrire i nuovi raggi. L'esperienza ha mostrato che essi costituiscono anche un agente terapeutico di grande importanza. In ogni tempo, è consuetudine sperimentare ogni nuovo agente fisico. La sofferenza umana richiede fortemente di essere alleviata, e la scienza medica, ancora in gran parte condannata all'empirismo, non manca mai di tentare uno sforzo in grado di offrire una nuova speranza. Non si tardò a riconoscere che i raggi X producono effetti fisiologici molto pronunciati. I primi sperimentatori ebbero a deplorare incidenti di cui sono stati, in certi casi, le prime vittime. I raggi X assorbiti in forti dosi possono determinare lesioni della pelle dette *radiodermatiti*, i cui esiti possono a volte essere mortali. Ma impiegati in dosi opportune, e secondo metodi scientificamente elaborati, possono, al contrario, produrre un effetto benefico, e portare alla guarigione o almeno miglioramenti in numerose malattie la più grave delle quali è il cancro. Non è necessario insistere sull'importanza di questa nuova risorsa della medicina scientifica. Il trattamento con i raggi X porta il nome di *radioterapia*.

La natura dei nuovi raggi che ci rendono servizi così significativi è oggi perfettamente nota. I raggi X hanno la più grande analogia con la luce benché se ne distinguano per le proprietà che saranno descritte, e benché non possiamo concentrarli con lenti o farli deviare dai prismi. Ricordiamo qui che la luce è un fenomeno vibratorio le cui proprietà dipendono dalla *frequenza* di vibrazione. La luce visibile corrisponde a vibrazioni in numero di circa 10^{15} , cioè un milione di miliardi al secondo. I raggi ultravioletti che non sono visibili hanno una frequenza ancora maggiore. La frequenza dei raggi X è circa 1000 volte maggiore di quella della luce visibile, non c'è quindi da stupirsi che le loro proprietà differiscano da quelle della luce.

Si constata, tra l'altro, che i raggi X sono in grado di scaricare un elettroscopio, rendendo l'aria che lo circonda conduttrice di elettricità. Si può misurare l'intensità dei raggi dalla velocità con la quale l'elettroscopio viene scaricato.

La conducibilità comunicata all'aria tramite l'azione dei raggi prende il nome di *ionizzazione*. Altri gas oltre l'aria possono anche subire la ionizzazione. Lo studio dei gas ionizzati ha portato a scoperte scientifiche importanti, relative alla natura dell'elettricità e della materia.

Si vede da quanto detto che i raggi X costituiscono un nuovo agente che ha acquisito una grande importanza scientifica e, inoltre, trovato una vasta applicazione medica. Per effetto reciproco, ne è derivato un grande sforzo teso a migliorare la tecnica di produzione e impiego di tali raggi. I costruttori si

impegnano ad ottenere tipi di apparecchi, il più perfetti possibile, per la produzione di corrente di alta tensione che alimenta le ampolle, e le ampolle stesse hanno avuto numerosi miglioramenti. Grazie a questi sforzi e al lavoro di medici specialisti, la nuova Scienza della Radiologia si costituì e sviluppò rapidamente, concentrata quasi esclusivamente nelle grandi città. Queste hanno beneficiato rapidamente di un gran numero di belle installazioni radiologiche, appartenenti sia ad ospedali pubblici, sia più spesso presso medici specialisti. Ma, fino alla guerra, l'impiego dei raggi X non era affatto abituale in tutti i servizi ospedalieri. Anche a Parigi, il numero dei servizi radiologici era molto ridotto; e se città come Lione, Bordeaux, ecc., possedevano alcuni servizi importanti, le piccole città di provincia erano, in generale, prive di ogni organizzazione radiologica.

Si comprese immediatamente la ripercussione di questo stato di cose all'inizio della guerra. L'opinione del tutto naturalmente adottata dal potere pubblico preconizzava l'impiego della radiologia nei servizi centrali militari di retrovie, ma non ne prevedeva una loro estensione generale alle formazioni sanitarie degli eserciti territoriali. Il Servizio di Sanità militare aveva considerato il bisogno di soccorso radiologico urgente trasportabile, assicurato tramite vetture radiologiche munite di tutte le apparecchiature necessarie; ma si sperava di sopperire al bisogno con un piccolo numero di tali vetture.

È stato in verità difficile predire l'immensità dei bisogni provocati dalla guerra di cui non si poteva prevedere la durata e forza distruttrice. E siccome l'organizzazione di radiologia non era stata generalizzata nel paese prima della guerra, si rivelò insufficiente ai bisogni della Difesa Nazionale, anche dal punto di vista del materiale e del personale. Tuttavia il ruolo della radiologia superò in importanza tutte le proporzioni previste, di modo che, a poco a poco, fu indispensabile ai feriti e ai malati, lontano o vicino al fronte. La mancanza di preparazione fu compensata da un considerevole sforzo compiuto dal governo e dall'iniziativa privata. Apparecchiature sono state offerte agli ospedali da donatori. Professori o ingegneri si occuparono della loro installazione e messa in opera. Così come in tutte le altre circostanze, opere e particolari apportarono il loro contributo al Servizio di Sanità il quale costituì poco a poco un notevole materiale radiologico e assicurò una organizzazione generale del Servizio, divenuta molto completa negli ultimi anni di guerra.

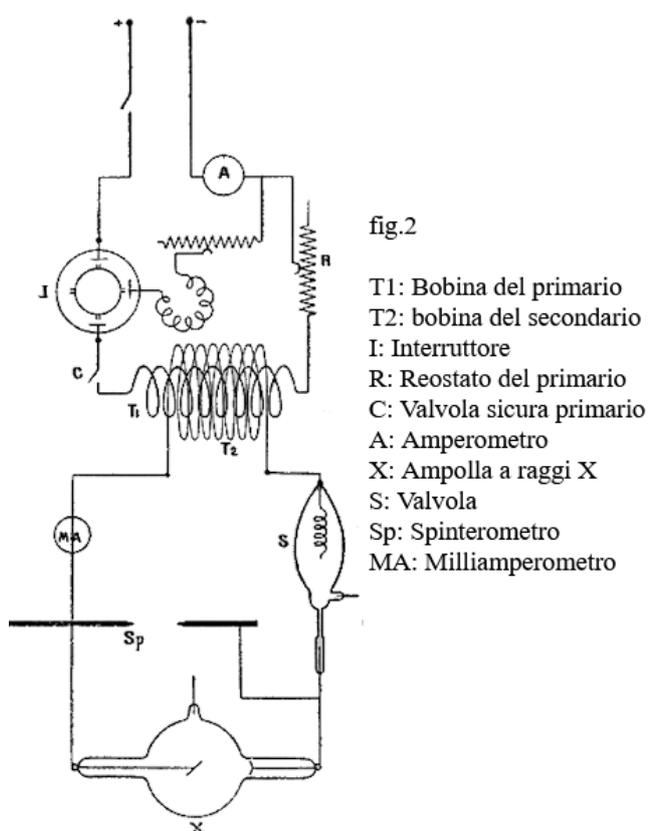
È confortante dire che lo sforzo realizzato per dare ai feriti le cure alle quali avevano diritto ha prodotto risultati benefici che non si sono limitati al periodo bellico. Questo sforzo ha portato direttamente a riconoscere l'utilità generale della radiologia; ha contribuito a formare in Francia una vasta organizzazione mettendo i benefici della radiologia alla portata di tutta la popolazione.

II - COME SI POSSONO PRODURRE I RAGGI X

Abbiamo visto nel capitolo precedente che per produrre i raggi X, bisogna far passare una corrente elettrica in un tubo come quello mostrato in fig.1, e che è necessario disporre di una tensione o differenza potenziale elevata. Questa tensione non è quella fornita normalmente nella distribuzione elettrica cittadina. Conviene quindi trasformare la corrente di bassa tensione

distribuita mediante le centrali elettriche in corrente di alta tensione in grado di alimentare l'ampolla.

Questa trasformazione di corrente è ottenuta con apparecchiature predisposte allo scopo dall'industria elettrica. Tutte queste apparecchiature utilizzano il fenomeno dell'*induzione elettrica*, ma non tutte allo stesso modo. Tutte possiedono tuttavia come parti essenziali due circuiti elettrici, di cui uno contiene una spirale di un grosso filo, l'altra una spirale di filo molto sottile arrotolato attorno al precedente senza esserne a contatto. Se nel primo circuito, detto *primario*, si invia una corrente, la cui intensità varia periodicamente, - sia la corrente alternata industriale, sia la corrente continua interrotta con regolarità da un dispositivo speciale detto *interruttore*, - si producono nel secondo circuito detto *secondario* correnti *indotte* di alta tensione circolanti alternativamente, ora in un verso ora nell'altro. Sono queste correnti indotte che si utilizzano per il funzionamento delle ampole.



Benché gli apparecchi di trasformazione di corrente siano tutti basati sullo stesso principio, sono tuttavia di tipo multiplo e la loro potenza può variare entro ampi limiti. Descriverò qui, a titolo di esempio, un solo tipo di apparecchio usato molto di frequente ma sufficiente per i bisogni della radiologia di guerra.

Il trasformatore di corrente T (fig. 2) si compone di un nucleo di ferro dolce attorno al quale sono disposti due avvolgimenti (o *bobine*), una di filo grosso per il primario (T_1), l'altro a filo sottile per il secondario (T_2); l'avvolgimento secondario circonda il primario ma ne è del tutto separato da un isolante. Una corrente interrotta a intervalli regolari attraversa il primario, e il secondario è sede di correnti indotte di alta tensione prodotte a ogni interruzione del primario.

Il circuito primario è alimentato da una opportuna sorgente di elettricità, per esempio da una distribuzione di 110 volt di corrente continua o da un gruppo elettrogeno in grado di sostituire questa distribuzione. Collegati ai poli della sorgente (o settore), il circuito comprende l'avvolgimento primario T_1 del trasformatore, un reostato R che regola l'intensità della corrente, un amperometro A che misura questa intensità, una valvola di sicurezza C e infine una parte essenziale; l'interruttore I. Il modello di interruttore maggiormente usato è la turbina a mercurio¹.

¹ Questo interruttore comprende come parte essenziale, un selettore inciso con canali obliqui e dotato di una rotazione rapida attorno al suo asse. Questo selettore è immerso in un bagno di mercurio contenuto in una vaschetta; ruotando, aspira il mercurio dai canali e

Il circuito secondario comprende l'avvolgimento secondario T_2 del trasformatore, l'ampolla produttrice dei raggi X, una *valvola* S e un milliamperometro MA; quest'ultimo misura la corrente utile. La valvola è destinata ad assorbire tra le correnti di alta tensione prodotte nel trasformatore quelle il cui verso non conviene al funzionamento dell'ampolla, e che sono dette *correnti inverse*. Quando la corrente inversa passa, il funzionamento è difettoso e l'ampolla si deteriora. La valvola è un tubo di Crookes a elettrodi molto asimmetrici, di cui uno è un'asta strettamente incastrata in un tubo di vetro, mentre l'altro è una spirale posta nella parte centrale del tubo; questo è detto valvola, poiché lascia passare la corrente dall'asta alla spirale, e molto difficilmente nel senso inverso, a condizione che la piccola pressione d'aria all'interno venga opportunamente regolata¹.

Non basta disporre di una intensità di raggi opportuni, serve anche che questi raggi abbiano un potere di penetrazione idoneo; si dice allora che l'ampolla ha una "durezza" opportuna. È quindi necessario avere un dispositivo che indichi la durezza dell'ampolla, così come un mezzo di regolazione onde ottenere la durezza voluta. Per rendersi conto della durezza, si sistema agli estremi dell'ampolla una derivazione detta *spinterometro* (fig.2) Sp, comprendente un'asta mobile di fronte a una punta. La corrente secondaria può, sia passare nell'ampolla, sia passare come scintilla lo spazio dello spinterogeno. Quando i due passaggi offrono la stessa possibilità, la durezza dell'ampolla, è misurata da questa scintilla detta *equivalente*. L'ampolla è tanto più dura quanto la scintilla equivalente è più lunga, cioè quanto la tensione di alimentazione è più alta.

È questa tensione che determina il potere di penetrazione dei raggi; una penetrazione media corrisponde ad una scintilla equivalente (misurata con uno spinterometro a punte) di circa 10 cm di lunghezza, e a una tensione di circa 50.000 volt. I raggi X ottenuti in queste condizioni hanno un potere di penetrazione adatto per la radioscopia e la radiografia. Con tensioni più alte, si ottengono raggi X molto duri trovano la loro applicazione della radioterapia. Con tensioni meno elevate, si ottengono raggi X molli che attraversano con difficoltà il corpo umano².

lo invia poi attraverso piccoli fori posti nella sua parte superiore sotto forma di sottile filetto che colpisce una paletta o dente isolato del contenitore di mercurio. Quando il filetto incontra la paletta, si stabilisce la corrente nel circuito primario, quando non la incontra più, essendo il selettore ruotato, la corrente è interrotta. È uso aggiungere all'interruttore un condensatore le cui armature sono collegate rispettivamente ai capi dell'interruttore, e che è destinato a rendere l'interruzione più rapida assorbendo la scintilla che si produce. L'interruzione di corrente non deve avvenire nell'aria, ma in un mezzo riduttore come il gas di illuminazione, di cui si riempie il contenitore dell'interruttore.

- 1 L'impiego di valvole non è necessario, se, per mezzo di un opportuno dispositivo, si ottiene il raddrizzamento delle correnti cosiddette inverse; queste possono allora servire ad alimentare l'ampolla. Esistono tipi di apparecchi che funzionano senza interruttore; la corrente alternata ad alta tensione fornita da un trasformatore è raddrizzata per mezzo di un commutatore e inviata all'ampolla.
- 2 Si impiega solitamente, per riconoscere la durezza dei raggi, un piccolo apparecchio molto semplice detto *radiocronometro Benoit*. Il principio dello strumento consiste nel confrontare la trasparenza ai raggi X di una sottile lamina d'argento con la trasparenza di una serie di settori di alluminio di spessore graduato. Per servirsi del radiogoniometro si può esaminare l'ombra che produce su uno schermo radioscopico o riprodurre la sua immagine in radiografia come sulla tavola 3. L'aspetto dell'immagine permette di valutare la durezza dei raggi impiegati

La durezza o resistenza di un'ampolla dipende dalla quantità di aria in essa contenuta. In fase di funzionamento si ha che l'aria residua si assorbe nelle pareti di vetro e ciò indurisce il tubo. Per rimediare a questo inconveniente si dispone di *regolatori* di diversi modelli che permettono di introdurre piccole quantità di gas nell'ampolla. Le valvole hanno bisogno di una analoga regolazione; quando esse contengono troppo o troppo poco gas, l'effetto protettore che è loro richiesto non è ottenuto. Questa regolazione dei tubi è molto delicata e richiede un operatore abile e addestrato¹. Si è rappresentato nella figura 5 un regolatore di tipo corrente adattato ad una ampolla.

Se i tubi hanno bisogno di una regolazione particolarmente accurata, l'apparecchiatura complessiva richiede anche una manutenzione costante che consiste in una pulizia delle parti e dei contatti; è solo a condizione di osservare queste attenzioni che si può ottenere un buon funzionamento. Non bisognerebbe tuttavia credere che una buona apparecchiatura radiologica debba necessariamente essere fragile; se è gestita da un buon operatore non rischia di deteriorarsi. La radiologia di guerra richiede apparecchi robusti, facilmente trasportabili e facili da installare con rapidità.

Un apparecchio corrispondente allo schema della figura 2 può essere fatto di tre parti principali; trasformatore, quadro di comando e interruttore, pesanti rispettivamente circa 30, 20 e 25 chili e in grado di poter essere trasportati facilmente. Il trasformatore e il quadro sono, a tale riguardo, posti in cassette di legno, di forma adeguata, dotati di manici per il trasporto e disposti in modo da svolgere un ruolo utile nell'installazione. Questi apparecchi possono essere facilmente posti in una vettura o spediti per ferrovia. Nel primo caso, basta immobilizzarli con fermi. Nel secondo caso, conviene in generale, imballarli. Eppure, mi è successo, a più riprese, di farli viaggiare d'urgenza, senza imballaggio, in un treno, installandoli, con l'aiuto di impiegati, in una vettura bagagli, con alcune precauzioni facili da realizzare e sufficienti ad evitare incidenti.

All'infuori di queste parti fondamentali, l'apparecchiatura completa comprende i tubi e gli accessori indispensabili. Tra questi ultimi, basta citare, in primo luogo, il *piede porta-ampolla* che serve a portare il tubo produttore di raggi X e a dargli tutte le posizioni richieste dal servizio che deve svolgere. La mobilità del tubo è una condizione indispensabile del lavoro utile.

Il ferito sottoposto all'esame è, più sovente, steso su una barella. Questa è a volte una speciale tavola, munita di un supporto porta-ampolla. Ma quando si dispone di un piede porta ampolla opportuno, si può, in caso di necessità, accontentarsi di una semplice tavola di legno, a condizione che la parte piana sia permeabile ai raggi e priva di difetti; per fare una radioscopia si pone, infatti, l'ampolla sotto la tavola e si osserva su uno schermo posto al di sopra del corpo l'immagine ottenuta con raggi che attraversano la tavola e il corpo. È quindi necessario che il legno della tavola sia trasparente ai raggi, che è il

1 Esiste un modello perfezionato di ampolla basato su un principio che permette una regolazione rapida e facile. Queste sono i tubi Coolidge il cui catodo è costituito da una spirale di tungsteno scaldato all'incandescenza da una corrente elettrica. Questi tubi sono completamente privi d'aria. I raggi catodici vi sono prodotti dal catodo incandescente e la "durezza", o resistenza del tubo dipende qui solo dalla temperatura del catodo che emette tanto più raggi catodici quanto è più riscaldato. I tubi Coolidge sono impiegati nelle installazioni di grande potenza.

caso dei legni di debole densità di moderato spessore, - e che questo legno non contenga difetti come nodi o fessure che comparirebbero sullo schermo. A volte, la tavola è semplicemente composta da un asse poggiato su cavalletti.

Un certo numero di accessori di minore ingombro finiscono di comporre una apparecchiatura completa. La loro scelta è molto importante quando si tratta di una installazione che deve essere autosufficiente e destinata ad essere trasportata. Si può valutare a 250 chili il peso totale di una apparecchiatura comprendente gli strumenti di produzione di alta tensione, due o tre ampolle, due valvole, una tavola leggera, un piede porta ampolla, una piccola provvista di lastre e prodotti fotografici, uno schermo radioscopico, qualche telaio, delle tende per l'oscuramento, qualche dispositivo di protezione per l'operatore, qualche attrezzatura, del cavo isolante e un certo numero di piccoli oggetti la cui utilità è dimostrata dall'uso. Il tutto può prendere posto in una vettura di dimensioni molto piccole; si possono utilizzare anche vetture di piazza per il servizio di installazione trasportabile.

III - INSTALLAZIONE NEGLI OSPEDALI E VETTURE RADIOLOGICHE

Abbiamo visto come è composta una apparecchiatura radiologica. Vediamo ora quali sono le condizioni della sua installazione in un ospedale e dove deve essere utilizzata.

Per alimentare il primario del trasformatore, bisogna disporre di una sorgente di elettricità in grado di fornire corrente elettrica a tensione da 100 a 200 volt. Potremo installare le apparecchiature solo se l'ospedale dispone di una distribuzione di corrente elettrica, o se questo si trova in prossimità e può facilmente essere trasportata sul posto.

Le distribuzioni di corrente che si trovano in Francia non sono di tipo uniforme. La corrente distribuita è sia continua, sia alternata: la tensione o *voltaggio* presenta pure differenze. Ne deriva una certa difficoltà per la generalizzazione delle postazioni radiologiche, poiché le apparecchiature devono essere adattate al tipo di corrente in diversi aspetti della loro costruzione; non possono quindi essere considerati intercambiabili.

Quando nelle vicinanze non è presente alcuna distribuzione di elettricità, si ricorre all'uso di un *gruppo elettrogeno*, formato da una dinamo azionata da un motore a gas o benzina. L'impiego di gruppi a benzina si è particolarmente esteso durante la guerra, per l'illuminazione e il servizio radiologico degli ospedali al fronte. Un gruppo elettrogeno in grado di fornire una corrente di 25 ampère ad una tensione di 110 volt (potenza 3 kW o circa 4 cavalli), è perfetto per alimentare una postazione radiologica; ci si può anche accontentare di una potenza da 1 a 2 kW per la maggior parte delle necessità. Questi gruppi non sono né troppo pesanti né troppo ingombranti, e possono essere trasportati su vetture robuste. La maggior parte di essi è di tipo a corrente continua, e ciò ha reso le apparecchiature radiologiche a corrente continua più numerose.

Le postazioni radiologiche di questo tipo hanno, d'altronde, potuto essere alimentate, in caso di necessità, da corrente alternata fornita dalle stazioni

elettriche. Per ottenere questo adattamento, si pone nel circuito primario una *valvola elettrolitica*, apparecchiatura estremamente semplice, formata da due elettrodi, uno di alluminio, l'altro di ferro, immersi in una soluzione di carbonato di sodio contenuto in una piccola vaschetta; una tale valvola lascia passare la corrente in un solo senso, dal ferro all'alluminio; sopprime quindi una delle due fasi della corrente alternata e la converte in corrente interrotta, ma di direzione costante.

In tutte le piccole città, parecchi ospedali hanno fatto ricorso a gruppi elettrogeni, per sopperire alla mancanza di distribuzione elettrica. Nella zona degli eserciti, questi gruppi sono stati dapprima poco numerosi, tanto che il Servizio Sanitario era assicurato principalmente dalle ambulanze. Ma il sistema delle ambulanze ha potuto poi essere rimpiazzato da quello dei grandi ospedali in baraccamenti che utilizzavano tutti gruppi elettrogeni per la loro illuminazione; questi stessi gruppi alimentavano le postazioni radiologiche.

Quando il problema fondamentale dell'alimentazione con corrente è stato risolto, resta da installare la *sala di radiologia o laboratorio radiologico*. È necessario disporre di una zona il più spaziosa possibile, che deve poter essere oscurata completamente, per mezzo di tende. In questo spazio, si installa su un tavolo o su un ripiano fissato a muro il trasformatore, il quadro di comando e l'interruttore. È vantaggioso installare un *trolley* composto di due fili paralleli tesi tra i supporti isolanti fissati alle pareti opposte. Si collegano questi fili con i poli del circuito secondario del trasformatore, e si assicurano, per mezzo di contatti scorrevoli, le connessioni con l'ampolla a raggi X. La sistemazione si compone poi del quadro radiologico e del piede porta ampolla posto vicino ad esso (tavola III). Gli accessori sono contenuti, se possibile, in un armadio. Infine, bisogna aggiungere alla sala di radiologia, una camera oscura per fotografie, per lo sviluppo delle lastre radiografiche, con installazione per l'acqua e speciale illuminazione. È utile che la sala di radiologia e la cabina fotografica abbiano le loro pareti ricoperte con vernice scura, affinché i difetti di oscurità siano meno significativi.

