

RADIAZIONI PENETRANTI IN USO NELLA SANITÀ MILITARE DURANTE LA PRIMA GUERRA MONDIALE

Annibale Mottana

Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL

annibalemottana86@gmail.com

tel. +39-3482485501 – fax +39-0657338201

Abstract. Pervasive radiations used by the Italian Medical Corps during World War One. The purpose of this note is first at showing the organization of the Italian military radiology at the beginning of the First World War, and, secondly, how it improved in efficiency toward the end by substituting obsolete apparatus transportable by pack animals with modern well-equipped motor vehicles. After a description of W.C. Rontgen's discovery (December 28, 1895) and later behavior, the note shows how on early May 1896 Italian military surgeons made trials on the use of radiology to locate rifle bullets in the arms and legs of soldiers wounded in the Adowa battle (March 1, 1896). They made use of an X-ray apparatus closely imitating Rontgen's original one, which they had borrowed from the Physics department of Naples University, and of a university assistant surgeon who operated following it. Only as late as in 1904 the Medical Corps adopted the hand-operated Ferrero di Cavallerleone transportable apparatus for radioscopy and radiography, which they used in the 1912 Libya campaign and was still the military radiology standard outfit until Italy entered the Word War (May 24, 1915). From July 1915 on, the Perussia radiologic ambulance, a single-vehicle compact model fully equipped with updated motor-driven radiologic apparatus fit for both radiosopic and radiographic examination, gradually substituted the Ferrero di Cavallerleone model, which needed up to six mules or alpine soldiers for transport. The Perussia model operated mostly on the flat areas west of the Piave River, into which the Italian front had retreated after the Caporetto rout (October 24, 1917), while the Ferrero one continued being in operation all along the Dolomite mountain range from Monte Pasubio to Monte Grappa. Both were on operation during the "summer solstice battle" of 1918 and until the war ended (November 4, 1918).

Parole chiave / Key words: Raggi X / X-rays; Radiologia / Radiology; Radioscopia / Radioscopy; Radiografia / Radiography; Guerra Mondiale / World War; Sanità militare / Medical Corps.

Introduzione

È ben noto che l'universo è pervaso di radiazioni elettromagnetiche di variabilissima energia, alcune delle quali inavvertibili, altre interagenti in profondità con l'organismo umano. Queste ultime possono essere utilizzate, in caso di conflitto, infliggendo danni irreversibili all'avversario, ma – grazie al fatto che esiste sempre l'effetto converso – esse possono anche rivoltate in positivo a risolvere i danni provocati, attutendoli se non addirittura sanandoli. Fra le radiazioni penetranti, senz'altro i più noti sono i raggi X, anche se la sezione di spettro elettromagnetico che può essere dannosa per l'uomo è, in realtà, di gran lunga più ampia. La radiazione nucleare ha caratteristiche analoghe, ma durante la prima guerra mondiale fu utilizzata pochissimo per essere allora pressoché ignota nelle sue proprietà.

Di molte scoperte scientifiche non si conosce la data, o perché esse trassero la loro origine dal lento approfondimento di un'intuizione oppure perché furono il risultato casuale di un esperimento che lo scopritore stesso o qualcun altro in sua vece andò poi via via perfezionando sotto l'aspetto tecnologico fino a diventare chiaro nel suo significato e, successivamente, anche utile all'umanità. Dell'utilità delle radiazioni penetranti nella pratica medica, invece, si conoscono esattamente sia la data esatta della scoperta sia le circostanze in cui si sviluppò. La nuova scienza che ne nacque, chiamata all'inizio "Radioscopia" o "Radiografia" o "Radiologia" (nome, quest'ultimo, che ha prevalso perché onnicomprensivo) e ora, con un eufemismo, "Diagnostica per Immagini", fu prontamente recepita da tutti come utilissima e si diffuse in tutto il mondo con la velocità di un lampo, anche se, all'inizio, fu considerata come una semplice tecnica ausiliaria della Chirurgia, che era assunta solo poco tempo prima a un ruolo di rispetto nella pratica sanitaria. La Medicina, invece, è una scienza tenuta in altissima considerazione fin dall'antichità più remota.