L'installazione delle apparecchiature nella sala non presenta grandi difficoltà. Una persona competente può, in un giorno o due, a seconda dei casi, realizzare una disposizione molto soddisfacente.

Dal punto di vista della loro potenza, gli strumenti utilizzati in queste postazioni fisse negli ospedali, possono essere di tipi diversi. Si può, in particolare, tra gli apparecchi ad interruttore, distinguere il tipo *normale* e quello *intensivo*. Indico con normale un apparecchio che permette di ottenere nell'ampolla una corrente da due a tre milliampere con una tensione di circa 50000 volt (10 cm circa di scarica equivalente, misurata allo spinterometro a punta di forma comune). Gli apparecchi intensivi permettono di ottenere una potenza tre o quattro volte maggiore. Esistono apparecchi ancora più potenti, che sono utilizzati nei servizi centrali importanti e che permettono di raggiungere 20, 50 o anche 100 milliampere con una tensione sufficiente per il lavoro radiologico.

Con una grande intensità di irraggiamento, si possono ottenere radiografie rapide e anche quasi istantanee, e ciò è un grande vantaggio quando si tratta di radiografare una regione che non può essere immobilizzata, per esempio la regione toracica sottoposta ai moti respiratori. L'intensità è ancora necessaria

per la radioterapia. Ma se gli apparecchi intensivi hanno i loro meriti incontestabili, sono, in compenso, più costosi, più ingombranti e più pesanti degli apparecchi normali.

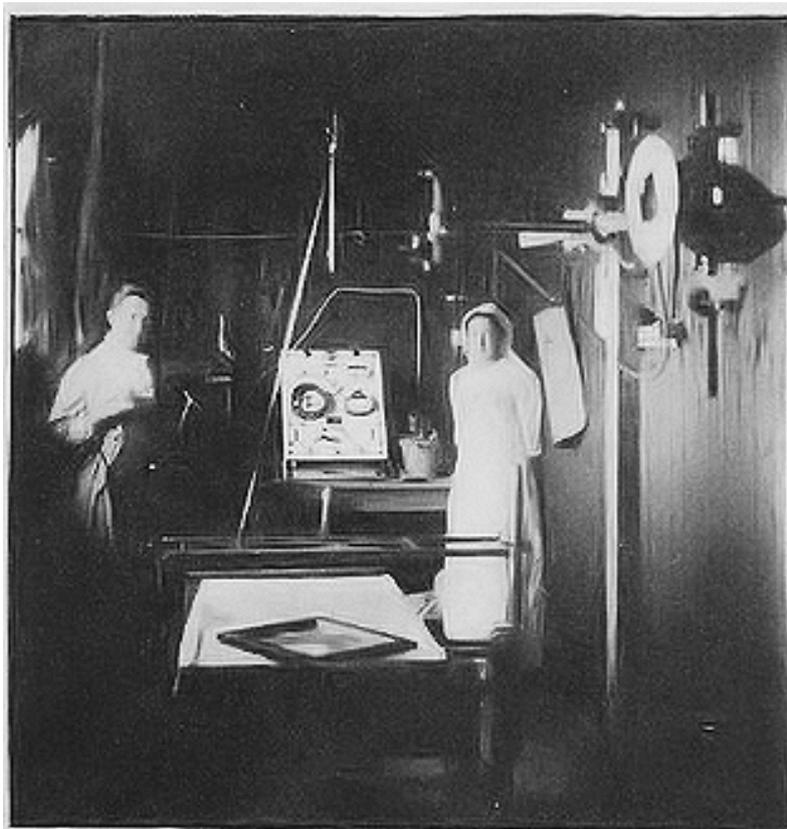


Tavola III: Sala radiografia dell'Ospedale n° 112 di Amiens, installata in un baraccamento (anno 1916). Si nota l'apparecchiatura, il quadro di radiografia, il piede porta ampolla e il trolley.

All'inizio della guerra, le risorse per la radiologia erano del tutto precarie, e si trattava di realizzare al più presto un servizio radiologico di prima necessità per gli ospedali del territorio e della zona degli eserciti. Si imponeva quindi in questo periodo l'utilizzo degli apparecchi normali che permettono di fare fronte alla maggior parte delle necessità, e che, inoltre, possono facilmente essere trasportati. Partendo da questo punto di vista, ho diretto le risorse del Patronato Nazionale dei Feriti quasi esclusivamente verso la distribuzione di questi posti normali di cui circa 200 sono stati installati da questa Opera. In un periodo più avanzato della guerra, quando è stato costituito un materiale importante, il Servizio Sanitario distribuì un certo numero di postazioni intensive, ma anche allora sembrava legittimo impiegare principalmente le risorse dell'iniziativa privata alla distribuzione di postazioni normali, per soddisfare le necessità più urgenti che continuavano a manifestarsi. Lo scopo, da non perdere di vista, infatti, era quello di procurare il beneficio dell'esame radiologico a tutti i feriti senza eccezione.

VETTURE RADIOLOGICHE - Passo ora alla descrizione del ruolo molto importante svolto, nella radiologia di guerra, alle vetture radiologiche.

Abbiamo visto che all'inizio della guerra, l'apparecchiatura radiologica faceva difetto, e sembrava legittimo riservare le prime installazioni fisse agli ospedali

importanti. D'altra parte, i numerosi ospedali militari e ausiliari (Croce Rossa) che si sono costituiti dall'inizio della guerra e in seguito, occupano in molti casi località di fortuna che non dispongono di corrente elettrica: tale era, per esempio, il caso della maggior parte delle scuole di cui si conosce l'utilizzo come servizi ospedalieri. Così formazioni, sparse in tutta la Francia per accogliere i feriti che affluivano dal fronte, si trovavano senza installazione radiologica e senza possibilità di stabilirne una in un tempo breve. D'altro canto, le ambulanze che hanno assicurato all'inizio della guerra il servizio sanitario per l'esercito, occupavano locali provvisori dove l'installazione radiologica appariva tanto meno indicata dovendo attendere sempre una possibile chiamata. Così, il piano di organizzazione originario comportava un funzionamento generale degli ospedali e delle ambulanze, in arrivo dal fronte e vicino al fronte, senza il contributo della radiologia. Quando apparve quindi l'enormità del compito consistente nel curare i feriti di questa guerra, l'aiuto meraviglioso dei raggi X fu ogni giorno meglio compreso, meglio apprezzato e ogni giorno più richiesto. È a questa situazione che le vetture radiologiche hanno portato un rimedio e una soluzione provvisoria. Elemento attivo e produttivo, esse hanno assolto durante i primi anni della guerra la maggior parte del lavoro del servizio radiologico.

Una vettura radiologica, in genere un'automobile, trasporta una strumentazione completa per l'esame dei feriti. Essa deve quindi contenere da un lato, la sorgente di elettricità, dall'altro, le principali apparecchiature così come tutti gli accessori indispensabili. La produzione di corrente può essere assicurata da un gruppo elettrogeno installato in modo fisso sulla vettura. Questo gruppo non deve essere né troppo pesante, né troppo ingombrante, tuttavia, per la potenza che gli è richiesta, non può pesare meno di 100 kg. Lo si pone sia nella parte anteriore della vettura, sia all'interno del cassone che serve da carrozzeria. Invece di impiegare un gruppo elettrogeno, ci si può servire del motore della vettura per trasportare una dinamo posta sul davanti o anche sul predellino. I vantaggi di questo dispositivo si vedono immediatamente: sostituendo il gruppo con una dinamo, si riduce il peso della metà, e si diminuisce l'ingombro e ciò permette di impiegare una vettura più leggera e più veloce; la dinamo d'altronde costa molto meno del gruppo ed era molto più facile da reperire all'inizio della guerra. Si poteva quindi, in questo modo, equipaggiare una vettura qualsiasi, senza la necessità di una carrozzeria speciale.

Le principali apparecchiature, opportunamente agganciate, possono essere trasportate in una carrozzeria di limousine che può, inoltre, contenere due o tre casse con gli accessori. Si dispone il tutto, in modo da riservare all'interno uno spazio per il medico radiologo, mentre un aiutante prende posto a lato del conduttore.

Se la carrozzeria è da costruire, la si predispone a forma di cassone, come nel caso di una vettura spaziosa di consegna a domicilio. Essa riceve una sistemazione adatta all'installazione delle apparecchiature e delle casse. Inoltre, è preferibile che dopo la chiusura della porta, l'oscurità sia completa, perché, in caso di bisogno, si possano sviluppare le lastre radiografiche. Le tre persone che compongono l'équipe occupano il sedile nella parte anteriore alla vettura.

Benché l'utilizzo del motore della vettura per il funzionamento della dinamo possa rendere spesso grandi servizi, si deve tuttavia riconoscere che questo sistema comporta inconvenienti, di cui i principali sono il consumo di benzina molto elevato e la necessità di fare lavorare correttamente il motore della vettura sia durante la circolazione tra gli ospedali che in fase di fermo, poiché il motore deve far funzionare la dinamo per la durata del servizio. Una buona vettura, tra le mani di un buon conduttore, può, d'altronde, essere utilizzata anche senza inconvenienti. Se, tuttavia, la vettura circola poco e opera da ferma per la maggior parte della giornata, l'impiego di un gruppo elettrogeno è più razionale ed economico.

All'inizio della guerra, si trattava soprattutto di assicurare un servizio rapido, con i mezzi disponibili, mentre la benzina non mancava e non era economizzata. La vettura che faceva funzionare una dinamo mediante il proprio motore era allora più indicata.

Sono riuscita, io stessa, ad equipaggiare 18 di queste vetture, grazie a donazioni particolari e alle risorse del Patronato Nazionale dei Feriti. Parecchi cassoni sono stati messi a disposizione da generosi donatori o donatrici alcuni dei quali hanno voluto pure sostenere le spese di manutenzione. Quasi tutte queste vetture, offerte al Servizio Sanitario in una fase di bisogno urgente, hanno svolto un servizio significativo, e se alcune si sono logorate, altre hanno continuato il loro servizio fino alla fine della guerra e oltre.

Mi è gradevole ricordare qui che la prima delle vetture radiologiche attrezzate su mia iniziativa è stata fornita dall'Unione delle Donne di Francia e equipaggiata a loro spese. Questa piccola vettura a carrozzeria ordinaria, che portava solo l'apparecchiatura strettamente necessaria, ha, senza alcun dubbio, lasciato numerosi ricordi nella regione parigina. Dapprima, grazie all'impegno di un personale disponibile, anziani diplomati alla Scuola Normale o professori, e in seguito regolarmente associata al Val-de-Grâce, ha assicurato solo il servizio del campo trincerato di Parigi per la maggior parte della guerra, in particolare per l'affluenza di feriti nel settembre 1914 in seguito alla battaglia delle Marne.

Un'altra vettura a carrozzeria di limousine, equipaggiata nel mio laboratorio mi è stata di aiuto prezioso durante l'intera guerra. Essa mi ha permesso di trasportare frequentemente materiale radiologico richiesto dagli ospedali dell'esercito e dal territorio, così come di assicurare un servizio temporaneo nelle diverse circostanze. La tavola IV mostra una delle vetture che ha svolto un servizio particolarmente intenso nelle zone di guerra.

Nello stesso tempo in cui vetture relativamente leggere erano offerte dall'iniziativa privata, il Servizio Sanitario equipaggiava dei camion radiologici con gruppi elettrogeni il cui numero, un poco alla volta, divenne significativo. Questi equipaggi, muniti di una attrezzatura molto completa, furono distribuiti principalmente nelle zone degli eserciti dove assicurarono, nel momento in cui divennero numerosi, un servizio radiologico permanente e regolare.

Tuttavia, negli ultimi anni di guerra, questo servizio comportava solo pochi spostamenti. Ho già avuto l'occasione di parlare dei grandi centri ospedalieri che sono stati insediati nelle aree belliche e che utilizzavano il personale della maggior parte delle ambulanze inutilizzate. A queste formazioni venivano ad

aggiungersi le postazioni radiologiche mobili, per lavorare sul posto, spesso per parecchi mesi.

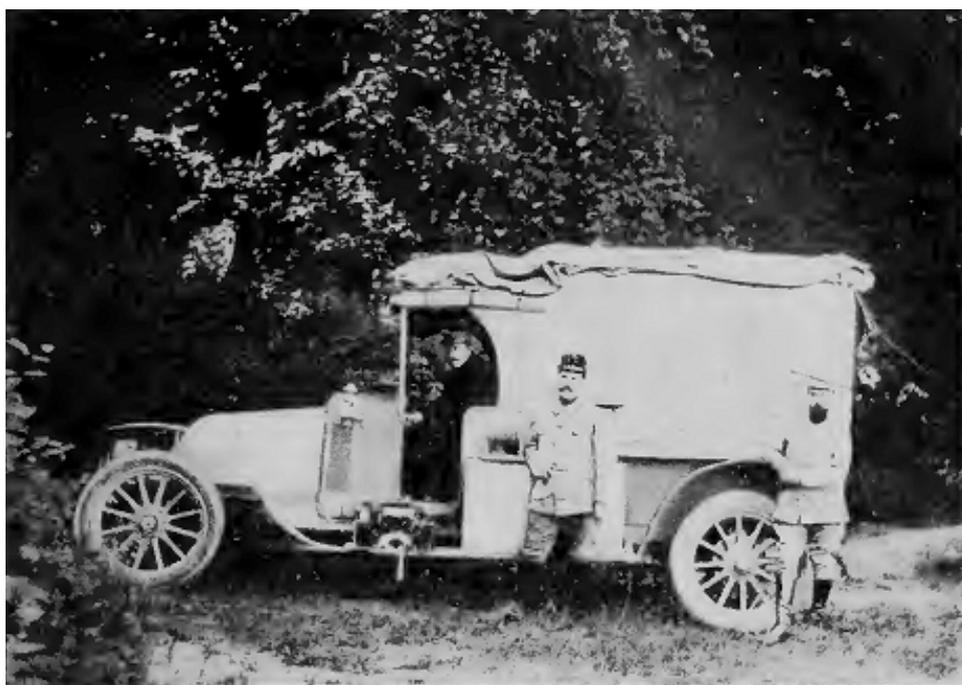


Tavola IV a: Vettura radiologica ed equipaggio. Si vede sul predellino della vettura la dinamo che può essere azionata dal motore.

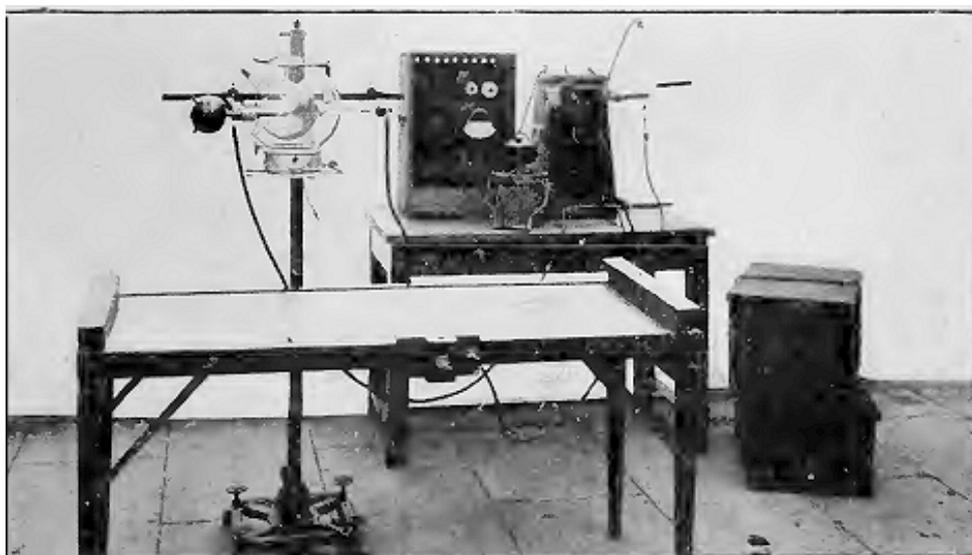


Tavola IV b: Apparecchiatura trasportata dalla vettura radiologica, pronta per il funzionamento. Si vedono, nelle loro scatole, gli strumenti che servono per trasformare la corrente a bassa tensione fornita dalla dinamo, in corrente ad alta tensione per l'alimentazione dell'ampolla, che con la sua valvola è disposta in una cassa.

Le modalità di funzionamento delle vetture leggere nelle aree belliche subirono un'analogia evoluzione. All'inizio della loro attività dovevano spostarsi frequentemente in un raggio di oltre 100 km, per servizi urgenti, in seguito, si trovarono libere da questo compito grazie alla moltiplicazione delle installazioni radiologiche fisse e dei camion mobili operanti come postazioni semi fisse. È solo in certe regioni del territorio, che rimanevano necessari

grandi spostamenti. Ricordiamo qui, in poche righe, questa vita delle vetture radiologiche, vita che ho potuto seguire da vicino, per apprezzare l'opera svolta dal personale sia con iniziativa che con devozione:

Avvisata di una necessità urgente, la vettura radiologica parte per il suo servizio, trasportando il suo materiale completo e la sua provvista di benzina. Ciò non le impedisce di spostarsi alla velocità di 50 km/h, condizioni della strada permettendo. Il personale è composto da un medico, un operatore e un autista, ma in una buona squadra ognuno va oltre il proprio compito. Ecco la vettura giunta a destinazione; era attesa con impazienza per l'esame di feriti appena arrivati all'ospedale. Si tratta di mettersi al lavoro il più presto possibile. Si scaricano le casse e le apparecchiature e le si porta nella sala operativa. L'autista prepara il gruppo o la dinamo, e stabilisce mediante un lungo cavo (25 metri bastano, in genere, per tutte le necessità) il collegamento con le apparecchiature che l'operatore dispone nella sala. Con l'aiuto di un infermiere si oscurano le finestre con le tende portate, o fornite dall'ospedale. L'operatore e il suo capo, a colpo d'occhio, scelgono la disposizione delle apparecchiature, e le pongono, assemblando le parti smontabili del tavolo e del piede porta ampolla, installano l'ampolla e la valvola, stabiliscono i contatti. Si riempie la turbina di gas illuminante preso da un tubo o portato con la vettura in una sacca per il gas di 25 litri, Un segnale all'autista: ecco la dinamo in funzionamento e l'invio della corrente nell'ampolla. Se funziona, meglio; in caso contrario, si procede rapidamente ad una regolazione fine, oppure si prende un'ampolla sostitutiva. Si prepara lo schermo radioscopico, e si dispongono tutti i piccoli accessori a portata di mano: carta, penna, guanti e lenti protettive, filo a piombo; si dispongono al riparo dei raggi le lastre e si pongono nella camera fotografica i bagni portati; qualche volta la stessa stanza deve essere attrezzata con tende. Alla fine tutto è pronto. Se non ci sono stati inconvenienti e se ci si trova in un ambiente noto, l'installazione può essere fatta in mezzora. È raro che richieda un'ora.

È il momento di mettersi al lavoro con medici e chirurghi dell'ospedale o dell'ambulanza. Si portano i feriti sulle barelle o si fanno venire quelli che sono meno colpiti. Si eseguono gli esami radioscopici, si prendono i negativi, a volte si opera sotto i raggi. Un aiutante scrive tutte le osservazioni. Ciò dura quanto necessario, il tempo è dimenticato, conta solo la preoccupazione di rispondere ai bisogni. A volte un caso difficile causa un ritardo, altre volte il lavoro progredisce rapidamente. Alla fine il compito è terminato. Si imballa il materiale nelle casse, e si ritorna per ricominciare lo stesso giorno o il giorno successivo.

Si comprende facilmente che in queste condizioni di lavoro, una équipe radiologica può acquisire una notevole esperienza così come l'abitudine a cavarsela, e a fare fronte a tutte le eventualità. Quando il servizio di circolazione venne rallentato causa il moltiplicarsi delle postazioni fisse e semi fisse per l'esercito, gli equipaggi mobili che avevano reso il più grande servizio sono stati convertiti in équipe di perfezionamento per visitare le nuove postazioni, consigliare il personale e controllare il funzionamento.

Per il servizio di circolazione, vetture leggere sono di certo di impiego più facile. Penso anche, che a fianco di vetture massicce e solide, si dovrebbe sempre conservare un tipo di vettura molto mobile per il soccorso urgente.

Tra le vetture radiologiche del Patronato, la più leggera trasportava un materiale di 250 kg, sufficiente per le necessità; vi era un telaio a carrozzeria molto leggera, in grado di passare nelle strettoie e di circolare con rapidità; numerosi comandanti di supporto all'esercito mi hanno espresso il vivo desiderio di disporre di vetture di questo tipo per un servizio rapido.

Conviene sottolineare che le vetture radiologiche possono, in certi casi, utilizzare la corrente elettrica degli ospedali in cui operano. Devono allora trasportare solo il materiale e il personale, e se devono coprire piccole distanze in una città e dintorni, una vettura a cavalli può sostituire quella di tipo automobile.

Le vetture radiologiche che hanno svolto un lavoro intenso durante la guerra (alcune hanno permesso di esaminare 10000 feriti e ammalati) non sono destinate a scomparire in periodo di pace. Esse continueranno ad essere utilizzate, dapprima nelle zone libere, poi in tutta la Francia e nelle colonie, per assicurare l'esame radiologico a malati non trasportabili in località prive di postazioni fisse, e per supplire in qualità di postazione di soccorso ai blocchi di funzionamento delle postazioni fisse a causa di incidenti. Si potrà così trarre vantaggio da queste forme particolarmente attive del servizio nel corso del periodo bellico.

IV - LAVORO RADIOLOGICO NEGLI OSPEDALI

Quali sono quindi i servizi che ci si può aspettare durante la guerra dall'esame radiologico di un ferito o di un ammalato? Ecco la risposta a tale domanda:

La presenza di un corpo estraneo: pallottole, schegge di granata, si possono in genere vedere più facilmente, grazie ai raggi X. Ci si può quindi assicurare se il proiettile è rimasto effettivamente nel corpo, cosa non sempre evidente, soprattutto quando si tratta di proiettili multipli. Avendo risolto questo primo punto, si può andare oltre e precisare molto esattamente la posizione del proiettile, per mezzo di metodi studiati specialmente a questo scopo. Il chirurgo può allora procedere all'estrazione del proiettile con notevoli possibilità di successo. Al contrario, in assenza dell'esame radiologico, si trova spesso che l'estrazione non può essere tentata, o si può provare infruttuosamente numerose volte.

L'esame radiologico è pure molto utile nel caso di fratture ossee. Permette di rendersi conto dell'aspetto della frattura, di effettuare una riduzione e di seguirne lo sviluppo, di riconoscere la presenza di piccoli frammenti ossei, di esaminare lo stato delle articolazioni, di seguire la formazione normale o anomala della materia ossea.

Infine, ci si può servire dei raggi X, non solo per chiedere loro una indicazione preliminare, ma anche nel corso stesso delle operazioni, può guidare in ogni istante l'azione del chirurgo. Si dice allora che l'operazione è effettuata *sotto il controllo dei raggi*.

Nel caso di un malato, l'esame radiologico permette di riconoscere lesioni interne, come malattie dello stomaco o dei polmoni. L'esame di lesioni polmonari ha avuto, durante la guerra, una notevole importanza. Quando si

tratta di un uomo sano ma che ha contratto un'infermità, si ricorre all'esame radiologico per constatare ciò, in vista di un certificato di inidoneità.

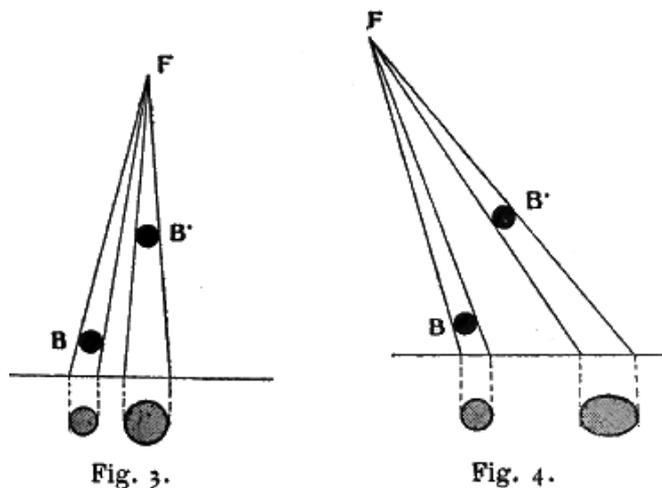
Si può affermare che l'esame radiologico ha salvato la vita a un grande numero di feriti e ne ha preservati molti da altre infermità future. I proiettili che rimangono nel corpo danno origine spesso a suppurazioni persistenti, qualche volta a fenomeni di paralisi; la loro estrazione senza localizzazione esatta è spesso dannosa. D'altra parte, le fratture devono essere controllate molto attentamente affinché la guarigione avvenga con le minime deformazioni possibili.

Esamineremo in seguito i punti principali che meritano di attirare l'attenzione nel campo della tecnica radiologica.

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELL'IMMAGINE

La sorgente dei raggi X è nel *fuoco* dell'ampolla produttrice; essendo il fuoco di piccole dimensioni, si può considerare che la sorgente di emissione sia puntiforme. I raggi che escono dal fuoco formano quindi un cono e, incontrando lo schermo radioscopico o la lastra radiografica, determinano una figura che ha le proprietà di una *proiezione conica*.

La proiezione conica presenta di un oggetto la sua immagine ingrandita e deformata, e ciò tanto più quanto i raggi sono obliqui. L'insieme di queste deformazioni ricorda quelle ben note delle ombre dette "cinesi" che osserviamo sui muri illuminati da una lampada o da una candela, con l'interposizione di un oggetto opaco alla luce. Le figure 3 e 4 rappresentano l'aspetto delle ombre proiettate da due sfere metalliche dello stesso volume, per esempio, da due palle di shrapnel, diversamente distanti dallo schermo o dalla lastra che fungono da piano di proiezione.



Nella figura 3, i raggi provenienti dal fuoco F sono, in media, perpendicolari al piano di proiezione P. Le ombre hanno diverse dimensioni: la palla B che è vicina al piano A, dà un'ombra di poco ingrandita, mentre la palla B' che è più lontana dà un'ombra ingrandita nel rapporto di 1:2: le due ombre sono quasi circolari. La figura 4 ci mostra, al contrario, l'effetto di una proiezione obliqua; l'ombra della palla B' è ingrandita nello stesso rapporto della precedente nella direzione perpendicolare ai raggi, ma l'ingrandimento è più importante lungo

la direzione OX che è la traccia sul piano orizzontale della direzione media del fascio di raggi passante per la palla. Di modo che, non solo, la palla appare più grande del caso precedente, ma appare anche deformata; la sua ombra si allunga nella direzione OX.

Quanto alla palla B, molto vicina al piano di proiezione, la sua ombra è ugualmente deformata, risultando però meno ingrandita.

Supponiamo che si ponga un manubrio in una posizione obliqua rispetto allo schermo radioscopico, che riceve i raggi passanti da questo manubrio lungo una direzione media obliqua. Si vede che l'aspetto dell'ombra darà una idea inesatta della forma dell'oggetto; le due palle appariranno di forma allungata, e di dimensioni diverse; la barra di giunzione potrà apparire allungata o accorciata secondo l'inclinazione che possiede rispetto allo schermo (fig. 5).

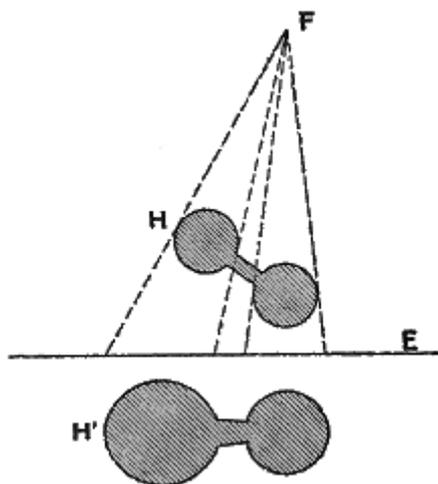


Fig.5: F: Fuoco dell'ampolla;
E: Schermo radiologico
H: Manubrio;
H': Ombra di questo manubrio, supposta riprodotta sul piano della figura.

La Tavola V ci mostra la radiografia di un torace, sulla quale si riconoscono le deformazioni inevitabili della proiezione. I bordi appaiono molto allargati nelle loro parti più lontane dalla lastra, rispetto alla parti più vicine alla lastra.

Per ridurre al minimo le deformazioni delle immagini radioscopiche e radiografiche, conviene ottenerle, per quanto possibile, in proiezione normale, cioè utilizzando raggi, la cui direzione è, in media, perpendicolare allo schermo radioscopico o alla lastra radiografica. Se, per esempio, la lastra è posta su una tavola, al di sopra della quale si trova l'ampolla, è facile assicurarsi, con l'aiuto di un filo a piombo, che la condizione è all'incirca realizzata. Inoltre, è vantaggioso indicare sulla lastra la regione da radiografare, di modo che in nessun punto vi sia un ingrandimento eccessivo; per lo stesso motivo, si può allontanare l'ampolla dalla lastra per ottenere una riduzione nella intensità.

Nelle applicazioni pratiche, la distanza tra l'ampolla e la lastra o lo schermo è di circa 50 cm. Un dispositivo speciale permette di centrare l'ampolla all'interno di una calotta sferica tenuta nel piede porta ampolla e munita di un diaframma opaco ad apertura variabile (fig. 6).



Tavola V: Radiografia di una spalla. Le parti dei contorni più vicine alla lastra danno ombre nette e strette; quelle più lontane danno ombre meno nette ed allargate.

Quando il diaframma è quasi interamente chiuso, il fascio collimato dei raggi che passa per la sua apertura deve essere perpendicolare al piano del diaframma se l'ampolla è ben centrata; questo fascio prende allora il nome di *raggio normale* e lo si deve dirigere verso la parte centrale della regione esaminata, dopo di che si può aprire il diaframma quanto è necessario per irraggiare tutta la regione. Come regola generale, il diaframma è parallelo allo schermo radioscopico o alla lastra, di modo che il raggio normale è perpendicolare; si fa eccezione a questa regola solo in casi particolari

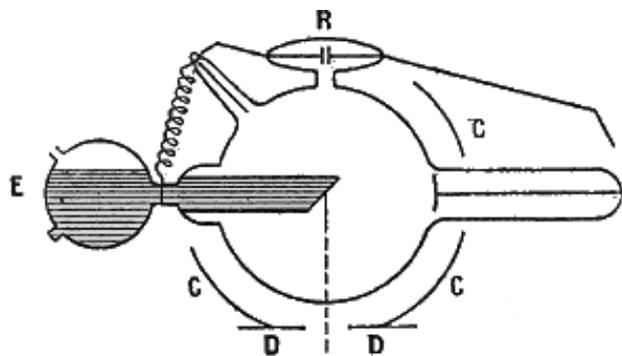


Figura 6: C: Cupola, D: Diaframma; R: Regolatore a scintilla; E: Refrigeratore ad acqua

RADIOSCOPIA E RADIOGRAFIA

Poiché l'impiego dei raggi X ci offre due metodi di indagine, quali sono le considerazioni che devono guidare la nostra scelta e le nostre preferenze per l'impiego di ciascuno dei due metodi?

L'esperienza degli anni di guerra ha fortemente contribuito a chiarirci sulla possibile risposta, soprattutto per ciò che riguarda la radioscopia. Questo metodo di indagine non era ancora molto impiegato in Francia prima della guerra; era già tuttavia oggetto di un eccellente insegnamento presso l'ospedale di Sant'Antonio, da parte di M.le Dr. Béclère, insegnamento che metteva chiaramente in evidenza il valore fondamentale delle procedure radioscopiche.

Il confronto tra la radioscopia e la radiografia si può fare da diversi punti di vista. È chiaro che l'esame radioscopico, non comportando manipolazioni di registrazioni di lastre e del loro sviluppo, deve essere preferito in tutti i casi in cui è importante ridurre il tempo dedicato all'esame e all'ingombro del materiale impiegato. È quindi questo metodo di osservazione che può rendere i maggiori servizi quando si ha un afflusso di feriti durante le battaglie, negli ospedali del fronte o della retrovie. Infatti, con il crescere del valore riconosciuto della radiologia, si è compreso che l'esame radiologico con doveva essere riservato ad alcuni feriti, ma che tutti senza eccezione dovevano beneficiarne, per evitare errori di diagnostica, sempre possibili, e lacune di osservazione le cui conseguenze possono essere funeste. L'esame radiologico svolge un ruolo importante già al primo smistamento dei feriti negli ospedali di evacuazione; questo ferito che avrebbe potuto essere salvato con cure immediate, soccomberà, se, inavvertitamente, lo si sottopone a un trasporto faticoso in un ospedale lontano.

Durante le lunghe battaglie della grande guerra il compito degli ospedali che ricevevano il flusso dei feriti era spesso schiacciante. Giorno e notte, squadre di chirurghi, accompagnati dai loro assistenti, si alternavano in un lavoro incessante. Bisognava far fronte a più urgenze, assicurare tutti gli interventi indispensabili, e tuttavia rinviare alla retrovie tutti i feriti in grado di essere trasportati, per evitare la minaccia costante di "imbottigliamenti": ingombro e impossibilità di ricevere i nuovi arrivati. È a partire dalla battaglia della Somme che l'esame radiologico ha iniziato ad essere praticato in condizioni così difficili; équipe radiologiche che lavoravano in collaborazione con équipe chirurgiche e trasmettevano loro i risultati di ogni esame radioscopico.

Così, l'esame radioscopico gioca, in questo caso, il ruolo dell'esame d'urgenza, il solo che, circostanze permettendo, è compatibile con la necessità di non dedicare, in media, più di qualche minuto ad ogni malato. Eppure, non è il suo unico ruolo; la sua applicazione è assai più ampia, e ci rendiamo facilmente conto che *l'esame radioscopico deve, in linea di principio, precedere l'esame radiografico*, qualunque siano le condizioni di lavoro particolari dell'ospedale, al fronte o nelle retrovie.

Affinché la radiografia dia un risultato soddisfacente, è necessario, infatti, che la posizione esatta della lesione sia preliminarmente nota, di modo che si possa porre la lastra nella posizione più favorevole rispetto al corpo del ferito e dare poi la migliore direzione ai raggi. Ma, più spesso, questa informazione

preliminare sulla lesione è molto sommaria, di cui si possono dare numerosi esempi. Se si tratta di una frattura, non se ne conosce in anticipo l'estensione esatta. Se si tratta della presenza di corpi estranei, palle o schegge di granate, la supposizione di cui si dispone più spesso consiste nell'osservare un foro d'entrata senza il corrispondente foro di uscita. È questa una indicazione poco chiara, poiché non indica nulla sul numero delle schegge penetrate, né sulla loro posizione anche approssimativa. Può accadere che un proiettile non penetri, ma rimbalzi alla superficie. Può accadere, al contrario, che raggiunga un punto assai lontano rispetto al foro d'entrata, compiendo a volte traiettorie veramente deludenti; può accadere ancora che una volta penetrato, si sposti poi all'interno del corpo.

La radioscopia praticata con spostamento dell'ampolla lungo il corpo del ferito permette di esaminare l'intera regione colpita e quelle vicine. Permette di scoprire tutti i corpi estranei che hanno dimensioni di qualche importanza, e di ottenerne una precisa localizzazione; determina l'estensione delle fratture e il loro aspetto che si può fissare con immagini dette *callo osseo*; rivela lesioni polmonari o di altro tipo. Spesso, basta per fornire una prima indicazione sullo stato del ferito, almeno prima del suo trasporto in un ospedale dove dovrà rimanere fino alla guarigione. Se si ritiene utile completare queste informazioni con la radiografia, questa potrà essere eseguita con cognizione di causa, su una regione esattamente delimitata e con una lastra di dimensioni sufficienti, ma non esagerate.

Si potevano incontrare, all'inizio della guerra, servizi radiologici nei quali l'impiego della radioscopia era sconosciuta. Vi si trovava in grande quantità lastre di grandi dimensioni, 24x30 e 30x40 cm. Un colpo d'occhio bastava per valutare l'utilizzo di queste lastre. Tuttavia, se ne sprecaivano parecchie per scoprire la lesione cercata; altre volte, la parte interessata occupava una estremità o un angolo della lastra. Con l'estensione della radioscopia, questo spreco di lastre è scomparso; il numero di lastre utilizzate per ferito è notevolmente diminuito, così come le loro dimensioni; le lastre 30x40, molto costose e poco maneggevoli, sono state utilizzate raramente, cedendo il posto ai formati minori: 20x30, 24x18 e anche 13x18 cm.

Tutti coloro che hanno praticato la radiologia di guerra, potrebbero citare numerosi esempi che provano la necessità dell'esame radioscopico preliminare e dei quali molti sono stati segnalati nelle pubblicazioni speciali. Mi è capitato di ritrovare sotto la scapola una scheggia di granata che era penetrata dalla parte esterna del braccio e che era poi passata attraverso l'ascella. Una palla che si supponeva nel torace, è stata trovata nel bacino. È chiaro che in questi casi, la radiografia avrebbe potuto portare ad un fallimento, senza l'ausilio della radioscopia. Può succedere la stessa cosa quando il proiettile nel torace, si sposta molto con la respirazione e non può essere radiografato se non per mezzo di una istantanea che richiede una apparecchiatura più potente di quella di cui si dispone. Infine, gli esami dei polmoni e le operazioni sotto il controllo dei raggi, sui quali ritornerò in seguito, utilizzano la radioscopia.

Ciò vuol dire che la radiografia deve essere considerata superflua? Sarebbe, certamente, un grande errore, al contrario, quello di misconoscerne l'importanza. La radiografia ci dà immagini sulle quali i dettagli possono

essere osservati con maggiore precisione rispetto alla radioscopia. Queste immagini possono essere conservate come documentazione sempre disponibile in caso di necessità. La radiografia può, inoltre, essere eseguita con minore danno per l'operatore, per quanto attiene le radiodermatiti che possono essere provocate dai raggi. Essa è praticata in pieno giorno con lastre avvolte in carta nera. Infine, la tecnica della radiografia non esige l'intervento costante del medico specialista; può essere coadiuvato più facilmente da un operatore rispetto alla radioscopia dove la competenza medica è quasi costantemente richiesta, salvo in caso particolarmente semplici.

Così la radioscopia e la radiografia hanno ciascuna il loro campo e il loro utilizzo; esse si aiutano e si completano a vicenda, avendo la radioscopia come scopo l'esame preliminare, e la radiografia un ruolo di perfezionamento e di registrazione dei risultati.

ALCUNI DETTAGLI SULLA RADIOSCOPIA

Per essere efficace, l'esame radioscopico deve essere praticato in condizioni ottimali. L'operatore deve disporre di una intensità di irraggiamento sufficiente; l'esperienza ha mostrato che si possono esaminare tutte le parti del corpo umano per mezzo di una ampolla attraversata da una corrente di circa 2 mA con una differenza di potenziale di circa 50000 V (10 cm circa di scarica equivalente allo spinterometro a punte). Ma affinché l'operatore possa servirsi utilmente di questa intensità, è indispensabile che il suo occhio si sia adattato alla visione radioscopica mediante una permanenza nell'oscurità di parecchi minuti e anche di un quarto d'ora, quando la luce esterna è molto forte. L'impaziente che non osserva questa regola non guadagna nulla con una osservazione prematura; non percepisce alcun dettaglio e si espone a dubitare della regolazione della propria strumentazione, e dopo alcuni minuti l'immagine radioscopica si schiarisce per lui come per miracolo. Una buona oscurità è quindi di rigore in una stanza in cui si fa radioscopia. Se ciò non è possibile, l'operatore può impiegare uno schermo radioscopico a *cuffia*, un dispositivo che garantisce una schermatura completa dalla luce ambiente, applicandole sulle due aperture di una camera oscura al fondo della quale è posto lo schermo.

Nella pratica dell'esame radioscopico, l'impiego del diaframma è della massima utilità. Si constata, infatti, che riducendo il campo visivo attorno al raggio normale, si aumenta in larga misura la nitidezza dell'immagine. Si potrà, per esempio, distinguere i dettagli delle articolazioni che non si vedono così bene con un diaframma molto aperto. Si potrà ancora scoprire corpi estranei di piccole dimensioni nelle regioni spesse del corpo dove passano facilmente inosservati. Il beneficio della riduzione del campo riguarda in parte la soppressione delle regioni illuminate circostanti, in parte la soppressione di un effetto dovuto ai raggi detti *secondari*. Questi raggi si originano nelle parti del corpo attraversate dai raggi diretti provenienti dal fuoco dell'ampolla; essi formano una specie di irraggiamento nocivo diffuso che compromette la visione di una immagine ben contrastata, ma la cui importanza è fortemente ridotta dal diaframma quando l'apertura è resa piccola.

ESAME DELLE FRATTURE

Si può dire che le cure necessarie per le fratture ossee hanno assorbito la maggior parte del tempo dedicato ai feriti negli ospedali. Non solo queste fratture sono state considerevoli, ma anche, hanno spesso richiesto un tempo di guarigione più o meno completo molto lungo creando ai feriti sofferenze lunghe e crudeli. Anche quando esse mostrano minore gravità, in assenza di schegge, di perdita di materia ossea, senza suppurazione, la riparazione necessaria alla saldatura dei frammenti mediante la formazione del callo osseo richiede parecchie settimane. Dopo un riposo sufficiente, mantenendo l'osso fratturato nella posizione nella quale deve saldarsi, si forma un callo, regione di saldatura molto perfetta nel caso più favorevole. Quando la frattura è grave e riguarda ossa molto importanti, quando vi è stata frantumazione o una mancanza di continuità importante, la guarigione è molto più lunga e più difficile. Queste terribili fratture, tante volte viste durante la guerra, comportano spesso numerose schegge che producono una suppurazione persistente, e necessitano di interventi di pulizia. Le ossa, raggiunte molto in profondità, non sono sempre in grado di riformarsi; la scienza chirurgica riesce tuttavia ad ottenere in molti casi risultati meravigliosi, mediante l'uso di trapianti ossei che facilitano la saldatura colmando i vuoti con parti di osso sano, e con l'applicazione di punti metallici che mantengono in posizione i frammenti fino alla loro riparazione. Tutte queste fratture gravi necessitano di speciali precauzioni affinché il callo tanto sperato si formi correttamente, in modo da conservare ai frammenti ossei una buona posizione, e non produrre deformazioni eccessive tali da generare infermità. La chirurgia dispone per questo di apparecchi speciali destinati a mantenere in posizione normale le ossa fratturate: gessi, docce contenitive, ecc; impiega anche metodi di lavoro come l'estensione permanente, frequentemente praticata nelle fratture del femore.

In tutte le fasi di questi sforzi laboriosi per ottenere la guarigione nelle migliori condizioni possibili, e per riparare in certa misura anche ciò che sembra irreparabile, il chirurgo ricorre costantemente ai raggi X, guida e consiglio più precisa a sua disposizione. Il ferito è in genere posto su una barella nella sala radiologica e sdraiato su un tavolo, al di sotto del quale si trova l'ampolla a raggi X; lo schermo radioscopico è posto sul corpo nella regione della frattura. Il primo colpo d'occhio sulla frattura con l'aiuto dello schermo radioscopico ci informa sulla sua gravità, estensione, grado di rovina, importanza delle schegge, scostamento dell'osso dalla posizione normale. Questo aspetto è generalmente subito fissato per mezzo di un disegno fatto sul vetro che ricopre lo schermo e riportato poi ricalcandolo su un calco di carta.

Per avere una corretta idea sulla direzione delle ossa, è utile dare due calchi in piani diversi, per esempio una vista frontale e una di profilo, quando è possibile spostare il ferito. E anche se la sofferenza patita dal malato non permette una rotazione, si può ancora in molti casi, ottenere un calco di profilo, ponendo l'ampolla al livello del corpo, lateralmente, in modo da inviare i raggi in una direzione orizzontale, per esempio, attraverso una coscia o una gamba, dall'altra parte dalla quale lo schermo è disposto verticalmente. Se si è ben centrato l'ampolla, per operare con i raggi vicini al raggio normale, ci si

troverà nelle migliori condizioni per ottenere immagini nitide e per tracciare calchi corretti.

I calchi ottenuti sono conservati come documentazione, e se ne possono prendere di nuovi col passare del tempo, sia per seguire i progressi di guarigione, sia per constatare i risultati di un intervento chirurgico, destinato a ripulire il centro della frattura o a rettificare la posizione dell'osso. L'insieme di questi calchi riproduce la storia della lesione, storia a volte dolorosa, ma più spesso confortante, poiché lo sforzo perseverante porta a miglioramenti in un gran numero di casi che apparivano disperati.

Il lavoro che è stato descritto si può fare solo con la radioscopia. Tuttavia, la radiografia è di grande aiuto, ed è preferibile praticarla quando le condizioni lo consentono; essa è anche, a volte, strettamente necessaria. Le lastre possono essere prese nelle posizioni più favorevoli, riconosciute tramite la radioscopia; le dimensioni delle lastre possono quindi essere ridotte allo stretto necessario. Il raggio normale passa in genere dalla regione centrale della lastra. L'immagine ottenuta può essere esaminata a piacere; offre dettagli più precisi di quelli che si possono distinguere in radioscopia.