Non è mia intenzione rifare la storia della Radiologia, che è molto ben conosciuta (e.g., [7, 14]). Per me, non si tratta di altro se non di una ristretta applicazione della “Spettroscopia d’assorbimento dei raggi X” (XAS) che è stato il mio settore di ricerca per oltre vent’anni e di cui continuo a seguire la storia [20, 21, 22]. La Radiologia medica è, infatti, una XAS in cui la sorgente della radiazione, il soggetto esaminato (vitale o no: per lo più è l’uomo) e il rivelatore dei raggi assorbiti sono fermi e i raggi stessi sono, in generale, così deboli da non danneggiare l’organismo che li assorbe. La Diagnostica per immagini, che ha preso il posto della Radiologia, ne differisce non solo perché ha il rivelatore mobile, ma perché fa un larghissimo uso di efficientissimi rivelatori elettronici a stato solido che si possono impressionare e scaricare attraverso circuiti e in tempi brevissimi, molto minori del tempo di rotazione del congegno di supporto del rivelatore stesso. Le riprese si possono poi elaborare, sempre per via elettronica, dando una “Tomografia Assiale Computerizzata” (TAC) in cui di fermo c’è solo il corpo del soggetto irraggiato, che è asse dell’intera strumentazione [14].

Ma torniamo alla scoperta delle radiazioni penetranti e alle loro immediate applicazioni, prima di entrare nel vivo del discorso: quale uso delle radiazioni penetranti fece l’esercito italiano durante la prima guerra mondiale.

L’8 novembre 1895 Wilhelm Conrad Röntgen, professore di Fisica all’università di Würzburg, ormai anzianotto e senza un curriculum di particolare rilievo¹, se ne stava di sera nel suo laboratorio (Fig. 1) eseguendo esperimenti sui raggi “canale”,² utilizzando come sorgente della radiazione un

¹ Il suo diploma, ottenuto al Politecnico di Zurigo nel 1869 con August Kundt (1839-1894), di cui nel 1871 divenne assistente alla nuova università di Strasburgo, appena diventata tedesca, era in Ingegneria meccanica. Solo un anno dopo ottenne il dottorato in Fisica dall’Università di Zurigo. Tutto ciò lo faceva guardare dall’alto in basso da molti fisici tedeschi suoi contemporanei di estrazione puramente accademica, ma contribuì alla sua scoperta, perché l’aveva reso competente nella progettazione di macchine elettro-meccaniche. Sulla vita di Röntgen è stato scritto molto, in tedesco ovviamente [13], ma anche in altre lingue, come in italiano [6].

² Scoperti nel 1886 da Eugene Goldstein (1850-1931), i raggi “canale” non sono altro se non l’effetto inverso dei raggi catodici, vale a dire sono flussi di protoni carichi positivamente che dall’anodo procedono verso il catodo (raggi anodici). All’estremo superiore di un tubo a vuoto, essi producono una luce rosa che è più lontana dalla sorgente di elettroni di

tubo di Hittorf³ (Fig. 2) al quale applicava la corrente continua generata da una dinamo a manovella (Fig. 3) la cui scarica di intensità crescente era prodotta da un rocchetto di Ruhmkorff⁴ (Fig. 4) capace di arrivare fino a 35.000 V a intervalli di 15-20 secondi. Stava effettuando verifiche sperimentali del tutto normali, nell'ambito di un programma scientifico consolidato da decenni in cui altri fisici erano analogamente impegnati a cercare di chiarire punti oscuri o controversi tra teoria e esperimento. Era buio, in quella sera invernale, ma per garantirsi una migliore osservazione dei raggi luminosi emessi dal tubo, Röntgen lo avvolse in carta nera, non trasparente alla luce. Eppure, con sua sorpresa, vide che su un altro foglio di carta situato a circa 2 m di distanza, su una faccia del quale aveva disegnata una grande A con una vernice al platinocianuro di bario, si manifestava una debole fluorescenza⁵ che aumentava d'intensità avvicinando il foglio al tubo e spariva e ricompariva se egli passava la mano attraverso il cammino ottico tra tubo emettitore e foglio rivelatore, senza che fosse visibile un fascio luminoso fuori dalla carta nera. Ciò che Röntgen non poteva sapere, allora, è che l'urto dei raggi catodici contro lo spesso vetro che formava la parete del tubo aveva eccitato la radiazione di frenamento e generato nuovi raggi analoghi alla luce, ma molto più energetici e, soprattutto, invisibili all'occhio umano. Come la luce, però, questi raggi non solo provocano la fluorescenza di un materiale idoneo, ma, quando colpiscono una superficie o lastra spalmata di