Certe fratture molto piccole, senza spostamento di frammenti ossei, possono passare inosservate all'osservazione radioscopica, ma appaiono chiaramente in una buona radiografia¹. Questa può quindi offrire un completamento dell'informazione e, inoltre, fornire, a partire da immagini negative, tirature positive, molto più precise rispetto ai calchi anche a quelli meglio disegnati e, inoltre, indipendenti dall'interpretazione del disegnatore.

Le prove radiografiche sono ottenute, più comunemente, ponendo l'ampolla al di sopra della tavola sulla quale è posto il malato: la lastra è allora introdotta tra la tavola e il corpo, racchiusa in un contenitore o avvolta da una busta di carta nera. Ma si può anche porre l'ampolla sotto la tavola, come per la radioscopia e la lastra sul corpo del malato al posto dello schermo radioscopico. Questo procedimento è alquanto vantaggioso quando si vuole completare un esame radioscopico con una radiografia, senza perdita di tempo e senza fatica supplementare per il ferito, con la certezza di riprodurre sulla lastra la regione stessa osservata sullo schermo.

Le tavole VI e VII riproducono radiografie di fratture da documentazioni originali. Ci si può rendere conto della differenza di aspetto delle immagini ottenute di fronte e di profilo. Le tavole VIII e IX mostrano fratture in via di guarigione, con formazione del callo osseo.

La radioscopia offre ancora, per quanto riguarda le fratture, un'applicazione particolarmente interessante. Si può utilizzare per procedere sotto il controllo dei raggi, al riposizionamento, cioè alla "riduzione" delle ossa fratturate. Questa riduzione fatta con criterio, quando non si opera sotto questo controllo, presenta a volte difficoltà e vi sono poche possibilità di effettuarla al primo tentativo. Si crede che un risultato migliore si possa ottenere quando si è guidati da una visione diretta. È necessario solo vedere le ossa sotto diversi punti di vista, in modo da evitare gli errori derivanti dalla mancanza di prospettiva. È quanto si realizza, spostando l'ampolla sotto il tavolo in una

¹ Questo è il caso della frattura detta "dell'autista", frattura del polso per la rotazione della manovella.

direzione perpendicolare alle ossa; se la loro posizione relativa rimane corretta con un movimento di avanti indietro, si può essere certi che la riduzione è stata ottenuta in modo soddisfacente.

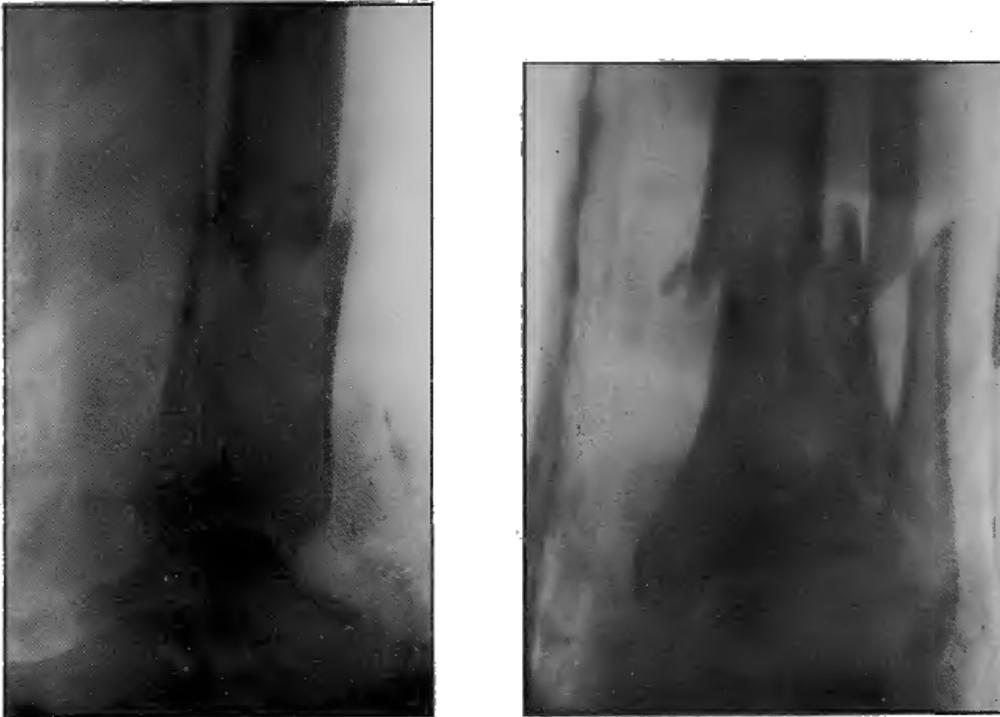


Tavola: 6. Radiografia di una gamba. A sinistra: Frattura di due ossa con spostamento. A destra: veduta frontale veduta di profilo



Tavola 7: Radiografia di un avambraccio. Frattura del radio con perdita di sostanza. A sinistra: vista frontale; a destra: vista di profilo.

Mi è capitato di seguire per un tempo molto lungo fratture gravi curate in vista di miglioramento progressivo. Parecchie fratture di femore, che comportavano inizialmente spostamenti e sovrapposizioni molto grandi sono state sottoposte a riduzione opportunamente eseguite e si sono alla fine consolidate in condizioni più favorevoli di quanto si potesse sperare. Il progresso di queste guarigioni è stato frequentemente controllato mediante radiografia, e, grazie alla facilità di trasporto dell'apparecchiatura, tutti i negativi di questa serie sono stati presi sui malati stesi nei loro letti, con le apparecchiature di estensione.



Tavola VIII. Radiografia di un avambraccio;
Frattura consolidata con callo.



Tavola IX. Frattura della tibia. Callo lacunoso. Schegge ossee libere.

Le ossa che hanno subito una grave frattura, tendono a divenire trasparenti ai raggi X a causa della perdita di calcio derivante dalla suppurazione. Le ossa così decalcificate si vedono meglio su un negativo ottenuto con raggi "mollì" che in radioscopia, e questa è una ragione seria a favore dell'impiego della radiografia. La stessa osservazione si applica all'"osso nuovo" o callo in via di formazione, che non ha ancora accumulato i sali di calcio della sua forma normale; un callo simile può passare inosservato su una immagine radioscopica.

LA LOCALIZZAZIONE DEI PROIETTILI

Tra tutte le applicazioni di guerra della radiologia, è la localizzazione dei corpi estranei, palle o frammenti di granata, che ha stimolato il più vivo interesse del pubblico così come quello degli specialisti. Questo interesse si comprende facilmente, poiché si trattava di una operazione molto utile da cui dipendeva a volte la vita del ferito, ma anche, la comparsa del corpo estraneo nel campo visivo produce un effetto particolarmente sorprendente: la scoperta di questo corpo e la determinazione della sua posizione costituiscono un problema che stimola l'ingegnosità dell'operatore. I metodi impiegati si sono così moltiplicati; la loro varietà può apparire un poco sconcertante alle persone che conoscono poco la problematica. È facile tuttavia evidenziare alcuni principi generali sui quali si basano tutti questi metodi; è a questi principi che bisogna dare una importanza preponderante, piuttosto che ai dispositivi speciali che tra le mani di un abile operatore possono fornire grandi servizi, senza tuttavia poter pretendere di rappresentare il solo metodo efficace, escludendo tutti gli altri. Dirò anche che a mio avviso, l'operatore deve conoscere e praticare parecchi metodi, poiché i loro rispettivi vantaggi dipendono dai casi da considerare.

Prima di affrontare l'esposizione dei principi di localizzazione, chiediamoci se vi è una utilità reale nell'estrarre i corpi estranei. L'opinione dei medici a tal proposito ha subito fluttuazioni nel corso della guerra, gli uni affermando che un proiettile che non sembra provocare perturbazioni deve essere lasciato stare, gli altri sostenendo l'estrazione obbligatoria.

È chiaro che la questione non può essere utilmente discussa in modo così assoluto. Infatti, una prima restrizione da introdurre è quella che tiene conto delle condizioni di estrazione. È preferibile rinunciare ad una estrazione non urgente, piuttosto che farla in condizioni inadatte, con materiale o personale insufficiente. Se supponiamo che da questo punto di vista la sicurezza è totale, si potrà affermare, basandoci sull'insieme delle opinioni più autorizzate, che, quando la ferita è recente, vi è sempre interesse a tentare l'estrazione.

Infatti, i corpi estranei sono, nell'organismo, una causa frequente di infezioni, sia perché sono portatori di germi di infezioni, di residui di terra o di vestiti sporchi, sia anche solo perché con il loro contatto irritano i tessuti impedendone la guarigione. D'altra parte, quando la ferita è recente, la traiettoria aperta rende l'estrazione spesso molto facile; spesso il chirurgo può seguire il percorso, senza lacerazioni aggiuntive, quando è aiutato dall'esame radiologico; può, in molti casi, togliere in pochi minuti una o più schegge che si trovano nella ferita. In tal modo ogni causa di infezione è eliminata da un intervento facile e benigno, mentre abbandonando un proiettile nella ferita, si rischia la necessità di una operazione successiva in condizioni meno favorevoli, spesso con febbre e suppurazione. Questi corpi estranei facili da raggiungere, formano la grande maggioranza del numero totale; l'utilità della loro estrazione immediata è stata riconosciuta dai chirurghi che, negli ultimi anni della guerra, operavano frequentemente appena qualche ora dopo il ferimento, nelle ambulanze vicine alla linea di fuoco. I feriti così operati guariscono molto rapidamente.

Quando la ferita è grave, e i corpi estranei sono penetrati in profondità, la decisione da prendere è meno evidente. Certi feriti non possono, per qualche tempo, essere operati in sicurezza, e può essere più prudente astenersi da ogni intervento. Pertanto, è raro che si abbia interesse ad abbandonare nel corpo schegge di granata o palle; è, in ogni caso, evidente che non è possibile lasciare frammenti di grosse dimensioni, frequentemente osservati durante la guerra (si veda la Tavola X). Ne ho visto, a più riprese, che questi corpi hanno dimensioni intorno ai 10 cm nel caso massimo, e ci si può stupire che una massa simile che penetra alla velocità di alcune centinaia di metri al secondo, non produca risultati ancora più nefasti di quelli che abbiamo deplorato.



Tavola X: Radiografia di una mano. Si vede una grossa scheggia la cui presenza è stata rivelata dalla radiografia. Fratture di due ossa del carpo e del metacarpo.

Le schegge di granata possono causare disturbi, non solo per le loro dimensioni, ma anche per la loro forma irregolare, la loro superficie rugosa, i loro spigoli vivi, punte o ganci; non sarebbero, anche se piccole, tollerate nelle articolazioni di cui impediscono il funzionamento. Si deve anche, se possibile, togliere dall'occhio ogni più piccolo granello metallico che rischierebbe di compromettere la vista. Infine, certi corpi estranei mettono il ferito a rischio di morte, per i disturbi che recano nelle regioni vitali come il cervello, il

midollo spinale, il cuore, i polmoni, o per la pressione che esercitano sui tronchi nervosi o i vasi sanguigni. In casi di questo tipo, non solo l'estrazione deve essere tentata, ma ci può essere anche il caso che la salute del ferito sia una questione di ore, e che è necessaria la massima premura, così come la massima precisione nell'intervento. Posso citare come esempio il caso di un ferito la cui fine sembrava vicina e che ha potuto essere salvato grazie a un esame radiologico che ha permesso l'estrazione di una scheggia posta nella regione posteriore del cranio.

Credo di aver fatto comprendere l'importanza dell'estrazione dei proiettili durante la guerra. Sono disposta a credere che questa importanza sia stata sinora sottostimata, poiché i motivi di sofferenza dei feriti sono stati moltiplicati e non hanno potuto, in tutti i casi, essere completamente riconosciuti. Ho ricordato una seduta di esame radiologico in un ospedale in cui si trovava, tra gli altri, un giovane ferito, in deperimento dopo alcune settimane con il bacino fratturato. Vi erano poche speranze di salvarlo. L'esame radiologico fu molto doloroso, per la difficoltà di posizionare questo povero malato che soffriva fortemente e che non poteva essere raddrizzato. Prima si prese la radiografia del bacino e successivamente quella degli arti inferiori. Ciò fece osservare al di sopra del ginocchio una scheggia di dimensioni considerevoli che fu estratta assieme ad una grande quantità di liquido. Non si credeva, sul momento, che questa operazione, quantunque necessaria, avrebbe avuto una grande ripercussione sullo stato del ferito che sembrava soffrire soprattutto per la frattura al bacino. Dopo qualche settimana, ho appreso che, dal giorno stesso della operazione, lo stato del ferito migliorò con rapidità e divenne presto del tutto soddisfacente.

Il blocco di ghisa contenuto nella coscia aveva con ogni evidenza trattenuto una grossa infezione e una intossicazione dell'organismo; una volta eliminata la causa, il giovane organismo si è ripreso, e il ferito che era stata ritenuto spacciato fu in condizione di riparare le sue gravi lesioni ossee.

Avendo così riconosciuto l'importanza della estrazione dei proiettili, possiamo anzitutto affermare che per la loro estrazione, è indispensabile l'impiego della radiologia. Questa verità, poco diffusa all'inizio della guerra, non è oggi contestata da alcuno; e nessun chirurgo accetterebbe oggi di operare un proiettile senza conoscere le informazioni fornite dal radiologo. Troppo spesso, infatti, unicamente guidato dalla posizione della piaga, il chirurgo ha vanamente cercato la scheggia o la palla di cui non aveva potuto capire la traiettoria, talvolta considerevole; troppo spesso, malgrado incisioni e aperture di grande estensione, il proiettile si è sottratto ad una ricerca lunga e ostinata. Nessuno accetterebbe più di tentare questa avventura cercando a tastoni e a colpi di bisturi il corpo estraneo spesso inglobato in tessuti che ne intercettano il contatto. E chi quindi, infatti, potrebbe risolversi, sapendo che, grazie ai raggi X, è possibile vedere con i propri occhi l'oggetto nascosto e avere una sua esatta indicazione? Solo la penuria di materiale e la mancanza di informazione hanno potuto, all'inizio della guerra, permettere le operazioni senza esame radiologico preliminare, cosa che, più tardi, è stata considerata come criminale. Mi è capitato di fare l'esame del cranio di un soldato che era stato trapanato per l'estrazione di una scheggia, quando aveva nella testa anche una palla di fucile di cui non si era percepita la presenza.

Si può dire che grazie all'impiego dei raggi, ci si può sempre garantire il successo? Certamente no, poiché la tecnica non è ancora perfetta, e si può non scoprire anche un proiettile ben nascosto. Ma la proporzione degli insuccessi è cambiata completamente; invece di operare alla cieca, si opera in modo consapevole. Quando un buon chirurgo è ben informato da un abile radiologo, gli insuccessi rappresentano una eccezione e si presentano solo in casi difficili. Indicherò in seguito alcune condizioni che possono influenzare il risultato.

Passiamo ora all'esame dei metodi che permettono di determinare la posizione di un proiettile.

Sottolineiamo dapprima, che questa posizione non potrà essere dedotta da una sola immagine radioscopica o radiografica, così come l'ombra di un corpo su un muro non ci fa conoscere la posizione esatta di tale corpo; questa può, infatti spostarsi lungo la linea che unisce la sua ombra col fuoco luminoso, senza che l'ombra si sposti significativamente. Per valutare la posizione del proiettile, serviranno in linea di principio due immagini radioscopiche o radiografiche che rappresentano due visuali sufficientemente diverse l'una dall'altra per poter fornire una informazione utile.

All'inizio della guerra, la conoscenza della radioscopia era molto poco estesa; quella della radiografia era vantaggiosa, ma solo per informazioni alquanto sommarie. Alcuni in quel periodo si accontentavano della semplice radiografia della regione della ferita, senza radioscopia preliminare. Un negativo ottenuto in questo modo non solo non poteva bastare, ma poteva portare una persona non esperta ad interpretazioni errate, poiché i rapporti del proiettile e delle ossa si trovano deformati dalla modalità di proiezione conica.

Gli operatori che si rendevano conto dell'insufficienza della semplice radiografia, la completavano con una seconda radiografia presa da una diversa posizione; le due vedute erano prese, in generale, l'una di fronte e l'altra di profilo. I risultati così ottenuti sono molto superiori a ciò che può offrire una semplice radiografia. Se, per esempio, una scheggia è contenuta in un ginocchio, le due immagini frontale e di profilo ci indicheranno se la scheggia è posta rispetto all'osso in una posizione anteriore, posteriore, interna o esterna o se è penetrata all'interno dell'osso o dell'articolazione (Tavola XI).

Eppure, malgrado questo perfezionamento importante, l'esatta interpretazione rimane ancora incerta e difficile, poiché ciascuna delle immagini risulta deformata dalla proiezione, generalmente obliqua. Inoltre, esistono regioni che, per il loro spessore, non si prestano alla radiografia di profilo; è il caso del torace, del bacino e della zona lombare. Si può dire, nel complesso, che il sistema di negativi frontali e laterali, senza radioscopia preliminare, producono un consumo di lastre e di tempo, sproporzionato rispetto al valore dei risultati ottenuti. I chirurghi, ai quali si offre così una informazione incompleta senza che abbiano potuto rendersi conto dei possibili errori di interpretazione, sono stati molto frequentemente delusi dalla vana ricerca di proiettili di cui credevano di conoscere la posizione per via radiografica; la loro fiducia nel valore dell'esame radiologico è diminuita ed è stato a volte difficile ristabilirla nuovamente. "Questa radiografia ci ha completamente ingannati", diceva, mi ricordo, uno di loro con una profonda

convinzione, dopo una operazione mancata che l'aveva particolarmente colpito. La radiografia era, in verità, innocente, tuttavia il chirurgo si lamentava ugualmente.

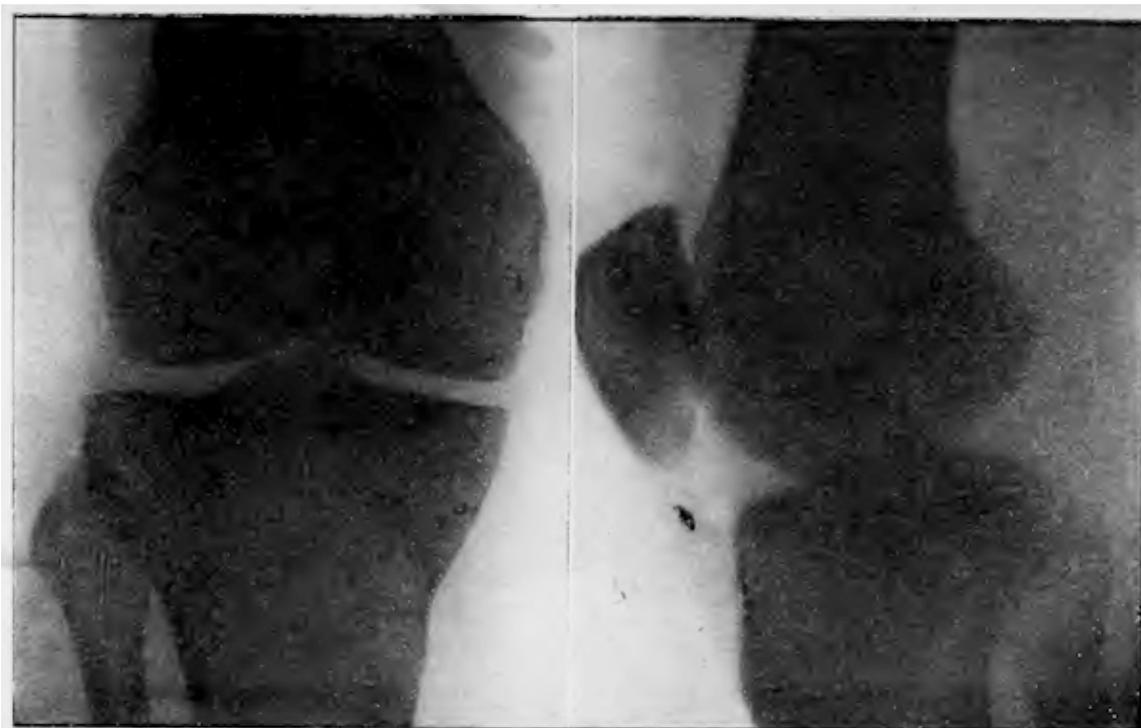


Tavola XI: Radiografia di un ginocchio. Piccola scheggia; le due lastre permettono di rendersi conto della sua posizione approssimativa. La radiografia di profilo mostra che la scheggia è a una piccola profondità sul davanti del ginocchio, circostanza non osservabile nella radiografia frontale. A sinistra: veduta frontale; a destra: veduta di profilo

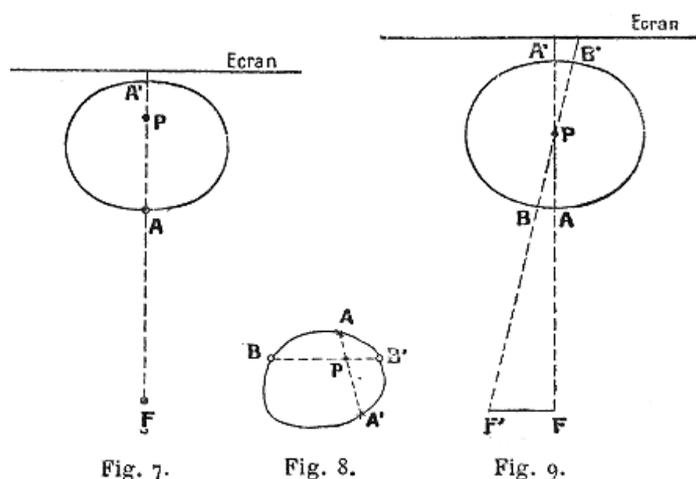
Tutto il procedimento di localizzazione esatta richiede che la posizione del proiettile possa essere indicata da una figura geometrica semplice, avente, per quanto possibile, rapporti con dei riferimenti anatomici legati al corpo, come quelli ossei. La localizzazione può essere fatta dalla sola radioscopia o dalla radioscopia seguita dalla radiografia. Salvo nei casi di impossibilità, la radioscopia deve sempre essere fatta per prima, poiché ci informa immediatamente sulla posizione approssimativa del proiettile e poiché, in molti casi, è da sola sufficiente ad ottenere una localizzazione rapida e precisa. Se si ricorre in seguito alla radiografia per ottenere risultati ancora più precisi, lo si fa in condizioni ottimali e si utilizzano solo lastre di ridotte dimensioni.