quella verdastra tipica dei raggi catodici (fasci di elettroni), scoperti da Michael Faraday nel 1838 e a lungo studiati, da ultimo da Phillip Lenard (1862-1947) che per questo ottenne il premio Nobel 1905.

³ È un dispositivo per lo studio dei raggi catodici che migliora il precedente tubo di Heinrich Geissler (1814-1879): la corrente va da un catodo freddo a un anodo pure freddo ad esso contrapposto attraversando un'ampolla parzialmente evacuata dall'aria in cui rimane una piccola quantità di gas residuo. Fu messo a punto nel 1869 da Johann Hittorf (1824-1914) e poi ulteriormente perfezionato, aumentandone il vuoto nell'ampolla, da William Crookes (1832-1919), per cui il tubo va solitamente sotto il nome di quest'ultimo anche nelle ulteriori modifiche che gli furono apportate.

⁴ Generatore di scariche elettriche per induzione di corrente continua brevettato nel 1851 da Heinrich Daniel Ruhmkorff (1803-1877). Consiste in un lungo filamento di rame avvolto su se stesso con due isolatori di vetro alle estremità. Al passaggio della corrente continua il filo si carica e scarica a intervalli regolari producendo una scintilla che può essere lunga fino a 50 cm. Le scintille ionizzano l'aria dell'ampolla producendo i raggi catodici e anionici.

⁵ Era una fluorescenza di colore verdastrò, ma Röntgen non era in grado di cogliere questa sfumatura caratteristica del platinocianuro di bario, poiché era daltonico. Nel corso della sua ricerca, espressa dalle pubblicazioni, il suo modo di operare, che può apparire da incosciente (ad esempio il suo avere offerto il volto e l'occhio ai raggi diretti), si spiega proprio col fatto che egli era daltonico e che quindi non percepiva i colori, ma solo la presenza o l'assenza di luminosità.

gelatina al nitrato d'argento, la impressionano anche se è avvolta in carta nera (e quindi è schermata alla luce stessa), dando così un'immagine permanente delle forme solide incontrate lungo il loro percorso. Negli esperimenti che seguirono e che egli, eccitato dalla novità, effettuò con frenesia nelle settimane che seguirono, praticamente serrato da solo nel suo laboratorio, Röntgen riscontrò che materiali come cartone e legno erano trasparenti ai nuovi raggi anche se in strati molto spessi, mentre i metalli erano opachi anche se ridotti in lamine ultrasottili. Egli capì presto che poteva, perciò, lavorare di giorno e in piena luce perché i suoi nuovi raggi impressionavano la lastra fotografica anche se era avvolta in carta nera o chiusa in una scatola. Fin qui la scoperta (puramente casuale) di quei raggi che, nel frattempo, Röntgen – non sapendo ancora che cosa fossero – aveva chiamato “raggi X”.⁶ Di questa fase iniziale della sua ricerca sui raggi X restano alcune rare evidenze, come la fotografia (non datata) di una pesiera, in cui la cassetta in legno risulta trasparente e lascia vedere la serie di pesi cilindrici in scala decrescente che contiene, anche quando il coperchio, pure di legno, è abbassato a chiuderla (Fig. 5).

L'inizio della Radioscopia o Radiografia o Radiologia risale, invece, al 22 dicembre 1895, quando Röntgen convinse la moglie, Anna Berthe Ludwig,⁷ a porre la sua mano su una pellicola fotografica e a lasciarvela ferma sotto i raggi X per 15 minuti. Una volta sviluppata la pellicola, la moglie ebbe la sorpresa di vedere ciò che ella stessa definì: "*Ich habe meinen Tod gesehen*" (= ho visto la mia morte: [13] p. 22). Vi si vedeva il profilo chiaro della sua mano, ma anche quello, più

⁶ Un'acuta analisi storico-epistemologica delle circostanze storiche e della febbrile attività di verifica svolta da Röntgen dopo la sua prima osservazione accidentale della fluorescenza dello schermo a platinocianuro di bario fino a intuire di avere scoperto un nuovo tipo di radiazione si trova in Kuhn ([17] pp. 760-764). Egli conclude che, sulla base degli (scarsi) appunti di laboratorio, non si può stabilire meglio la data della scoperta effettiva (cioè della comprensione intellettuale da parte di Röntgen della novità fisica da lui riscontrata sperimentalmente) se non collocandola in una larga parentesi temporale, che è compresa tra l'8 novembre e il 28 dicembre 1895 ([17] p. 187).

⁷ Nata nel 1839, morì nel 1919. Dal suo matrimonio (1872) con Röntgen non nacquero figli, per cui la coppia adottò la figlia del fratello di lei, Josephine Ludwig, emigrata poi negli Stati Uniti, cui la coppia cercò invano di riunirsi all'inizio della guerra mondiale, prima che anche gli Stati Uniti entrassero in guerra con la Germania.

scuro, delle ossa interne e su tutto spiccava in nero l'anello d'oro che portava al dito: era la prima radiografia (Fig. 6).

Il 28 dicembre 1895 Röntgen espose i suoi risultati alla società fisico-medica di Würzburg (Fig. 7) leggendo una memoria scientifica preliminare ([26]). Per una forma di ritegno verso la moglie non rese subito pubblica l'immagine della sua mano, ma solo quella della pesiera. Conscio, inoltre, che gli atti della seduta accademica avrebbero avuto una diffusione solamente locale, il 31 dicembre Röntgen si fece dare gli estratti della sua memoria e ne spedì nove ad altrettanti colleghi accompagnandoli con varie foto, tra cui appunto quella di una mano, che non era però quella della moglie (che era la sinistra), ma quella (destra) del presidente della società, il collega anatomo Rudolf Albert von Kölliker,⁸ che fu anche colui che per primo segnalò le potenziali applicazioni chirurgiche della scoperta [26, nota ** a p. 132].⁹ Uno dei primi a riceverla fu il fisico di Vienna Franz Serafin Exner.¹⁰ Egli passò il testo e le foto al giovane fisico praghese Ernst Lechner, il cui padre era un giornalista del quotidiano viennese *Die Presse*. Il 5 gennaio 1896 questo giornale, con un articolo di Lechner volutamente divulgativo dal titolo "Una scoperta sensazionale" (*Eine sensationelle Entdeckung*), diffuse in tutto il mondo la notizia, suscitando un enorme interesse per quello che essa permetteva di vedere in profondità in una parte del corpo umano. Numerosi altri giornali ripresero l'argomento ([13] pp. 175-181), tanto più che le lettere inviate da Röntgen ai diversi colleghi erano arrivate a destinazione e questi cominciavano a pronunciarsi sulla nuova forma di radiazione e sulle

⁸ Rudolf Albert von Kölliker (1817-1905) era svizzero di nascita, ma è considerato il fondatore della scuola anatomica e fisiologica tedesca.

⁹ Tra i fisici che ricevettero direttamente la comunicazione ci fu, unico italiano, Pietro Blaserna (1836-1918), che ne diede un'immediata, ancorché molto succinta informazione all'Accademia dei Lincei [2], evidenziando tra l'altro che aveva ricevuto anche ben nove fotografie originali. Seguirono, quasi altrettanto tempestivi, gli articoli dedicati alla ricerca sui raggi X di Angelo Battelli (1862-1916), Antonio Garbasso (1871-1933) e Antonio Ròiti (1843-1921). Furono pubblicati in italiano, per cui non ebbero nessun risalto nella stampa internazionale: sono solo citati nei repertori specifici (e.g., [13] pp. 325-367).