L'osservazione radioscopica preliminare comprende la ricerca del proiettile. Il ferito è il più delle volte sdraiato sul tavolo al di sotto del quale si trova l'ampolla; lo schermo radioscopico è posto al di sopra del corpo del ferito. L'operatore esplora la regione nella quale si suppone la presenza del proiettile, spostando l'ampolla al di sotto di tale regione e azionando il diaframma, in modo da restringere il campo visuale attorno al raggio normale, per esaminare con maggior dettaglio. Più spesso, i proiettili si vedono facilmente come macchie scure sul fondo illuminato dei muscoli, ma in certi casi, la ricerca presenta qualche difficoltà, sia che si tratti di piccoli pallini, sia che l'ombra del proiettile si proietti su quella di un osso, sia ancora che la

regione da esaminare sia spessa e opaca, come quella lombare. Più l'esame appare difficile, più è necessario ottenere la sensibilità massima dell'occhio, tramite una permanenza sufficiente nell'oscurità.

Un operatore allenato può fare rapidamente questa esplorazione preliminare; trae informazioni sulla presenza di uno o più corpi estranei e gli permette di segnare approssimativamente la loro posizione, allo scopo di procedere alla loro localizzazione precisa. Ciò si ottiene con procedure che utilizzano sia lo spostamento del ferito, sia quello dell'ampolla, allo scopo di ottenere due visuali del proiettile che permettono di stabilire la posizione rispetto a riferimenti segnati sulla pelle. Ecco la descrizione di alcuni di tali procedimenti.

Un eccellente metodo di localizzazione radioscopica è il *metodo degli assi*. L'operatore osserva il proiettile sullo schermo radioscopico per una certa posizione del ferito; segna sulla pelle il punto di entrata A e quello di uscita A' del raggio normale che passa per il proiettile P (fig. 7). Ci si serve per questo di indici opachi la cui ombra si confonde con quella del proiettile. Si ottiene così un asse AA' sul quale si trova il proiettile, in una veduta presa, per esempio, frontalmente. Se è possibile ruotare il ferito, si ripete la stessa operazione con una ripresa di profilo e si ottiene un secondo asse BB' che interseca il primo nello stesso punto P in cui si trova il proiettile. Per meglio interpretare il risultato, si riproduce la figura geometrica formata dalle estremità degli assi segnati sulla pelle, e si tendono tra questi punti dei fili che materializzano gli assi (fig. 8). Quando non si può ruotare il ferito per ottenere il secondo asse, si sposta l'ampolla in modo da far variare il punto di entrata e quello di uscita del raggio che passa per il proiettile. Sulla figura 9 F e F' sono le due posizioni successive del fuoco dell'ampolla; AA' e BB' sono gli assi relativi a queste posizioni.



La riproduzione della figura AA'BB' si esegue facilmente, misurando sulla pelle con il compasso le distanze dei punti A, A', B, B' e utilizzando queste distanze per la costruzione del quadrilatero formato dai quattro punti.

Il metodo degli assi può essere praticato con una ampolla priva del diaframma, la cui presenza è tuttavia molto utile dal punto di vista della precisione dei risultati e della proiezione dell'operatore contro i raggi emessi dall'ampolla.

Dopo aver costruito la figura, si può misurare la distanza del proiettile P da uno qualunque dei 4 riferimenti, e in tal modo si troverà il proiettile, penetrando per esempio, a partire dal punto A nella direzione AA', per una profondità uguale a AP. Il punto di accesso scelto è quello che è il più vicino al proiettile quando le condizioni anatomiche lo permettono; altrimenti, è quello che offre, dal punto di vista chirurgico, l'accesso più facile.

Il metodo degli assi si può applicare a tutti i corpi, ma è particolarmente indicato per l'esame delle membra. Quando si tratta di proiettili assai superficiali, la cui profondità di penetrazione non supera i 2 cm, questo metodo consente una rapida e facile estrazione, senza la necessità di costruire anche il grafico. E siccome i proiettili poco profondi sono stati molto numerosi durante la guerra, il metodo degli assi è stato ampiamente esteso. Questo metodo ha, d'altronde, applicazione anche per la localizzazione di proiettili più profondi, e in questo caso, il suo impiego è stato associato in modo vantaggioso a quello del compasso speciale, di cui tratterò in seguito.

METODO DELLA DOPPIA IMMAGINE.

Questo metodo consiste nell'ottenere per il proiettile due immagini che corrispondono a due diverse posizioni dell'ampolla, e dedurre la posizione reale del proiettile. Ecco come si può operare con la sola radioscopia.

Posta l'ampolla sotto il tavolo attraversato dai raggi, diretta verso dal basso verso l'alto, si sposta l'ampolla in una posizione tale che il raggio normale passi per il proiettile; è ciò che avviene quando l'ombra di questo si vede al centro dell'apertura del diaframma. Si segna allora sulla pelle il punto di uscita del raggio normale e si dà all'ampolla uno spostamento noto (10 cm per esempio), parallelamente ad uno dei bordi del tavolo. L'immagine del proiettile si sposta sullo schermo, e questo spostamento può essere misurato. La profondità del proiettile al di sotto dello schermo si deduce allora da una semplice costruzione geometrica (fig. 10).

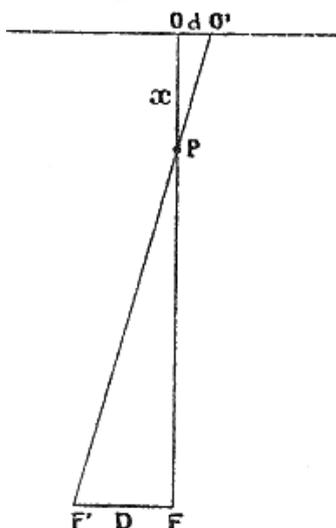


Fig. 10.

Sia x questa profondità;

δ la distanza tra il fuoco F dell'ampolla e lo schermo;

D lo spostamento FF' tra fuoco e ampolla;

d lo spostamento OO' tra immagine e schermo;

$$\text{Si ha } x = \delta \frac{d}{d+D}$$

Eliminando dalla profondità così calcolata x , la distanza dello schermo dalla pelle (in genere molto piccola), si trova la profondità del proiettile al di sotto del segno tracciato sulla pelle. Questo risultato non è valutabile, beninteso, se non per la posizione del ferito. Questa posizione sarà quindi stata scelta in modo da essere facilmente ritrovata.

Il metodo è pienamente utile per la localizzazione dei proiettili posti nel torace, nella regione lombare o del bacino. Si valuterà la profondità a partire dalla parte anteriore o posteriore del corpo, secondo che il proiettile è più vicino alla prima o alla seconda.

Se a partire dalle estremità di una riga divisoria di lunghezza δ si riporta, da una parte all'altra, lo spostamento dell'ampolla D e quello d del proiettile e si uniscono i punti così ottenuti F' e O' con una linea retta o con un filo teso, si legge senza calcolo la profondità del proiettile indicato dal filo sul righello.

La doppia immagine di eccellente utilizzo in radiografia. Si prendono su una stessa lastra due negativi che corrispondono alle due posizioni dell'ampolla. Convienne dapprima eseguire la radioscopia per far sì che il raggio normale passi per il proiettile; il primo negativo è preso in questa posizione. In seguito, si effettua lo spostamento dell'ampolla e si imprime sulla stessa lastra un secondo negativo, senza che la lastra venga spostata. In certi casi, si preferisce prendere i due negativi per due posizioni dell'ampolla, simmetriche rispetto alla verticale passante per il proiettile (fig. 11). Lo scarto tra le due immagini si può misurare con grande precisione sulla lastra (Tavola XII).

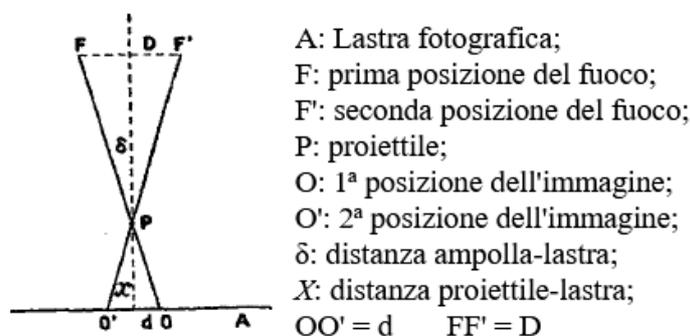


Fig. 11.

Contrariamente a quanto creduto, l'impressione di due negativi sulla stessa lastra non determina una eccessiva confusione, e si distinguono molto bene i dettagli relativi ad ognuna delle due immagini.

Il metodo della doppia immagine permette di situare il proiettile rispetto a riferimenti anatomici. Le ossa, come il proiettile, danno due immagini la cui differenza permette di valutare la profondità. Ci si può così rendere conto se un proiettile è posto al di sopra o al di sotto di un osso vicino, indicazione particolarmente utile in molti casi. Vedendo l'esempio nella radiografia di una mano (Tavola XIII) contenente parecchie schegge; il doppio negativo permette di riconoscere le schegge poste dalla parte del palmo da quella poste sulla zona dorsale poiché, per le prime, lo spostamento dell'immagine è più piccolo

rispetto all'osso vicino, mentre per le ultime è, al contrario, maggiore. Alcuni altri metodi non potrebbero fornire tali informazioni in modo così semplice e rapido.

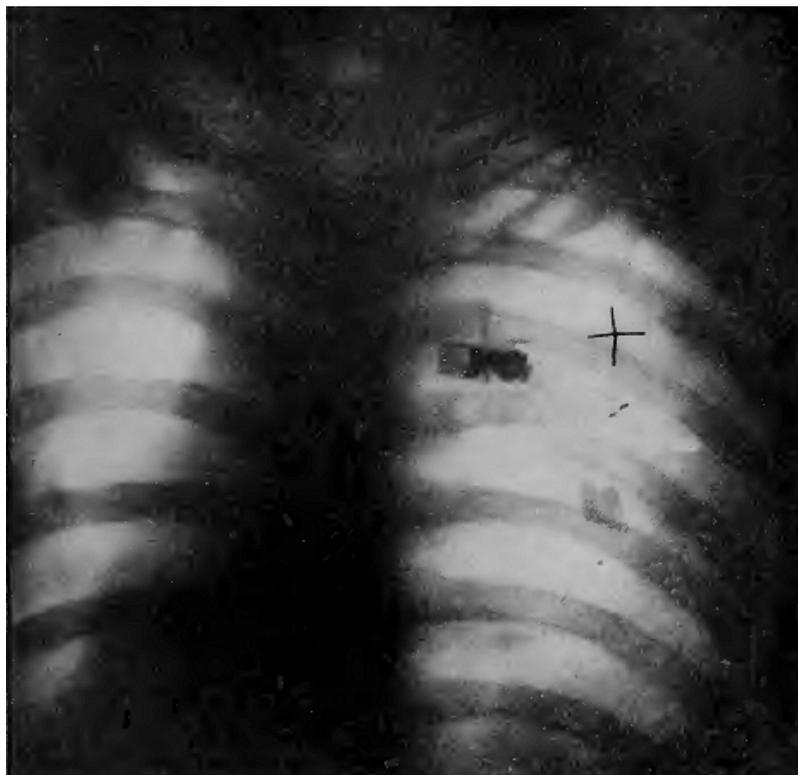


Tavola XII: Radiografia di un torace. Due pose sulla stessa lastra con spostamento laterale dell'ampolla dopo la prima posa. Si vede la doppia immagine delle due schegge e di una croce di piombo come riferimento. Si può misurare con precisione lo spostamento di ogni immagine



Tavola XIII: A sinistra: Radiografia di una mano contenente schegge. Frattura di un metacarpo.

A destra: La stessa mano con uno spostamento dell'ampolla perpendicolarmente alla direzione delle ossa. La parte dorsale della mano è posta sulla placca. Dopo lo spostamento dell'immagine delle ossa e di quello delle schegge, si può valutare che la scheggia che si proietta tra il 4° e il 5° metacarpo è palmare: le altre sono dorsali. Queste indicazioni bastano per la loro estrazione.

Il metodo dello spostamento dell'immagine è stato più volte perfezionato per renderne l'applicazione più facile, evitando l'intero calcolo riducendo al minimo le misure indispensabili. Alcuni dispositivi sono stati particolarmente utili nelle formazioni sanitarie (dispositivi dello schermo forato, del diaframma a due fili, ecc). Questo metodo è anche praticato combinando uno spostamento dell'ampolla con una rotazione della stessa attorno al proprio asse.

LOCALIZZAZIONE ANATOMICA

Qualunque sia il procedimento di localizzazione impiegato, rischia di essere insufficiente, se non è accompagnato da informazioni di tipo anatomico. Il chirurgo non ha solo bisogno di conoscere la posizione geometrica del proiettile; gli serve sapere come questo è disposto rispetto alle ossa e ai muscoli della regione. L'operatore deve quindi applicarsi per fornire la più completa documentazione possibile.

L'esame radioscopico accompagnato da spostamenti dell'ampolla o del malato, permette a un radiologo esperto di raccogliere numerose informazioni sulla posizione del proiettile. Per esempio, esaminando il movimento respiratorio delle costole, ci si rende conto se un proiettile posto nella loro regione si trova al di fuori o all'interno della cassa toracica. Analogamente, cercando di muovere il proiettile, si arriva a volte a sapere se si trova in un tal muscolo. Una approfondita conoscenza dell'anatomia è una condizione importante per una buona resa per il lavoro del radiologo. Nei servizi radiologici di guerra mancavano spesso medici radiologi e il servizio era allora assicurato da un manipolatore; quelli tra loro che avevano fatto studi di scienze naturali sono stati tutti particolarmente apprezzati dai chirurghi, ai quali potevano fornire indicazioni efficaci.

OSSERVAZIONE STEREOSCOPICA

Se il radiologo è obbligato a fare ricorso a varie procedure per conoscere la posizione di un proiettile, è perché la semplice visione dell'immagine radioscopica o radiografica non fornisce una indicazione così completa come l'osservazione diretta; il vantaggio di quest'ultima è quello di utilizzare simultaneamente entrambi gli occhi per ottenere l'effetto di profondità. Un tentativo molto ingegnoso è stato fatto per procurare lo stesso vantaggio al radiologo.

Si prendono due negativi della regione da radiografare, su due diverse lastre, e con due posizioni diverse dell'ampolla distanti di qualche centimetro. Questi negativi sono poi osservati in uno speciale apparecchio, detto stereoscopio, che fa vedere uno dei negativi direttamente, e l'altro per riflessione su uno specchio; le due immagini si sovrappongono e danno una sensazione di profondità del tutto soddisfacente. Si vede immediatamente quale decisione si può prendere mediante questo tipo di osservazione che è di grande aiuto per l'interpretazione anatomica dell'esame radiologico. Si può valutare la posizione del proiettile rispetto alle ossa e riconoscere gli aspetti complessi di alcune fratture.

La radiografia stereoscopica è stata applicata a qualche dispositivo di localizzazione. Si è anche tentato di ottenere direttamente la visione

radioscopica in rilievo, con l'impiego di due ampolle come sorgenti di raggi simultanei. Si ottengono in tal modo risultati molto interessanti, ma l'apparecchiatura, necessariamente più complessa, non è stata ancora estesa.

COMPASSO E APPARECCHI INDICATORI

Quando una localizzazione è stata fatta da un buon specialista e le informazioni anatomiche sono state accuratamente consegnate, l'estrazione del proiettile è, spesso, facile. Ma rimangono sempre casi, dove il proiettile non può essere facilmente trovato. È il caso di un proiettile molto piccolo o inglobato in tessuti sul punto di fuoriuscire a contatto con la pinza. È ancora il caso in cui è profondamente penetrato nella carne e, quando, durante l'operazione, si deformano. Infine, è sempre così quando l'operazione è pericolosa e si rischia di ledere organi vitali. Così i chirurghi sono ben felici di poter beneficiare dell'aiuto di uno strumento indicatore che li guidi durante l'operazione.

Tra questi strumenti, si devono segnalare in primo luogo, i diversi *compassi radiologici* dotati di un ago indicatore. Quando lo strumento è stato regolato e applicato sul corpo del ferito, l'ago si dirige verso il proiettile che deve raggiungere quando è penetrato nella piaga di una quantità nota.

Prima della guerra, si conosceva già il compasso molto preciso del Dr. Hitz che utilizzava un metodo radiografico di immagine doppia¹.

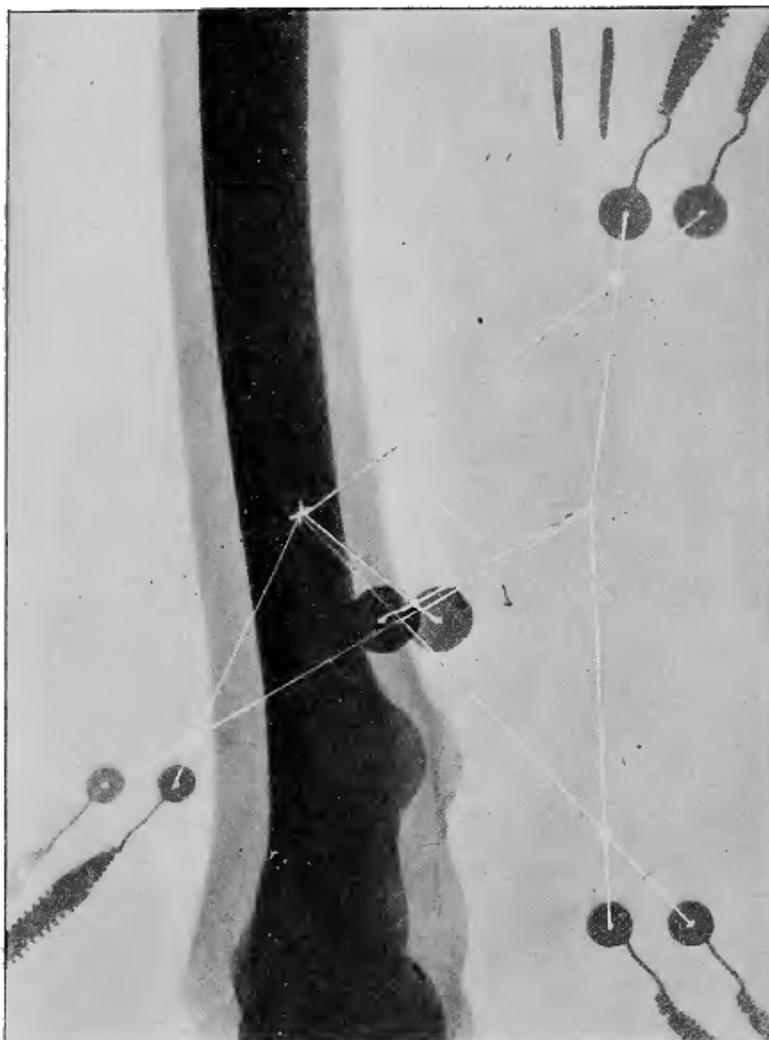
Sono stati inventati e costruiti numerosi compassi durante la guerra². Non posso pensare di descriverli tutti. Hanno tutti reso servizio nelle mani di abili operatori. Ho constatato un'illusione frequente relativa al miglioramento dei servizi di radiologia; essa consisteva nel richiedere con insistenza tale compasso, con la convinzione che, con il passare del tempo, le localizzazioni divenissero perfette. Alcuni sembravano credere alle doti del compasso come se questi avessero potuto effettuare la localizzazione con i loro propri mezzi. Era difficile a volte far comprendere agli interessati che bisognava prima di tutto migliorare le conoscenze dell'operatore in merito alla radiologia.

Oltre ai compassi radiologici, altri strumenti indicatori ebbero successi più o meno significativi. Si utilizzarono sonde facenti parte di un circuito telefonico nel quale si produceva un suono quando la sonda toccava il proiettile. Si utilizzarono anche apparecchi avvertitori muniti di un telefono azionato da una bobina nella quale si produceva una corrente di induzione nelle vicinanze

1 Sulla stessa lastra, si ottengono due negativi per due posizioni dell'ampolla al di sopra del tavolo operatorio. I piedi delle verticali abbassate sulla lastra di ognuna delle due posizioni del fuoco dell'ampolla, erano segnate con riferimenti riprodotti nella radiografia. Inoltre, si aveva cura di radiografare sulla stessa lastra tre riferimenti posti in punti segnati sulla pelle, scelti preferibilmente sulle sporgenze delle ossa. La lastra sviluppata offre due immagini del proiettile e due immagini di ognuno dei tre riferimenti. Si calcola poi dallo spostamento di ogni immagine, l'altezza del proiettile e di ogni riferimento al di sopra della lastra. Si può quindi regolare il compasso in modo che i suoi tre punti si trovino sui tre riferimenti e che un ago sia rivolto verso il proiettile. La Tavola XIV rappresenta un negativo Hirtz con la costruzione geometrica. L'immagine del compasso è visibile nella Tavola XV.

2 Al di sotto del compasso di Kirtz si vede nella Tavola XV l'immagine di un compasso molto semplice destinato ad operare con la radioscopia e in particolare con il metodo degli assi. È costruito e regolato in modo tale che quando due punti A e B si trovano sulle estremità di uno degli assi, l'ago si dirige verso il proiettile (compasso Debiegne)

del proiettile. Infine, ci si serviva molto di uno strumento dovuto a M. le Dr. Bergonié, detto *elettro-vibratore*, per la sua curiosa vibrazione eccitata da una scheggia di ferro, con l'avvicinarsi di una bobina a nucleo ferroso percorsa da una corrente alternata. Questa vibrazione permette al chirurgo di riconoscere attraverso un certo spessore di carne la presenza del proiettile. Ci si serviva anche dell'elettrocalamita, per estrarre piccoli grani di ferro posti in organi delicati come gli occhi.



Lastra modello per l'estrazione del proiettile utilizzando il compasso di Hirtz. Vediamo la doppia immagine del proiettile e ciascuno dei tre marcatori. Nella figura è stata eseguita la costruzione che determina le posizioni del proiettile e dei marcatori in proiezione orizzontale. (Questo lastra è stata gentilmente prestata dal Dr. Hirtz.)

OPERAZIONI SOTTO IL CONTROLLO DEI RAGGI.

La molteplicità stessa degli strumenti precedentemente citati prova che si cercava costantemente di aumentare la sicurezza delle estrazioni dei proiettili, e di superare le difficoltà che via via si incontravano. È a un tale desiderio che si deve attribuire l'estensione progressiva dei metodi di operazione sotto il controllo dei raggi dette, più brevemente, "operazioni sotto controllo".

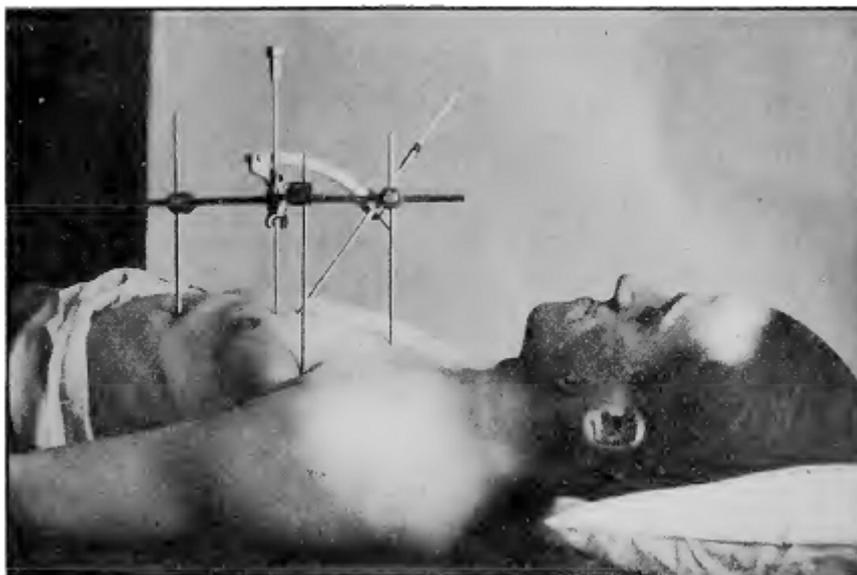


Tavola XIV Compasso di Hirtz in posizione operatoria



Tavola XV: Compasso di Debiere in posizione operatoria

Un tale intervento può essere fatto in due modi. Il chirurgo può operare in piena luce, essendo costantemente guidato da un radiologo che osserva per mezzo di una cuffia (vedi pag. 25); o, al contrario, con una debole luce rossa o violetta che si sopprime a intermittenza per permettere al chirurgo, assistito dal radiologo, di esaminare egli stesso sullo schermo la zona operatoria. In entrambi i casi, il controllo deve essere *intermittente*, cioè tale che i raggi devono essere inviati a brevi intervallo di tempo, tra i quali può proseguire il lavoro del chirurgo con le indicazioni ottenute; si evita così il deterioramento dell'ampolla, e si riduce il danno provocato dai raggi all'operatore.

Il metodo di intervento sotto il controllo è applicabile, come già prima visto, alla riduzione delle fratture; ma è stato principalmente impiegato per l'estrazione dei proiettili. Ha trovato, da questo punto di vista, aderenti entusiasti e, ha reso, del resto, notevoli servizi.

Esaminiamo, tuttavia, le condizioni di applicazione di questo metodo, i vantaggi e gli inconvenienti.

L'operazione sotto controllo consiste nell'osservare sullo schermo un proiettile la cui posizione è nota da una localizzazione precedente. Nello stesso tempo si fa penetrare nella ferita una pinza che deve afferrare il proiettile. Quando l'ombra dell'estremità di questa pinza è notata sullo schermo a contatto col proiettile, questa estremità può essere tuttavia più in alto o in basso di quello, cosa di cui ci si assicura spostando l'ampolla; le due ombre si separano se non esiste contatto effettivo, rimangono sovrapposte se la pinza è in posizione. Inoltre, in base allo spostamento relativo tra le due ombre, si può valutare se la pinza deve essere spostata in alto o in basso. Così guidato, il chirurgo arriva rapidamente a portare la pinza sul proiettile e non rimane che estrarre il proiettile dalla ferita. Se l'operazione è condotta correttamente, l'apertura della ferita è ridotta al minimo e il lavoro si può fare in un campo visivo ristretto, limitato dall'apertura del diaframma, di modo che il chirurgo e il radiologo non sono esposti ai raggi se non in piccola quantità, soprattutto se hanno cura di non intersecare i raggi durante ogni istante di lavoro nel quale la visione non è indispensabile (controllo intermittente).

Sottolineiamo tuttavia che malgrado l'osservazione nelle condizioni più restrittive indicate e malgrado l'impiego di mezzi di protezione di cui parlerò in seguito, il pericolo di assorbire raggi da parte degli operatori non viene soppresso, ma solo attenuato. Quando si esegue un gran numero di interventi al giorno e non si osservano tutte le precauzioni, questo pericolo diviene molto serio. Inoltre, l'impiego di operazioni sotto controllo comporta ancora un altro inconveniente: la presenza nella sala operatoria della strumentazione radiologica che non si presta ad una completa sterilizzazione richiesta dalla moderna tecnica operatoria. Infine, nel caso in cui il chirurgo vuole osservare in prima persona, l'intervento è fatto con una illuminazione molto precaria, rossa o blu, e si può affermare, in generale, che una sala operatoria non è mai ben illuminata.

Prestata attenzione a questi inconvenienti, ci si deve chiedere in quale misura la grande moda delle operazioni sotto controllo sia giustificata dall'utilità del metodo.

Si può sottolineare, dapprima, che, in molti casi, i chirurghi sono stati spinti verso le operazioni sotto controllo dalle delusioni provate nella ricerca di proiettili e dalla diffidenza verso i metodi di localizzazione praticati. Le conversazioni avute con i chirurghi a questo riguardo, provano, in molti casi, che essendo stati male guidati, avevano dubbi sulla validità di tali informazioni. Se allora, per la prima volta, si trovavano a contatto con qualche persona capace di localizzare esattamente un proiettile e di spiegarne loro la posizione, i primi successi ottenuti gli sembravano aver del miracoloso, e lo scetticismo lasciava posto alla fiducia più completa. Ma se queste condizioni tardavano a manifestarsi, più di un chirurgo affermava che, prima di tutto, se poteva vedere il proiettile, era opportuno prenderlo con la pinza. Così hanno svolto numerosi interventi sotto controllo, ma il ragionamento che ha portato a ciò, per quanto plausibile in apparenza, era insufficiente ad assicurare una corretta esecuzione.

Non era raro, infatti, vedere interventi sotto controllo fatti senza una precedente corretta localizzazione, senza l'impiego dello spostamento dell'ampolla e con una grande apertura del diaframma, senza altra guida se non l'ombra del proiettile e della pinza sullo schermo radioscopico. In queste condizioni, si trova il proiettile, a volte anche velocemente, se è posto ad una piccola profondità, se lo si può muovere con le dita o se è facilmente raggiungibile seguendone la traiettoria. Ma se le condizioni sono più difficili, la ricerca diviene una questione di probabilità, ed è tanto più deludente quanto la meta rimane costantemente visibile; e se la ricerca si prolunga, i raggi inondano le mani e il corpo dell'operatore, così come quello del malato. Si potrebbero citare frequenti esempi di queste operazioni mal condotte; tra le altre, il caso di un ferito alla spalla, al quale è stato praticato un taglio considerevole sulla parte anteriore; non trovando il proiettile, lo si è cercato sul lato posteriore con non minore apertura e il tutto senza successo, dopo di che la ricerca è stata abbandonata; il proiettile si trovava nella testa dell'omero, risultato prevedibile con l'aiuto di una accurata localizzazione iniziale.

Si può quindi dire che vi è un pericolo reale nel praticare operazioni sotto controllo senza le necessarie garanzie operative.

Quando tutte queste garanzie sono ottenute e l'operazione è condotta in modo irreprensibile, il vantaggio del metodo non è ancora del tutto evidente. È vero che la maggior parte dei proiettili possono essere estratti rapidamente sotto il controllo con una incisione minima; ma questo risultato è ottenibile negli interventi eseguiti dopo una buona localizzazione preliminare. Vi sono casi in cui l'operazione sotto controllo beneficia di una superiorità reale?

Non ci sono dubbi che tali casi esistono effettivamente, e si possono per prime citare le operazioni fatte in gran numero negli ospedali del fronte durante i giorni di battaglia, dove il tempismo è determinate. La radioscopia può allora essere immediatamente seguita dall'estrazione sotto controllo, ed essendo le ferite recenti, è sufficiente una localizzazione sommaria per recuperare il proiettile con la pinza, a volte anche in meno di un minuto. Ma anche al di fuori di queste terribili giornate di ecatombe, l'intervento sotto controllo deve essere considerato come un metodo di soccorso, applicabile a tutti i casi in cui si teme un insuccesso, e, inoltre, è particolarmente indicato in alcune circostanze. Esso solo permette di portare a buon fine l'estrazione di numerose schegge che si trovano talvolta nella stessa ferita e che è quasi impossibile localizzare e individuare singolarmente. È anche molto indicato nella ricerca di proiettili che possono spostarsi nei tessuti; è stato applicato con successo all'estrazione di quelli posti nei polmoni, È utile ancora fare ricorso a questo metodo quando il proiettile è posto in una regione estesa di muscolo, per esempio, nei muscoli della parte superiore della coscia, dove non può essere localizzato con grande precisione, a causa della deformazione della carne, e si trova tuttavia a una grande profondità, di modo che la sua ricerca presenta difficoltà.

In complesso, il metodo di intervento sotto controllo è molto prezioso in molti casi, senza che appaia necessario prevederne un impiego esclusivo.

PERICOLO DEI RAGGI X E DISPOSITIVI DI PROTEZIONE

I raggi X che ci rendono servigi così preziosi sono lungi dall'essere inoffensivi, ed è a loro spese che coloro che li hanno manipolati hanno sperimentato i loro effetti fisiologici. Questi raggi agiscono sui tessuti del corpo umano, più in particolare sulla pelle. Assorbiti in forti dosi provocano affezioni dette "radiodermatiti" che si manifestano come bruciate. La persona che riceve i raggi non prova alcun dolore che lo possa avvertire della nocività della esposizione.

Inoltre, la radiodermatite non appare subito al momento in cui avviene l'esposizione, ma solo qualche tempo dopo, richiedendo in qualche modo un periodo di incubazione tanto più breve quanto l'effetto è stato più profondo. Le radiodermatiti guariscono tanto più difficilmente quanto l'azione dei raggi è stata intensa e prolungata; possono essere incurabili e hanno, in un certo numero di casi, provocato la cancrena e la morte.

È quindi molto importante conoscere esattamente il pericolo, al fine di preservare gli operatori e i malati, senza rinunciare ai benefici della radiologia. La sicurezza è ottenuta, da un lato, grazie all'impiego di dispositivi di protezione, dall'altro, con una serie di regole che ci si deve imporre quando si manipolano i raggi.

Ogni materia a grande peso atomico è opaca ai raggi X e può proteggere contro i loro effetti: il piombo è particolarmente utilizzato da questo punto di vista; con l'ausilio di fogli di piombo e di sali di piombo si preparano schermi protettori e tessuti opachi. L'ampolla è posta in una cupola opaca, dotata di un diaframma pure opaco, di modo che i raggi fuoriescano solo dall'apertura del diaframma. L'operatore dispone di un grembiule opaco per la protezione del proprio corpo, di lenti opache ai raggi (ma trasparenti alla luce) e di guanti opachi per la protezione delle mani. Infine lo schermo radioscopico è ricoperto da uno spesso specchio di cristallo, opaco ai raggi X poiché contenente sali di piombo¹.

Per quanto riguarda la sala di radiologia, vi è da sottolineare che le sue dimensioni sono di grande importanza. Le pareti della sala che ricevono i raggi X li diffondono come raggi secondari. Questi raggi sono tanto più nocivi quanto le pareti sono più vicine; in uno spazio piccolo, l'operatore è immerso in un bagno di raggi di debole intensità il cui effetto prolungato può però diventare nocivo. L'opacità della cupola e del diaframma è, infatti, relativa; una piccola parte dell'irraggiamento attraversa questi dispositivi ai quali si può dare un peso troppo importante; l'effetto dei raggi che li attraversano è aumentato dalla diffusione sulle pareti, a meno che la sala non abbia dimensioni molto grandi.

Esaminiamo ora quali sono le condizioni di lavoro che offrono il pericolo minore. Si può dire che, senza eccezione, la radiografia non è da temere né per il malato né per l'operatore. A condizione di superare le prove e di non ostinarsi a ripetere più volte di seguito un negativo mancato, rischiando di dare, per una radiografia, una dose troppo alta di raggi. D'altra parte,

¹ La protezione può essere resa ancora più efficace, in alcuni casi, con speciali dispositivi. Quando si vuole operare sotto controllo, l'ampolla è posta in una cassa con pareti di piombo, dotata di una apertura per l'uscita dei raggi

l'operatore che ha regolato le apparecchiature per ottenere un negativo, può tenersi a distanza dall'ampolla quando questa è in funzione; non riceve così quasi nessun raggio diretto e se la sala è molto grande, non deve temere i raggi diffusi.

Il caso della radioscopia è del tutto diverso, ed è questo che ha determinato nella maggior parte dei casi le radiodermatiti. L'operatore, chinato sullo schermo, cerca di distinguere i dettagli che gli interessano; dimentica facilmente il tempo e prolunga l'osservazione; dimentica anche le necessarie precauzioni, rifiuta i guanti di protezione rigida, manipola gli accessori a mani nude, si serve delle dita per indicare ad altro personale i dettagli del campo visivo. Come risultato, il malato è esposto al pericolo, e l'osservatore lo è altrettanto se deve compiere numerosi esami radioscopici per qualche tempo. Soltanto obbligandosi all'osservanza delle regole più stringenti che l'operatore può sfuggire ai pericoli della radioscopia.

Queste regole sono d'altra parte semplici. Esse consistono nel non dare mai i raggi un istante di più di quanto è indispensabile e a non esporsi mai ai raggi diretti. L'operatore deve quindi adattarsi alla visione radioscopica con una permanenza nell'oscurità, poi produrre i raggi a intermittenza, interrompendoli durante ogni manovra per la quale non sono necessari. Deve trovare rapidamente un diaframma aperto la regione da esaminare, e ridurre il più possibile innanzitutto il campo visivo. Per esaminare, può evitare di ricevere i raggi negli occhi ponendoli un poco al di sopra del fascio. L'intera manipolazione deve essere fatta con l'aiuto di strumenti opportuni, senza che le mani penetrino nel campo dei raggi, a meno di essere sufficientemente protetto: *l'operatore non deve mai vedere l'ombra delle proprie mani nude sullo schermo.*

In questo modo si può ridurre considerevolmente il pericolo di radiodermatiti, che durante la guerra è stato una serie minaccia sia per i radiologi che per i chirurghi che operavano sotto il controllo. Questo pericolo sussiste in una certa misura per tutti coloro che praticano la radioscopia in modo continuativo. Era difficile evitare l'abuso del lavoro radiologico durante la guerra, ma in tempo di pace nessuna organizzazione razionale deve imporre né tollerare abusi di questo tipo; la radioscopia deve essere praticata solo in quantità limitata e con una limitata intensità di raggi. Con un buon arrangiamento, una intensità dai 2 ai 3 milliampère nell'ampolla con una differenza di potenziale di circa 50000 volt è, in generale, sufficiente.

Il malato riceve necessariamente i raggi diretti; si deve quindi vigilare contro eventuali abusi. Una causa frequente di abuso è la presenza di parecchie persone che si scambiano osservazioni. È un problema di coscienza quello di limitare l'esame allo stretto necessario. Il malato non è informato del pericolo da nessun dolore, spetta quindi all'operatore di prestare attenzione.

I feriti di guerra che non erano ancora stati sottoposti all'esame radiologico, temevano, in genere, tale esame e chiedevano se presentasse sofferenza. Bastava rassicurarli e promettere loro che non avrebbero sofferto trattandosi di fare come una fotografia. In seguito, con l'estendersi dell'uso della radiologia, molti tra loro avevano già familiarizzato con i raggi. Fino al termine della guerra, mi è capitato di vedere soldati feriti che non avevano

mai subito un esame radiologico e che chiedevano con inquietudine se c'era da temere da quelle insolite apparecchiature.

V. PERSONALE RADIOLOGICO

Credo di aver fatto comprendere nei capitoli precedenti il valore dei metodi della radiologia di guerra. Ho esposto anche il ruolo dell'attrezzatura necessaria al loro utilizzo. Conviene ora affrontare una questione di importanza fondamentale, cioè quella del personale radiologico.

Qualunque sia il valore della strumentazione e dei metodi, è dal personale incaricato del loro utilizzo che dipende, in definitiva, una resa efficace. La strumentazione radiologica deve essere gestita da mani esperte, e i metodi devono essere applicati con intelligenza; altrimenti, i risultati non corrispondono, in alcun modo, alle attese. Detto in altri termini, la radiologia è un mestiere, che non può essere esercitato senza averlo prima appreso.

Il personale radiologico, propriamente detto, comprende i medici radiologi e i tecnici. Inoltre, conviene insistere sul ruolo del chirurgo e sulla necessità di una stretta collaborazione tra chirurgo e radiologo.

All'inizio della guerra, le condizioni relative al personale erano precarie come quelle riguardanti l'attrezzatura. Vi era a Parigi e in altre grandi città della Francia un certo numero di medici radiologi tra i quali specialisti molto competenti. Questi non avrebbero potuto, in alcun caso, costituire un contingente sufficiente a rispondere alle necessità, ma siccome questi bisogni non erano stati previsti, furono, in larga parte, mobilitati in un servizio senza un rapporto con la loro specialità. Alcuni soltanto furono aggregati, dall'inizio, alle vetture radiologiche o ai Servizi centrali; gli altri trovarono solo più tardi una collocazione conforme alle loro competenze.

Non esisteva per i medici radiologi alcun tirocinio che li avviasse al Servizio radiologico praticato nelle condizioni speciali di guerra. Un tale addestramento avrebbe potuto essere previsto dal Servizio Sanitario militare. Si può pure pensare che se la Francia avesse avuto già una organizzazione di radiologia per la campagna e per i centri di lavoro, si sarebbe potuto disporre di un certo numero di medici radiologi abituati a lavorare in circostanze diverse e in grado di far fronte alle difficoltà della nuova situazione.

Vi è infatti, una grande differenza tra il lavoro del medico radiologo in una città, con una apparecchiatura installata in un posto fisso, e, in prossimità dei costruttori o degli ingegneri sempre pronti a riparare un guasto di funzionamento, e il lavoro su una vettura radiologica, o anche con una apparecchiatura fissa, in un angolo nascosto in cui si può contare solo su se stessi. Si vede immediatamente che serve, per riuscire, una reale conoscenza della strumentazione, del loro utilizzo, della loro regolazione, così come una capacità di iniziativa pratica che non sempre accompagna la competenza. Queste qualità pratiche ed efficaci hanno di molto difettato all'inizio della guerra, mentre dal punto di vista puramente tecnico, ciò che ai più mancava, era l'abitudine della radioscopia e la conoscenza dei principi di localizzazione. Si incontravano negli ospedali medici radiologi con molta familiarità con la radiografia, ma che non avendo mai eseguito una radioscopia, non potevano né regolare né far funzionare senza aiuto l'apparecchiatura di cui dovevano

servirsi e non conoscevano alcun procedimento di localizzazione. È giusto dire che lo sforzo individuale ha spesso supplito alla mancanza di preparazione: molti medici acquisirono le conoscenze mancanti e perfezionarono la loro tecnica.

Se il personale medico era insufficiente e, per una parte, insufficientemente preparato, il personale subalterno dei "tecnici" non era ancora stato costituito. Il tecnico è l'aiutante che fa funzionare le apparecchiature per i medici radiologi; è questo che mantiene l'apparecchiatura in buono stato, sviluppa le lastre, manipola il porta ampolla, ripara i guasti dell'impianto elettrico. Il suo ruolo è, in linea di principio, quello di un ingegnere tecnico; quando è destinato ad un posto mobile, deve, come il medico, essere particolarmente attivo, abile e "sveglio".

Una confusione si è introdotta, dall'inizio, nel concepire il ruolo del tecnico. Sono stati assegnati, dapprima, ai medici sulle vetture e ai servizi principali. Il personale disponibile si riduceva ad un piccolo numero di infermieri militari aventi alcune conoscenze delle apparecchiature. Si cercarono quindi con urgenza i tecnici indispensabili e furono trovati tra gli ingegneri e i professori mobilitati alcuni dei quali erano al corrente della tecnica, mentre altri poterono assimilarla rapidamente, grazie alla loro istruzione adeguata. È in questo modo che i migliori tecnici furono scelti, per la maggior parte, per le indicazioni fornite dal Patronato Nazionale dei feriti; fisici che, sul territorio, sorvegliavano i ponti e le strade furono avviati ai laboratori di radiologia o aggregati alle vetture. Tra queste persone di alta cultura, animate da un grande desiderio di essere utili, molti divennero operatori di prim'ordine e si applicarono all'acquisizione della tecnica della radiologia di guerra, completando le loro conoscenze di anatomia. E sebbene in linea di principio, avrebbero dovuto operare solo come aiutanti dei medici radiologi, in pratica, di fronte alla carenza di questi ultimi, sono spesso stati i soli ad assicurare il servizio radiologico di una formazione sanitaria, incarico loro affidato dal chirurgo o dal medico dirigente che avevano apprezzato il valore della loro collaborazione.

Anche tra i tecnici associati alle vetture radiologiche e i medici responsabili delle stesse, si stabilì in certi casi, una collaborazione così stretta, che in caso di lavoro estremamente sostenuto, il servizio era assicurato totalmente e in modo alternato da ciascuno di essi.

Si veda, come esempio, come il ruolo del tecnico, nel caso della radiologia di guerra, ha subito una estensione che raggiungeva anche l'indipendenza quasi totale. Questo stato di cose del tutto anomalo in tempi di pace, era legato alle condizioni nelle quali i medici dirigenti degli ospedali e i chirurghi sono entrati in contatto con la radiologia. Questi, all'inizio della guerra, avevano in generale una comprensione molto limitata dell'utilità della radiologia. Talvolta, ne rifiutarono apertamente il contributo, credendo che fosse un ingombro e una perdita di tempo. Più spesso, la considerarono come applicabile solo nei grandi centri, dietro il fronte, conformemente all'opinione adottata allora dalla Direzione del Servizio Sanitario.

Non bastava, in questo periodo, offrire l'apparecchiatura radiologica agli ospedali: era necessaria una educazione. Negli ospedali del fronte

sovraccarichi di feriti, il capo servizio non accettava l'installazione dei raggi X, poiché li considerava come un lusso e non ne comprendeva l'efficacia.

Si aggiunga che al primo tentativo di introduzione di un servizio radiologico i risultati si sono mostrati mediocri, e lo scetticismo, di conseguenza, aumentò. Se, al contrario, qualche operatore attivo e intelligente, soprattutto un medico, un tecnico, qualche civile come professore, ingegnere, farmacista, dotato di una scuola superiore, riusciva a rendere qualche servizio per mezzo di un apparecchio radiologico talvolta sistemato a fatica con elementi disparati, subito la più completa fiducia sostituiva i pregiudizi precedenti. Tramite loro, l'avvenire della radiologia era assicurato in questa formazione, a condizione di beneficiare dei servizi di coloro che ne avevano fatto riconoscere i vantaggi; ogni cambiamento appariva come funesto al funzionamento del nuovo servizio. È solo con il tempo e con lo sviluppo delle competenze che questo punto di vista molto particolare fu poco alla volta abbandonato e cominciarono a farsi sentire gli effetti di una organizzazione centrale che si costituiva poco a poco presso la Direzione del Servizio Sanitario.