¹⁰ Exner (1849-1926), mentre stava effettuando a Zurigo (1871) un anno di pratica per il suo dottorato, aveva collaborato con Röntgen nella misura dell'intensità della radiazione solare utilizzando un calorimetro a ghiaccio. Studiò poi l'elettricità atmosferica.

sue applicazioni. La memoria originale fu tradotta immediatamente in inglese (*A new kind of rays*) e pubblicata nel numero del 23 gennaio 1896 di *Nature* (**53** [1369] pp. 274-276) e in quello del 14 febbraio 1896 di *Science* (**3** [59] pp. 227-231).

Dalla sua scoperta Röntgen ricavò un dottorato *honoris causa* in Medicina, il Premio Nobel per la Fisica 1901 e, subito dopo, la chiamata alla cattedra di Fisica di Monaco (la più prestigiosa in Baviera). Non si lasciò, però, corrompere dal successo e dalla fama [8]: rifiutò il “von” che lo promuoveva tra la nobiltà; rinunciò a brevettare la sua scoperta ritenendola un bene da mettere a disposizione dell’intera umanità; donò il denaro del premio Nobel all’università di Würzburg; non confutò il collega Lenard che cercò di reclamare a sé la priorità, ma anzi lo propose per l’assegnazione del premio 1905. Fece anche errori: volle emigrare negli Stati Uniti, ma ne fu impedito dallo scoppio della guerra; firmò il cosiddetto “manifesto Fulda” (come fece anche Lenard), forse per essere poi lasciato libero di emigrare e raggiungere la figlia adottiva, ma in questo modo si disonorò di fronte ai fisici nemici. Alla fine della guerra restò vedovo e in miseria, morendo nel 1923 di carcinoma addominale. È da escludere che questo tumore fosse stato indotto dai raggi X, perché Röntgen, presto resosi conscio della loro pericolosità, dopo le prime distrazioni e intemperanze si era sempre schermato dietro porte di legno, diaframmi di piombo e grembiuloni carichi di granulato di solfato di bario. Nel testamento lasciò scritto che voleva che tutte le sue carte, sia personali sia scientifiche, fossero bruciate e così fu fatto. Ciò che sappiamo di lui è dedotto dalle sue pubblicazioni, da qualche quaderno di laboratorio, dalle rare interviste una delle quali gli fu quasi estorta ([13] pp. 7-9) e dalle reminiscenze molto personali di un’amica di famiglia (Margret Boveri, in [13] pp. 117-175).

In tutta la sua vita, Röntgen pubblicò 58 articoli scientifici, di cui solo tre sui raggi X. Nel suo primo articolo sull’argomento (quello che fu diffuso per posta tra i colleghi), che è scritto nella forma quasi euclidea di numerosi enunciati senza altra dimostrazione che le osservazioni effettuate

durante gli esperimenti [26], egli accenna alle possibili conseguenze di vario tipo che può avere la trasparenza dei corpi ai suoi raggi,¹¹ ma non ci si sofferma, non essendo questo un argomento prioritario per la sua ricerca, che era la Fisica delle radiazioni ([8] pp. 156-157).

Le immediate conseguenze della scoperta

La notizia della scoperta arrivò negli Stati Uniti da Vienna, per telegramma, il 6 gennaio 1896, molto prima della pubblicazione su *Science*. Qualche giorno dopo il fisico M.I. Pupin, della Columbia University di New York, provò a riprodurre il fotogramma della mano e ci riuscì, ma in un modo per lui insoddisfacente: l'immagine era sfocata perché il vuoto nel tubo era insufficiente e le sue esposizioni erano state troppo brevi. Egli ammise che in Medicina i raggi X avrebbero potuto avere utili sviluppi, ma nel complesso non si espresse in modo gran che positivo. Lasciò, anzi, che A.A.C. Swinton, un suo collaboratore, deprezzasse alquanto i risultati ottenuti coi raggi X rispetto a quelli ottenuti due anni prima da Lenard coi raggi catodici ([4] p. 557). Una conferma, sotto forma di una fotografia di una mano in cui erano ben visibili le ossa, venne invece dalla Francia: si trattava, né più né meno, della mano sinistra del grande matematico Henri Poincaré, ripresa il 29 gennaio 1896! Ne seguirono infinite altre, molte delle quali affrettate, anche in Italia, dove i raggi X furono provati su tutti i materiali possibili, incluse le rocce (2 febbraio 1896: [27] p. 69).