Sono stata io stessa incaricata della direzione del Servizio Radiologico della Croce Rossa, e avevo, inoltre, assunto presso il Patronato Nazionale dei Feriti, il compito di stabilire, a spese di questa Organizzazione, installazioni radiologiche, soprattutto dove ve n'era bisogno urgente. Con questo doppio titolo, ho preso parte allo sforzo dei primi anni e ho compiuto, a tale fine, numerosi viaggi, trasportando quasi sempre materiale radiologico, sia in vettura, sia su ferrovia. Questi viaggi comportavano in genere l'installazione provvisoria o definitiva di apparecchiature e l'esame dei feriti della regione. Ma permettevano, inoltre, di acquisire una documentazione sulle necessità più urgenti della zona considerata e sui mezzi necessari al miglioramento della situazione.

Fu facile constatare, in particolare, che il personale competente mancava quasi sempre. Era necessario installare personalmente l'apparecchiatura e una volta predisposta, era quasi sempre necessario spiegare il funzionamento in tutti i dettagli sia ai medici sia a qualche tecnico di buona volontà e di intelligenza vivace che, con un lavoro intensivo, assimilava rapidamente questa tecnica per lui nuova. Nel corso di questi viaggi sono sempre stata colpita dall'ammirazione che medici e chirurghi degli ospedali, manifestavano frequentemente per la visione radioscopica che le apparecchiature potevano loro offrire, una volta messe a loro disposizione. Parecchi tra loro affermavano di non aver "mai visto così bene", e che l'apparecchiatura doveva essere eccezionalmente perfetta. Le apparecchiature, sebbene di buona qualità, erano di tipo normale, e la facilità di visione derivava da una regolazione che poteva essere realizzata da coloro che ne conoscevano il funzionamento, mentre, nella regione, avevano visto solo apparecchi con funzionamento difettoso, utilizzati da personale insufficientemente documentato. Per esempio, in una importante località, dove mi ero recata per installare un dispositivo, il servizio era stato svolto solo da una vettura radiologica, diretta da un medico che non impiegava mai valvole; l'ampolla funzionava quindi in condizioni scorrette e non poteva sfruttare la radioscopia. Mi succedeva così di essere chiamata con urgenza in qualche località isolata per rimediare al cattivo funzionamento di una delle apparecchiature del Patronato: bastava

talvolta manipolare il dispositivo per un'ora per ristabilirne il corretto funzionamento; facendo difetto la regolazione, si pensava alla rottura del trasformatore o al deterioramento dell'ampolla.

Si possono fornire esempi analoghi, per quanto riguarda la pratica della localizzazione. Una tecnica, in servizio da poco tempo in un ospedale, avendo localizzato una scheggia che aveva attraversato sfracellando il femore di una coscia, il chirurgo che si era lamentato del suo precedente radiologo, non voleva cercare la scheggia dalla parte che gli era stata indicata come accessibile, ma la cercò dapprima dalla parte della ferita. Non trovandola, decise di fare l'esplorazione della regione indicata dall'esame radiologico ed estrasse subito il proiettile. Non vi fu difficoltà nel riconoscere di non aver seguito l'indicazione, non avendo concesso alcuna fiducia alla localizzazione; di contro, dopo questo evento, si mostrò tanto fiducioso quanto prima era stato prevenuto.

Si può dire, in modo generale, che nei primi tempi, i chirurghi che trovavano un proiettile nella posizione esatta in cui erano stati localizzati, manifestavano uno stupore e una ammirazione, come alla vista di un miracolo. Non vi è dubbio che questo fu il risultato di una mancanza generale di competenza e di adattamento, e questo stato di cose cessò solo con l'estendersi della radiologia e l'instaurarsi di una collaborazione tra radiologi e chirurghi.

Segnaliamo infine, che se un tecnico non avendo fatto studi medici, non può e non deve sostituire un medico, tuttavia, nel caso speciale della radiologia di guerra la collaborazione tra un tecnico e un chirurgo, entrambi intelligenti e capaci, era necessaria per le necessità del servizio. Le operazioni radiologiche da effettuare avevano spesso un carattere principalmente geometrico, mentre nella radiologia del tempo di pace la radio-diagnostica gioca un ruolo preponderante.

L'estensione costante dei servizi radiologici durante la guerra esigeva fortemente una corrispondente formazione del personale, un corso per i medici radiologi fu creato presso l'ospedale militare del Val-de-Grâce sotto la direzione del Dr. Béclère. Il numero di medici, che seguirono questo corso e ricevettero assegnazione ai servizi radiologici di guerra, fu di circa 300; non essendo un numero sufficiente per sopperire a tutte le necessità, furono, in generale, inviati dall'esercito.

Una scuola di tecnici fu pure creata presso il Servizio Sanitario; vi erano ammessi solo i mobilitati appartenenti a classi relativamente vecchie. Il reclutamento lasciava, in generale, a desiderare, per quanto riguarda le attitudini necessarie a questa particolare istruzione. La scuola formò alcune centinaia di tecnici tutti utilizzati nei servizi radiologici dell'esercito e del territorio.

Malgrado queste misure, la penuria di personale rimaneva estrema e non si poteva soddisfare alle necessità. Avendo potuto rendermi conto di questa insufficienza che minacciava di rendere inefficace l'estensione dei servizi radiologici e la creazione di nuove postazioni, ho proposto al Servizio Sanitario di creare presso l'Istituto del Radio una scuola di tecnici scelti tra giovani o ragazze riconosciuti adatti ad assicurare tale servizio dopo aver ricevuto una opportuna istruzione. Questa proposta fu accolta, e la scuola fu

organizzata, in relazione con un insegnamento per gli infermieri militari che fu introdotto nello stesso tempo presso l'ospedale Edith Cavell, sotto la direzione della rimpiantata Signora Girard-Mangin, Dottore in Medicina.

Il corso era dato con serie comprendenti ciascuna circa 20 studenti. In ragione dell'urgenza dei bisogni, la durata dei corsi di una serie era limitata a sei settimane o due mesi. In compenso, l'insegnamento era molto intensivo e gli studenti erano occupati per l'intera giornata. Prevedeva una parte teorica, comprendente le nozioni elementari indispensabili (elettricità, corrente elettrica, misura di corrente e di potenziale, fenomeni di induzione, apparecchiature radiologiche, teoria del funzionamento delle ampole e delle valvole, metodi di osservazione radioscopici e radiografici). La parte pratica dell'insegnamento consisteva nella manipolazione per familiarizzare gli studenti con tutti i dettagli del servizio radiologico i cui principi erano stati esposti nel corso teorico.

Inoltre un insegnamento elementare di anatomia e di lettura delle lastre radiografiche era aggiunto all'insegnamento tecnico.

Il reclutamento era assai diversificato. La Scuola riceveva gli infermieri militari la cui domanda di ammissione era stata approvata dal loro capo servizio; erano pure accolti infermieri della Croce Rossa inviati dall'Associazione di cui facevano parte. Infine, un appello fu fatto a giovani e ragazze che potevano, senza essere infermieri, seguire il corso per divenire tecnici di radiologia negli ospedali militari. Il livello delle conoscenze dei candidati non era uniforme; tuttavia, un numero molto grande di loro possedeva una istruzione alquanto solida, primaria o secondaria.

Ci si poteva chiedere ciò che era possibile ottenere da un insegnamento tecnico molto specifico e comprendente nozioni scientifiche complesse e difficili, indirizzandosi tali insegnamenti ad allievi di un livello che raggiungeva raramente il baccalaureato o il brevetto superiore. L'esperienza mostra che, a condizione di dare all'insegnamento un indirizzo prevalentemente pratico, si potevano adattare le nozioni essenziali in modo da renderle perfettamente assimilabili agli studenti. Questi ne traevano, d'altronde, un profitto proporzionale alla loro istruzione e alle loro capacità.

La scuola ebbe un successo quasi insperato e formò dall'anno 1917 fino alla fine della guerra circa 150 tecnici che vennero immediatamente occupati, principalmente nei Servizi del territorio; alcuni, tuttavia, ottennero su loro domanda incarichi nei servizi dell'esercito. Essi offrirono, in generale, un lavoro soddisfacente. Alcuni si trovarono obbligati ad assicurare anche un servizio radiologico in assenza di medici radiologi, e fecero fronte a questa carenza con uno sforzo così coscienzioso meritando l'approvazione e la fiducia completa dei loro capi servizio.

L'esperienza così fatta sembra molto convincente. Non vi è dubbio che il mestiere del tecnico radiologo conviene pienamente a ragazze di istruzione media, a condizione che abbiano intelligenza, attivismo e una certa capacità di abnegazione indispensabile nelle relazioni con i malati.

Incoraggiata dai risultati ottenuti, la Direzione del Servizio Sanitario ha deciso la continuazione del corso dopo la guerra, al fine di poter disporre di un personale tecnico per il servizio radiologico degli ospedali militari in tempo di

pace. Questo servizio, considerevolmente ridotto rispetto al periodo di guerra, è tuttavia molto più significativo di quello esistente prima della guerra, a causa della nuova concezione del ruolo della radiologia sul quale ritornerò più avanti. Mediante un accordo stabilito con il Servizio Sanitario, la Scuola di Radiologia per tecnici continua a funzionare provvisoriamente presso l'Istituto del Radio. La tavola XVI rappresenta una delle sale di lavoro della Scuola.

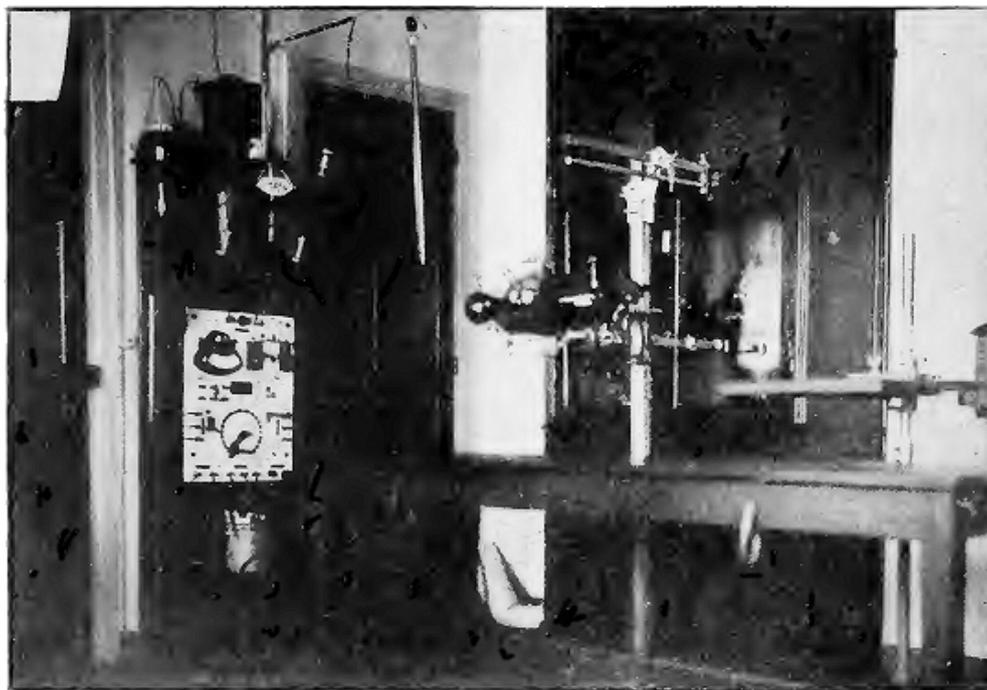


Tavola XVI: Sala di lavoro alla scuola per tecnici radiologi

VI - RENDIMENTO E RISULTATI

Abbiamo potuto renderci conto dall'insieme dei precedenti capitoli, come lo sforzo di adattamento dei servizi radiologici ai bisogni della guerra sia stato considerevole. È confortante constatare che questo sforzo non è stato vano. I suoi risultati si traducono con la conservazione della vita o della capacità di lavoro di un grande numero di feriti e, inoltre, con una educazione generale che ha permesso di assegnare alla radiologia, come mezzo di diagnostica medica, un posto conforme ai servizi che è in grado di offrire, non solo in tempo di guerra ma anche in tempo di pace.

Si può stimare che nel corso della guerra, i servizi radiologici, così precari all'inizio della stessa, hanno assunto una estensione considerevole. Senza dubbio, l'organizzazione poteva ancora presentare lacune, era suscettibile di continui miglioramenti; ma il quadro generale era in contrasto sorprendente con la triste situazione del primo anno di guerra.

All'inizio, solo qualche installazione radiologica, - personale composto da un piccolo numero di specialisti i cui servizi non erano utilizzati, - ignoranza generalizzata sull'impiego della radiologia, sforzi isolati e spesso poco efficaci per diffonderne la pratica; e, come conseguenza di questo stato di cose, mancanza delle informazioni più indispensabili per la cura dei feriti il cui numero aveva superato ogni previsione.

In questo periodo, un ferito non era *mai* esaminato con l'aiuto dei raggi X nei primi giorni seguenti il ferimento; era quindi *sempre* operato e trasportato in condizioni nelle quali il pericolo aveva un ruolo dominante. Quanti feriti furono dimessi con una lesione che imponeva il riposo ma che è rimasta ignorata; quanti altri perirono per infezioni che si sarebbero potuto evitare con una operazione eseguita in tempo con l'aiuto dell'esame radiologico; quanti furono amputati per motivi analoghi; quanti furono operati più volte senza successo per mancanza d'esame, dovendo soggiornare per numerosi mesi negli ospedali; quanti contrassero infermità che avrebbero potuto essere evitate con cure più sicure.

Tutti coloro che hanno potuto apprezzare la rapidità quasi meravigliosa con la quale si ridette la salute a giovani uomini, con la scomparsa della causa che manteneva la lesione, non può mancare di provare un profondo rimpianto, pensando a tutte le vite sacrificate inutilmente e a tutte le capacità di lavoro definitivamente compromesse, per non aver potuto per tempo estrarre corpi estranei posti pericolosamente, oppure per non aver avuto informazioni sufficienti sui dettagli di una frattura.

Questo stato di cose penoso ha subito progressivamente una modifica completa. Il Servizio Sanitario aiutato dall'iniziativa privata, poté dotare le proprie formazioni sanitarie di apparecchiature radiologiche. Le postazioni fisse, quelle semi fisse e le vetture si sono moltiplicate. Verso la fine della guerra, ogni formazione importante possedeva non più una apparecchiatura, ma un numero di attrezzature proporzionato ai servizi richiesti. È così che all'epoca della battaglia della Somme i grandi ospedali di evacuazione costruiti specialmente in vista di battaglie in questa regione, utilizzarono ciascuno numerose apparecchiature servite da équipes di medici e di tecnici e funzionanti, in caso di bisogno, in modo continuativo. Ogni postazione aveva a sua disposizione un materiale sufficiente in ampolle, valvole, schermi, lastre e accessori diversi. Gli ospedali o ambulanze isolate alcune delle quali sono rimaste fino agli ultimi tempi, potevano sempre fare appello a una postazione mobile se non disponevano di una installazione propria. Allorché infatti, all'inizio della guerra, le rare vetture radiologiche non potevano bastare ai bisogni e ci si doveva accontentare di un esame affrettato di un numero considerevole di feriti, quando una di loro compariva nella regione, - è successo invece, in seguito, che a seguito della generalizzazione dei servizi annessi agli ospedali, le postazioni mobili sono state liberate da ogni servizio intensivo e hanno potuto riprendere il loro vero ruolo di postazioni di emergenza disponibili in ogni momento. Ci si incamminò così sempre più verso lo stato delle cose in cui ogni ferito poteva essere ammesso all'esame radiologico subito dopo la ferita, poi, nel seguito del trattamento, ogni volta che l'esame era ritenuto utile. Nello stesso tempo, i benefici dell'esame erano sempre più estesi ai malati, in particolare a quelli colpiti da affezioni polmonari.

Si pensava che una tale organizzazione comportasse in totale un numero di esami considerevoli. Ecco alcune cifre che possono darne un'idea:

Verso la fine dell'anno 1918 erano in servizio, negli ospedali del territorio e presso l'esercito, più di 500 postazioni radiologiche fisse e semi fisse, mentre il numero della apparecchiature mobili sulle vetture, sui camion di

sterilizzazione e sulle ambulanze chirurgiche erano circa 300, la maggior parte delle quali nell'esercito.

Queste apparecchiature erano gestite da circa 400 medici radiologi, aiutati e in parti suppliti da un personale ausiliario; di questi ultimi, furono utilizzati circa 800 tecnici uomini e 150 donne.

Citiamo, a titolo d'esempio, che durante l'anno 1915 la 6^a armata possedeva su un fronte di 70 km, da Soissons a Montdidier, 3 vetture radiologiche (del Patronato Nazionale dei Feriti). Questo stesso esercito disponeva nel 1917, quando l'offensiva del Chemin des Dames, su un fronte metà meno esteso, da Soissons a Fismes, di oltre 50 postazioni radiologiche. Una delle vetture che hanno assicurato il servizio dal giugno 1915 al gennaio 1917, ha effettuato in questo periodo circa 10.000 esami su un numero di circa 7000 feriti.

Si poteva valutare a 900.000 circa il numero di feriti esaminati ai raggi X nel corso degli anni 1917 e 1918, assommando il numero degli esami in questi due anni a 1.100.000.

Queste cifre testimoniano in modo eloquente l'attività dei servizi radiologici durante la guerra; provano che niente è stato tralasciato per assicurare ai feriti e ai malati le cure che gli erano dovute. Si può, nello stesso tempo, apprezzare una volta di più, la qualità dell'iniziativa e della perseveranza che hanno reso così efficace lo sforzo generale compiuto durante la guerra, e che hanno in tal modo sopperito alle conseguenze funeste della mancanza iniziale di preparazione e di organizzazione.

VII. ORGANIZZAZIONE DOPO LA GUERRA

La costituzione del servizio radiologico di guerra non è solo per noi un motivo legittimo di sollievo nel senso che corrisponde a un dovere compiuto verso coloro che rischiano la loro vita per la difesa della patria comune, Dobbiamo, inoltre, trovarvi un insegnamento importante per l'avvenire. Dobbiamo trarne una organizzazione dopo la guerra nell'interesse dello sviluppo della nostra razza.

Ora che l'educazione su questo punto è stata fatta, che nessun medico o chirurgo non ignora più i benefici dell'esame radiologico, e che questa conoscenza si è ampliata attraverso i cittadini che sono stati soldati e i loro familiari, non si può più ritornare al precedente stato di cose in cui l'impiego della radiodiagnostica era riservata a casi eccezionali e a località eccezionali. È indispensabile assicurare a tutta la popolazione francese il beneficio di un metodo d'esame così prezioso.

Va dapprima sottolineato, che con la fine della guerra, non sono per nulla venuti meno gli obblighi di solidarietà sociale da essa derivanti. Numerosi sono gli smobilitati che, tornati alle loro case, hanno mantenuto sofferenze o infermità contratte durante il servizio. A tutti questi sono dovute cure in grado di migliorare la loro salute e facilitare il loro lavoro; è perfettamente legittimo estendere questo diritto ai loro familiari.

Un obbligo analogo è generato dalle speciali condizioni di vita nelle regioni liberate. La ripresa dell'attività in queste regioni è a volte molto difficile. Gli incidenti sul lavoro sono numerosi. La postazione di soccorso è un elemento

essenziale per coloro che intraprendono la ricostruzione dei villaggi distrutti e lo sminamento dei campi. In ogni postazione di soccorso deve essere prevista una apparecchiatura radiologica in grado di aumentare l'efficacia.

Le conseguenze nefaste della guerra si fanno ancora sentire in molti altri modi. Non è necessario insistere nel nostro bilancio sul numero della popolazione e la salute pubblica. Sappiamo tutti che la Francia ha perso il meglio della sua gioventù tanto dal punto di vista fisico quanto da quello morale, e che tra i cittadini che sono stati risparmiati imperversa la tubercolosi. È la tubercolosi ancora che attacca la vita dei bambini e compromette l'avvenire della specie.

Per scongiurare il pericolo che li minaccia, non si deve risparmiare alcuno sforzo, e la parola d'ordine deve essere fare tutto quanto è possibile per conservare alla Francia ciascuno dei suoi cittadini e assicurare lo sviluppo dei bambini. Questa necessità è già stata compresa, e un grande sforzo è stato intrapreso per la creazione di dispensari antitubercolosi e dei sanatori in tutta la Francia. Queste istituzioni il cui scopo è la lotta contro la tubercolosi necessitano di tutti i mezzi che offre la scienza moderna; devono, in particolare, disporre di apparecchi radiologici per l'esame delle lesioni polmonari e di quelle ossee.

Le necessità dell'esame radiologico non si limitano a questi esempi. Questo esame si impone in un grande numero di casi che si presentano frequentemente nella vita corrente; deve costituire un elemento di diagnostica, non solo eccezionale, ma abituale. Deve, in particolare, essere impiegato per vegliare sulla salute dei bambini, per controllare lo sviluppo del loro apparato osseo e lo stato degli organi interni.

Per assumere questo ruolo sociale, il servizio radiologico deve essere un elemento presente in tutti gli ospedali, ospizi o strutture sanitarie della Francia, nei villaggi come nelle città. Una tale organizzazione comporta una grande riserva di materiale e personale associato. La realizzazione è facilitata dalle disponibilità di apparecchiature derivante dalla guerra e dalla formazione del personale effettuate per le necessità della guerra.

Il Servizio Sanitario che si è trovato in possesso di un materiale considerevole, ha preso la decisione di aggregarlo ai suoi ospedali militari, e, in base alle disponibilità, agli ospedali misti o civili. Inoltre, le vetture radiologiche o postazioni mobili in buono stato devono essere messe a disposizione dei centri regionali per venire incontro alle loro necessità, in particolare nei villaggi dove non esiste alcuna postazione fissa. Si ottiene così un nucleo organizzativo che si estende in tutta la Francia.

Oltre questo intervento, ve ne è un altro dovuto all'iniziativa privata. Le strutture di guerra, che disponevano di strumentazioni radiologiche, in primo luogo il Patronato Nazionale dei Feriti, hanno voluto completare il loro compito ripartendo le apparecchiature disponibili negli ospedali e nei dispensari, in modo da stabilire centri di servizio radiologico o conservare quelli fondati durante la guerra.

Gli ospedali e gli ospizi civili delle città e provincie sono stati, in generale, utilizzati a servizio dei feriti durante la guerra. A questo titolo, sono stati provvisti di installazioni radiologiche grazie in particolare all'iniziativa privata.

Vi è da sottolineare che, in quasi tutti i casi simili, le municipalità hanno teso a conservare l'installazione dopo la guerra e non hanno esitato a compiere uno sforzo versando una indennità alla struttura che aveva fornito l'apparecchiatura. Vi è qui una indicazione confortante del progresso realizzato nella comprensione generale del ruolo della radiologia e della necessità del suo impiego regolare.