Pupin, per quanto autorevole, fu presto contraddetto piuttosto rudemente dai suoi stessi colleghi e con fatti concreti. Arrivò, infatti, la testimonianza di Edwin B. Frost [4, 28], un chirurgo ortopedico del Dartmouth College di Hanover, N.H., che affermò che il 3 febbraio 1896 gli era stato

¹¹ Il riferimento è obliquo ([26] numero 14 p. 8): accenna alla trasparenza della carne di una mano alla stessa stregua di quella di una serie di pesi in una pesiera, di un ago metallico in una bussola e di un filo avvolto su una bobina.

possibile ricomporre perfettamente il braccio rotto in più punti di un giovane dopo averne verificato la frattura sconnessa dell'ulna tramite una radiografia la cui esposizione era durata solo 20 minuti (Fig. 8). Il Dartmouth College disponeva, nel suo laboratorio di Fisica in cui lavorava il fratello dell'ortopedico (Fig. 9), di tutta l'apparecchiatura idonea: parecchi tubi di Crookes di cui uno particolarmente efficiente del tipo modificato da Ivan Pulu¹², una macchina elettrostatica di Holtz¹³, una bobina a induzione Apps e una batteria formata da sette celle di Grove. Disponeva poi di numerose lastre fotografiche a gelatina per la registrazione¹⁴. Si trattava di strumenti, tutti importati dall'Europa, ma di gran lunga migliori di quelli a disposizione di Röntgen: l'eccitazione poteva raggiungere i 500.000 V ([28] p. 242). Al Dartmouth College, quindi, poterono essere eseguiti in successione il primo fotogramma medico diagnostico a raggi X in America e il primo trattamento patologico al mondo che fosse guidato dall'osservazione ai raggi X del soggetto *in vivo* ([28] p. 243).

Cominciava, per i raggi X, un periodo di intenso uso a scopo diagnostico nelle sezioni ortopediche degli ospedali di tutto il mondo (e in particolare in quelli di Vienna, dove furono escogitate molte delle tecniche di ripresa e di analisi delle radiografie diventate in seguito d'uso comune). I fisici, per parte loro, essendo sostanzialmente indifferenti alle applicazioni, continuavano a fare solo esperimenti che determinassero le proprietà dei raggi X per capirne la natura, trascurandone tutte le possibili applicazioni. Quindici anni dopo (21 aprile 1912), però, un colpo di

¹² Questo fisico ucraino (1845-1918), nato in Galizia quando la regione faceva parte dell'impero austriaco e docente in varie università austro-ungariche, è stato recentemente riportato all'attenzione degli storici della Scienza per motivi nazionalistici: egli non solo aveva modificato il tubo catodico di Crookes rendendolo notevolmente più efficiente (vedi sopra), ma con esso aveva probabilmente generato raggi X prima di Röntgen, pur senza rendersene conto. Il 4 aprile 1896 (dopo aver preso conoscenza della scoperta di Röntgen, quindi), pubblicò la foto di un feto di sette mesi ancora *in loco*, che egli aveva presa nel 1895 con il suo tubo catodico modificato ([19] p. 658). La sua modificazione consisteva, sostanzialmente, in una riduzione dello spessore del vetro nel punto apicale dell'ampolla che rendeva possibile una diffusione concentrata dei raggi emessi.

¹³ Progettata nel 1865 da Wilhelm Holtz (1836-1913) per generare una forte differenza di potenziale statica, può sostituire il rocchetto di Ruhmkorff nel produrre scariche se è messa in serie con una bobina a induzione e con batterie d'accumulo.

¹⁴ Gli strumenti sono tuttora conservati nel museo del Dartmouth College. Inspiegabilmente, dopo il 1957 sono sparite le lastre originali, per cui si può disporre ora solo dei positivi sviluppati in quegli anni ([28] p. 243).

genio di un fisico teorico (Max Laue) combinato con una piccola disobbedienza di due assistenti dell'Istituto di Fisica teorica dell'università di Monaco di Baviera¹⁵ (Walter Friedrich e Paul Knipping) dimostrerà che i raggi X sono fondamentali per la quantificazione della struttura atomica e la risoluzione della struttura dello stato solido. Ne seguirà un'intera scienza, la Cristallografia strutturale, che riprende un nome antico, ma lo ripropone per determinare le norme di ripetizione degli atomi nello spazio tridimensionale.

Primi usi dei raggi X per lesioni conseguenti a eventi bellici

Il primo italiano che abbia fatto esperienze di radiodiagnostica, proprio a fine gennaio 1896, cioè non più di tre settimane dopo che era stata divulgata dai giornali la scoperta di Röntgen, fu Domenico D'Arman (Venezia, 1855 - 1922), direttore del servizio di Elettroterapia dell'ospedale SS. Giovanni e Paolo di Venezia, dove era funzionante un tubo di Crookes. Egli era stato studente a Vienna e da lì era stato informato su come era fatto l'apparato e sui rapidi progressi delle sue applicazioni. Fu a Vienna, infatti, che nel gennaio-febbraio 1896 i fotografi Josef Maria Eder ed Eduard Valenta pubblicarono il primo foto-atlante ottenuto con i raggi X. Fu sempre a Vienna che il fisico Eduard Haschek con l'anatomo-patologo Otto Theodore Lindenthal eseguirono il primo angiogramma con mezzo di contrasto, e inoltre che Leopold Freund propose la prima röntgenterapia (soppressione dei bulbi piliferi sulla schiena di una paziente femmina, dopo aver compiuto favorevoli sperimentazioni su animali). La scuola radiologica viennese non era in quel periodo seconda a nessuno, neppure allo stesso istituto monacense diretto da Röntgen ([13] pp. 250-252).

¹⁵ Non era lo stesso istituto di cui era direttore Röntgen e in cui lavorava Laue, ma quello parallelo diretto da Arnold Sommerfeld (1868-1951), anche se di fatto i ruoli erano invertiti e nell'istituto di Fisica sperimentale si faceva Fisica teorica e viceversa [25].

Nel 1897 D'Arman poté inoltre costruire, assieme a Papinio Pennato (Dolo, 1856 - Udine, 1933), un laboratorio radiologico presso l'ospedale di Udine [12]. L'ospedale operò continuativamente anche durante la Grande Guerra, prima come centro ospedaliero territoriale dell'esercito italiano e, dopo l'evacuazione italiana del Friuli seguita alla sconfitta di Caporetto, degli eserciti tedesco e austro-ungarico [12]. A Pennato, che ne era il direttore, è intitolato un padiglione dell'ospedale di Udine ed è anche dedicata una targa ad Amburgo: sono due testimonianze del suo incondizionato rispetto per il giuramento d'Ippocrate e della sua abnegazione al di sopra delle parti ([3] pp. 751-752).

Il 1° marzo 1896 era stata combattuta la battaglia di Adua (Etiopia) con conseguenze disastrose per le nostre truppe. All'inizio di maggio arrivarono al porto di Napoli le prime navi portaferiti e il tenente colonnello medico Giuseppe Alvaro [1], dell'ospedale militare della Trinità, volle fare eseguire prove per dimostrare l'utilità dei raggi X soprattutto nel determinare la presenza di proiettili rimasti infissi nelle carni e passati inosservati alla palpazione e alla specillazione, così da renderne possibile l'estrazione chirurgica. L'ospedale non aveva strumenti e li ottenne in prestito dall'università: una serie di accumulatori, un grosso rocchetto di Ruhmkorff e un tubo di Crookes a forma di pera. Le lastre, poste a 20-30 cm dal tubo di Crookes e dal punto da esaminare, furono impressionate per 20 minuti. Il primo esame (3 maggio 1896) riguardò il braccio destro di un soldato rotto all'omero da un colpo di fucile Vetterli.¹⁶ Il piccolo proiettile fu identificato ed estratto facilmente perché era lucido e quasi intatto, malgrado il callo che s'era ormai formato sulla frattura. Per un secondo soldato, ferito lui pure al braccio destro da un proiettile di piombo del fucile Gras¹⁷,

¹⁶ Era un fucile calibro 6,5 del 1870, originalmente di fabbricazione svizzera e monocolpo, che nella versione modificata in Italia nel 1887 era stato dotato di un serbatoio per il fuoco a ripetizione. Fu dato in dotazione alle truppe coloniali e, durante la prima guerra mondiale, ai corpi ausiliari e all'artiglieria.