Possiamo così prevedere fin da ora una organizzazione molto completa che si potrà perfezionare progressivamente, a condizione di disporre di personale competente sufficientemente numeroso. Ciò si deve poter ripetere in base ai bisogni. È quindi importante che continuino a funzionare i centri di addestramento per i medici specialisti in radiologia e per i tecnici maschi e femmine in grado di assicurare il buon funzionamento delle strumentazioni. Per rispondere a questo bisogno, è stato recentemente creato un corso di Radiologia presso la Facoltà di Medicina di Parigi.

Conviene pure incoraggiare la fabbricazione delle strumentazioni, di ampolle, valvole, schermi, ecc. affinché i numerosi centri radiologici possano facilmente approvvigionarsi del materiale indispensabile.

VIII. RADIOTERAPIA E RADIUMTERAPIA

Nei precedenti capitoli, è stata esaminata l'importanza della Radiologia dal punto di vista del suo utilizzo durante la guerra e del suo impiego, in linea di principio analogo, in tempi di pace. Ma esiste un'altra applicazione dei raggi X, la cui importanza è notevole; riguarda il trattamento di alcune malattie con i raggi X o *radioterapia*. A questo metodo di trattamento se ne affianca uno analogo che utilizza mezzi del tutto diversi: il trattamento con i raggi dei radio-elementi o *radiumterapia*.

RADIOTERAPIA

Abbiamo già visto che i raggi X producono sull'organismo effetti fisiologici che possono essere estremamente dannosi, ma che possono anche offrire un mezzo per combattere alcune malattie. Tra queste, si possono segnalare diverse malattie della pelle: ulcere superficiali, macchie di colore del vino, ecc.

Si possono ottenere successi significativi nel trattamento di tumori maligni profondi, in particolare dei sarcomi. Questo risultato è estremamente importante, poiché si sa quali sono le devastazioni imputabili al cancro, e quanto questo flagello è difficile da combattere, malgrado i benefici della tecnica chirurgica.

La tecnica della radioterapia è un poco differente da quella che conviene alla radiografia impiegata come metodo d'indagine. Per quest'ultima, infatti, una grande forza d'azione non è sempre necessaria; solo in casi eccezionali si avrà bisogno di una grande intensità di irraggiamento, per ottenere una radiografia istantanea. Inoltre, l'irraggiamento utilizzato deve avere un potere penetrante medio che corrisponde ad una tensione di circa 50.000 volt. In radioterapia, al contrario, è, in genere, necessario fare agire i raggi fino ad una certa profondità, il più uniformemente possibile, e per questo si impiega, preferibilmente, l'irraggiamento molto penetrante che si può far emettere da

un tubo Coolidge azionato da uno strumento intensivo, con una tensione che può superare 100.000 volt.

Se la radioterapia richiede un'apparecchiatura potente, essa esige anche una competenza tutta speciale. I raggi sono impiegati con dosi talvolta considerevoli, poiché si tratta qui di provocare il loro effetto fisiologico, invece di evitarlo, come nel caso di un esame radiologico. La radioterapia può quindi essere praticata solo da un medico specialista competente; esige la conoscenza approfondita dell'azione dei raggi sui tessuti, azione che dipende dalle condizioni di applicazione, le quali sono esse stesse molto varie.

Se ne può concludere che il posto della radioterapia non è in generale indicato nelle numerose postazioni radiologiche normali facenti parte dell'organizzazione radiologica dopo la guerra, e non possiedono né la potenza necessaria né un personale sufficientemente specializzato. La radioterapia si presta subito ad essere centralizzata in alcune strutture importanti munite di apparecchiature di grande potenza e poste sotto la direzione di eminenti specialisti. È in queste condizioni che la radioterapia è stata praticata durante la guerra, nelle strutture militari; il suo impiego era riservato ai Centri di Fisioterapia del territorio, dove si inviavano tutti i malati bisognosi di cure con questo metodo, che si è mostrato, in particolare, molto efficace per il trattamento di cicatrici, di aderenze, di artriti, di nevriti derivanti alle ferite, ecc.

RADIUMTERAPIA

La radiumterapia è una tecnica che ha grandi analogie con la radioterapia, tranne che la sorgente dei raggi è in questo caso differente. I raggi utilizzati non provengono da alcuna apparecchiatura; sono emessi spontaneamente da certe sostanze dette *radio-elementi* che esistono in natura, ma che sono noti solo da poco tempo, poiché la loro estrema diluizione nei minerali che li contengono li ha fatti passare impercettibili fino alla loro recente scoperta. Il più importante di questi corpi nuovi è il *radio*, elemento scoperto nel 1898 da Pierre Curie e da me. Il radio emette raggi di numerosi tipi, analoghi a quelli che sono prodotti in un'ampolla di Crookes azionata da una corrente di alta tensione. In particolare, uno di questi gruppi, i raggi γ , possiedono le stesse proprietà dei raggi X, ma possono raggiungere un potere di penetrazione ancora più grande. Sono i raggi γ del radio che vengono soprattutto impiegati per la radioterapia.

La sorgente dei raggi si trova direttamente nella sostanza, che a sua volta è racchiusa in un tubo di vetro o di metallo ermeticamente sigillato e agisce attraverso le pareti di quest'ultimo. La potenza dell'irraggiamento del radio è notevole, qualche centigrammo di questo elemento è in grado di produrre effetti terapeutici importanti: queste quantità possono quindi essere contenute in tubi di dimensioni molto piccole che si possono mettere nelle vicinanze o a contatto dei tessuti malati oppure all'interno di essi. Quest'ultimo modo di utilizzo è valido solo con il radio e non con i raggi X.

Il radio è prodotto per via industriale, ma a causa della sua rarità, il suo prezzo è alquanto elevato. Da una tonnellata di minerale, se ne estrae qualche centigrammo, e ogni milligrammo costa all'incirca un migliaio di franchi.

Un altro elemento radioattivo o radio-elemento, il *mesotorio*, è pure prodotto industrialmente; esso è impiegato in terapia allo stesso modo del radio, ma la sua attività si altera poco alla volta, mentre quella del radio non subisce modifiche apprezzabili nel corso di parecchi anni.

I malati trattati con la radiumterapia sono, in linea di principio gli stessi che sono trattati con i raggi X. Ma la tecnica impiegata deve necessariamente essere diversa, poiché il modo di emissione non è lo stesso. Il grado di efficacia relativa dei due metodi può anche differire secondo le circostanze; i raggi X sono più convenienti per irradiare una lesione su una grande superficie, mentre un cancro all'utero dovrà essere trattato con un tubo di radio introdotto all'interno della cavità. Non sarebbe oggi probabilmente possibile dire se qualitativamente l'effetto dei raggi X sui tessuti è del tutto equivalente a quello dei raggi γ del radio; questi ultimi determinano un irraggiamento ultra penetrante, ad alte frequenze, la cui azione fisiologica potrebbe offrire speciali caratteristiche.

Un altro aspetto importante differenzia l'impiego del radio da quello dei tubi di Crookes. Oltre ai raggi γ , il radio emette anche due altri tipi di raggi: i raggi α e i raggi β , il cui potere di penetrazione, molto inferiore a quello dei raggi γ , è tuttavia sufficiente per poterli utilizzare in alcune condizioni. Anche i raggi α e i raggi β sono emissioni di particelle dotate di grande velocità e portanti una carica elettrica, positiva per le particelle α , che hanno le dimensioni degli atomi, e negative per le particelle β che sono identiche agli elettroni. I raggi corrispondenti sono emessi anche in un tubo di Crookes dove assumono il nome di raggi positivi: atomi carichi positivamente, e di raggi catodici; ma nessuno dei due può superare la parete del tubo, e non sono quindi utilizzabili per le necessità della terapia.

Il potere di penetrazione dei raggi α del radio, sebbene alquanto superiore a quello dei raggi positivi e dei raggi catodici, è tuttavia molto limitato; questi raggi possono propagarsi ad una distanza di alcuni centimetri nell'aria a pressione atmosferica, ma non attraversano più di una decina di millimetri di una sostanza solida o liquida, molto diversi in questo rispetto ai raggi γ o ai raggi X che attraversano il corpo umano. Tuttavia, l'utilizzo dei raggi α presenta un interesse particolare, poiché questo irraggiamento rappresenta circa il 90% dell'energia emessa nell'emissione del radio.

Quando questa sostanza, invece di essere racchiusa in un tubo, è incollata su una placchetta, per mezzo di un poco di vernice, l'irraggiamento emesso si compone di raggi α , di raggi β più penetranti dei precedenti e di raggi γ . L'azione superficiale esercitata da una apparecchiatura a radio di questo tipo ("sale incollato") è molto intensa e confrontabile ad una cauterizzazione.

Si può rendere l'azione dei raggi α più profonda diffondendo nell'organismo la sostanza che li emette; ciò si può realizzare per mezzo di iniezioni di soluzioni o di sospensioni sottili di sale di radio che agiscono a contatto dei tessuti con i raggi α emessi soprattutto dove si trova la materia attiva. Le iniezioni di sali di radio possono essere sostituite da iniezioni di altri radio-elementi il cui impiego è più vantaggioso; si può risparmiare il radio, sostanza preziosa, utilizzando certe sostanze radioattive come il radio e che possono rendere gli stessi servizi, ma solo per un tempo limitato. Tale è, per esempio, un gas radioattivo, detto *emanazione del radio*, che si forma regolarmente nel radio e

può esserne estratto ad intervalli regolari; questo gas si distrugge poco alla volta secondo una legge determinata, emettendo raggi α che si possono utilizzare se l'emanazione è stata introdotta nell'organismo, sia mescolata all'aria e aspirata per inalazione, sia sciolta nell'acqua e iniettata nei tessuti.

L'azione dei raggi α sotto queste forme diffuse può essere alquanto energetica. Nelle esperienze fatte su piccoli animali, si raggiungono facilmente dosi mortali. Una dose opportuna produce effetti terapeutici di grande interesse, specialmente adatta nei trattamenti delle artriti.

L'emanazione del radio si può impiegare anche in un altro modo. Estratta dal radio e liberata dall'aria e da tutto il gas estraneo, occupa un piccolo volume. Si può allora, per mezzo di speciali procedure, trasportarla in capillari di vetro della lunghezza da 10 a 15 mm e di uno o due millimetri di diametro. Ognuno di questi capillari sigillati è introdotto in una guaina sottile di platino avente la forma di un ago e in grado di essere poi inserita in un tessuto malato che si vuole sottoporre all'irraggiamento. L'emanazione del radio non emette raggi in grado di attraversare la guaina, ma produce un *deposito attivo* ed emette raggi γ del tutto simili a quelli emessi dal radio. Questa somiglianza non ha nulla di sorprendente; infatti, il radio contiene sempre l'emanazione che produce e il deposito attivo di questo, di modo che i raggi γ del radio sono dovuti in realtà non a questo stesso elemento, ma ai suoi derivati che l'accompagnano. È naturale, che separando questi derivati, si possa separare nello stesso tempo l'irraggiamento γ e sostituire l'azione del radio con quella dei prodotti ai quali dà origine.

Si può comprendere, da quanto esposto, quanto sia cambiata la tecnica di impiego del radio e quante possibilità offra. Il campo di azione si trova ancora accresciuto dall'impiego del mesotorio che forma pure derivati con emissione di diversi gruppi di raggi; alcuni di questi derivati possono essere separati come nel caso del radio. Altri radio-elementi ancora potrebbero a loro volta essere utilizzati.

Questa tecnica così ricca e complessa è tuttavia di grande precisione. I radio-elementi possono essere dosati molto precisamente. È vero che le pesate non sono probabilmente in uso in questo caso; se la quantità di materia attiva da determinare è, in generale, molto piccola per il radio, qualche milligrammo o centigrammo per esempio, essa è, per l'emanazione del radio o del suo deposito attivo, così come per il mesotorio e i suoi derivati, inaccessibile alla pesata. In compenso, quantità infinitesimali di radio-elementi possono essere dosate con perfezione con metodi di misura elettrometrica. È facile misurare, con questo metodo, all'1% su un millesimo di milligrammo di radio. L'abitudine di misurare esattamente le provette di radio, di mesotorio o di emanazione del radio dà una grande sicurezza alla radiumterapia e forma una *condizione essenziale del suo perfezionamento*.

Le misure di radio sono riferite a un *campione internazionale* preparato da me sotto forma di una provetta di vetro sigillata contenente una quantità pesata (circa 20 milligrammi) di cloruro di radio puro. Per confronto con questo campione principale, si sono potuti stabilire campioni secondari destinati a compiti di verifica centrale in diversi paesi. In Francia, questo compito è svolto all'Istituto del Radio, dove le quantità di radio, contenute nelle provette sottoposte al controllo, sono determinate dalla misura del loro irraggiamento

γ , rispetto a quello della provetta campione. Si misurano anche le provette di mesotorio, confrontando il loro irraggiamento con quello di una quantità nota di radio. È ancora lo stesso principio che è applicato alla misura delle provette di emanazione il cui irraggiamento γ è uguale a quello di un milligrammo di radio elemento in equilibrio con i prodotti della sua trasformazione.

ORGANIZZAZIONE CENTRALE.

Per ottenere il massimo rendimento nell'utilizzo medico dei radio-elementi, istituti specializzati sono stati creati in diversi paesi. Queste fabbriche possiedono quantità relativamente grandi di radio; alcune tra loro dispongono di parecchi grammi della preziosa sostanza. Questo è impiegato in parte in provette sigillate o in sali; ma la maggior parte è, in generale, conservata in soluzione; l'emanazione che ne è estratta ogni giorno è utilizzata per i trattamenti, sia in piccole provette sigillate, sia in altre apparecchiature di forma appropriata, dette *applicatori*. I trattamenti avvengono in un ospedale facente parte dell'organizzazione. Ma questo emette anche all'esterno delle provette e di apparecchiature a emanazione ai medici che ne fanno richiesta.

Si percepisce immediatamente il vantaggio di una simile organizzazione. Un Istituto centrale, sufficientemente dotato, può riunire mezzi d'azione molto efficaci. Si può nelle strutture, trattare un grande numero di malati, senza perdite di tempo e con il miglior utilizzo del radio. Si possono centralizzare le informazioni relative a questi trattamenti e trarne tutte le decisioni possibili. Nei laboratori è possibile effettuare tutte le misure e tutti gli studi necessari ad assicurare i progressi della tecnica: esami biologici dei tessuti malati, misure di irraggiamento, studi di nuovi dispositivi, ecc.

L'impiego dell'emanazione permette una grande flessibilità nelle applicazioni; le dosi sono variabili a piacere, così come le forme degli applicatori; inoltre, si può utilizzare a piacere l'emanazione in forma di soluzione acquosa (acqua attiva) o anche distribuita nell'aria (aria attiva) per inalazione. Qualunque sia il metodo d'impiego, questo offre una sicurezza di importanza fondamentale. La materia preziosa, il radio, non è esposto ad una circolazione pericolosa, per le esigenze del servizio; l'intero rischio riguarda unicamente le apparecchiature ad emanazione, il cui valore è ridotto, poiché questo materiale, di durata limitata, può in qualche modo essere considerato come un prodotto regolare fornito dal radio, ma diverso in questo da uno prodotto in specie perché l'accumulazione non può proseguire indefinitamente, e che si ha tutto l'interesse ad utilizzare il più completamente possibile l'emanazione che si estrae fino alla sua completa estinzione.

Si vede il considerevole interesse che si associa alla creazione di Istituti nazionali che centralizzano la radiumterapia e anche la radioterapia o trattamenti con i raggi X. Simili Istituti esistono in diversi paesi; i più importanti si trovano in Inghilterra e in America. Ma la Francia, paese della scoperta del radio e della radiumterapia, non possedeva prima della guerra alcuna Struttura per l'applicazione di queste tecnica. La Francia dove è nata l'industria del radio, non possedeva prima della guerra alcuna provvista di radio per le necessità della sanità pubblica, limitandosi a fornire il radio che approvvigionava gli istituti stranieri.

Durante la guerra mi è parso opportuno sopperire a questa lacuna con la creazione di un servizio di distribuzione destinato a venire incontro ai bisogni degli ospedali. Questo servizio è stato predisposto nel 1916 all'Istituto del Radio, in accordo con il Servizio Sanitario Militare. Il radio utilizzato era quello che avevo usato prima della guerra per le ricerche scientifiche del nostro Laboratorio. Le ampolle di emanazione prodotte ogni settimana erano utilizzate per il trattamento dei feriti e dei malati negli ospedali militari e anche, in certa misura, in quelli civili.

Questo primo Servizio nazionale di Radiumterapia non ha potuto essere abbandonato alla fine della guerra. Si è avuto, al contrario, un nuovo sviluppo, sotto la direzione di M. le Dr. Regaud, direttore del Laboratorio Pasteur dell'Istituto del Radio, che dal suo ritorno dall'esercito ha impiegato tutta la propria attività e tutta la sua competenza. Si trova così costituita la Sezione di Radiumterapia dell'Istituto del Radio. Questo non può fare a meno di completarsi, grazie ai contributi generosi pervenuti e a quelli che verranno in avvenire.

L'Istituto del Radio, fondato già da qualche anno grazie agli sforzi congiunti dell'Università di Parigi e dell'Istituto Pasteur, dovrà assumere un compito più ampio di quello originariamente previsto.

I risultati ottenuti finora provano quanto questa espansione sia necessaria. I progressi della radiumterapia si impongono sempre di più ogni giorno. Parecchie lesioni, malattie o disagi sono trattati con risultati certi. Una delle piaghe più terribili per l'umanità, il cancro, cede sempre terreno alla tecnica sempre più perfezionata delle applicazioni del radio completando o sostituendo le risorse della chirurgia. Si può dire con certezza che se la vittoria non è ancora completa, la lotta, tuttavia, prosegue con vantaggi sempre più completi e frequenti; la guarigione è ottenuta in molti casi, e in mancanza di guarigione, un miglioramento allevia le sofferenze e facilita la vita del malato, La crudele malattia non è ancora ridotta all'impotenza, ma è efficacemente combattuta, e tutte le speranze sono consentite.

All'Istituto del Radio incombe il compito di accelerare questa evoluzione mediante la costituzione di una sezione di radiumterapia, beneficiante del lavoro paziente dei suoi Laboratori, facendo progredire continuamente la sua tecnica e le sue informazioni biologiche, con formazioni sempre più adatte alle necessità, destinate ad espandere fortemente le conoscenze precise senza le quali la pratica della radiumterapia è solo un errore o un danno, mediante i suoi lavori di ricerca pura, fonte di nuove scoperte in grado di portare nuovi frutti. Così l'Istituto del Radio avrà da svolgere un ruolo sociale importante, aggiungendolo al suo compito puramente scientifico, per il massimo bene del nostro paese e della sua capitale.

CONCLUSIONI

La storia della radiologia di guerra offre un esempio sorprendente dell'ampiezza insospettata che può avere, in alcune condizioni, l'applicazione di scoperte di ordine puramente scientifico.

I raggi X le cui meravigliose proprietà sono state, quasi subito dopo la scoperta, applicate all'esame del corpo umano e alla terapia, hanno avuto,

tuttavia, in questo quadro, solo un utilizzo limitato fino allo scoppio della guerra. La grande catastrofe che si è abbattuta sull'umanità, producendo vittime in numero spaventoso, ha fatto sorgere per reazione il desiderio forte di salvare tutto quanto era salvabile, di sfruttare a fondo tutti i mezzi per risparmiare e proteggere le vite umane. E vediamo anzitutto nascere da ogni parte uno sforzo variegato, una parte del quale ha come scopo quello di far svolgere all'impiego dei raggi X tutti i servizi previsti. Nel frattempo, ciò che era apparso difficile e problematico diviene facile e riceve una soluzione immediata; il materiale, il personale si moltiplicano come per incanto; tutti coloro che non comprendevano, cedono e accettano, quelli che non sapevano apprendono, quelli che erano indifferenti, si impegnano. E nel giro di alcuni anni si trova costituito un sistema regolamentare, dove medici e chirurghi concepiscono poco la possibilità di trascurare l'impiego dei raggi X, che prima utilizzavano poco. Diviene poi impossibile limitare al tempo di guerra le concezioni che hanno prevalso in modo ormai definitivo. Il diritto all'esame radiologico, o al trattamento con i raggi X, è, d'ora in poi, per tutti i malati, un diritto generale e incontestato, e si vede nascere una organizzazione dopo la guerra, destinata a rendere questo diritto effettivamente operante. La scoperta scientifica avrà ottenuto la conquista del suo campo di intervento naturale, e avrà acquisito i mezzi di utilizzo per una resa completa.

Un'analogia evoluzione è stata compiuta dalla radiumterapia o applicazione medica di radiazioni emesse da radio-elementi. Trattamento eccezionale ancora fino ad oggi, è oggetto di uno sforzo che tende a metterlo alla portata di tutti coloro che riporre in esso le loro speranze. Le sofferenze e le perdite crudeli hanno fatto percepire maggiormente il valore della vita umana. I danni provocati dal cancro richiedono una organizzazione per una lotta metodica ed efficace. Non è più possibile rinviare la realizzazione che si impone. E così vediamo coalizzarsi per un obiettivo comune contributi convergenti: l'Università di Parigi e l'Istituto Pasteur incoraggiano ed appoggiano l'opera iniziata dall'Istituto del Radio; generosi donatori portano pure il loro contributo; la città di Parigi e il governo non possono disinteressarsene. In poco tempo, lo sforzo generale avrà prodotto i primi frutti, la radiumterapia avrà in Francia una prima organizzazione, e così sarà raggiunto il grande risultato umanitario che è uno dei risultati della scoperta scientifica del Radio.

Cosa possiamo trarre da questa fortuna insperata toccata in sorte alle nuove radiazioni che la scienza ci ha rivelato alla fine del XIX secolo? Sembra che nessuno spettacolo sia in grado di rendere più viva la nostra fiducia nella ricerca scientifica disinteressata e ad aumentare il rispetto e l'ammirazione che le spetta. Tale nuova fonte di luce, frutto di pazienti sforzi di scienziati nei loro laboratori, diffonderà un giorno il suo splendore sull'umanità, apportandole la consolazione e la riduzione delle sofferenze, così come contribuirà a facilitare la vita e lo sforzo pacifico verso un maggior benessere fisico, morale e intellettuale. Le ripercussioni del pensiero fecondo sono illimitate. Il suo campo di intervento supera ogni orizzonte noto. L'intera collettività civile ha il dovere imperioso di vegliare sul dominio della scienza pura nella quale si elaborano le idee e le scoperte, di proteggere ed incoraggiare le opere e di apportare loro i contributi necessari. È a questo prezzo solo che una nazione può crescere e perseguire una evoluzione armoniosa verso un ideale lontano.