¹⁷ Fucile calibro 11 dato in dotazione alla fanteria francese nel 1874, poi sostituito nel 1890 dal fucile Berthier e perciò destinato alle truppe di seconda linea e venduto massicciamente all'estero. Aveva il vantaggio che, essendo a cartuccia, in questa poteva essere colato qualsiasi metallo anche con metodi artigianali.

l'estrazione fu molto più difficile a causa della forte deformazione del proiettile, ma l'intera operazione fu resa possibile dal fatto che i raggi X permisero di posizionare con la massima precisione i frammenti metallici rimasti incastrati nei legamenti. Non esistono, purtroppo, documenti fotografici che dimostrino tutta l'operazione. Esiste però la testimonianza dell'esultante colonello Alvaro [1], che poté affermare che non solo l'esercito italiano era stato il primo al mondo a eseguire diagnosi radiografiche su militari feriti in attività di servizio, ma era anche all'avanguardia nella scelta dei mezzi sanitari da adottare a beneficio della truppa. L'operatore effettivo, per vero dire, era stato un civile: l'assistente chirurgo universitario Luigi De Gaetano,¹⁸ che per questo ricevette gli elogi del sottosegretario di stato alla Guerra del secondo governo presieduto da Antonio Starabba di Rudinì,¹⁹ il generale Achille Afan de Rivera ([10] pp. 26-33). Gli elogi si accompagnarono con l'assicurazione - diretta questa al colonello Alvaro - che l'esercito si sarebbe dotato di tutta la necessaria apparecchiatura radiografica per la "determinazione diagnostica nella ricerca dei proiettili su i feriti" ([10] p. 33): uno scopo limitato e ben preciso, ma di notevole importanza per le esigenze dei militari. Per conseguenza, l'ispettore generale di Sanità dell'epoca, generale medico Pietro Imbrìaco,²⁰ avendo intuito da quelle prime prove che la Radiologia era un mezzo nuovo ed efficiente di esplorazione chirurgica delle ferite da armi da fuoco e avendo lui stesso condotto e fatto condurre un lungo e circostanziato esame [15], decise di introdurla nel corso di lezioni che impartiva alla scuola di formazione dei medici militari, anche se solo verso la fine del corso stesso, e tuttavia citandola come una tra le tecniche più foriere di sviluppo ([16] pp. 286-289).

¹⁸ Nato a Giovinazzo nel 1868 e morto a Napoli nel 1947, divenne nel 1929 professore ordinario di Chirurgia ortopedica all'università di Napoli.

¹⁹ Questo governo fu in carica dal 10 marzo all'11 luglio 1896. Ministro della Guerra era il generale Cesare Francesco Ricotti-Magnani.

²⁰ Nato e morto a Foria di Centola (1845-1918), percorse tutta la carriera nella Sanità militare fino a diventarne nel 1909 Ispettore generale prima di essere messo a riposo nel 1911, ma continuò ad essere utilizzato come docente presso la scuola di Sanità fino quasi alla morte.

Ciò che ne seguì fu l'attuazione effettiva della promessa. Nel 1904 l'esercito ebbe in dotazione permanente l'apparecchio radiologico trasportabile ideato dal tenente generale medico Luigi Ferrero di Cavallerleone.²¹ Questa apparecchiatura, dopo essere stata messa alla prova sul campo per la prima volta nella campagna di Libia (1911-12), fu poi usata anche nel Montenegro (1913) e resterà la strumentazione radiologica di base del corpo di Sanità militare italiana fino alla fine della grande guerra. Già all'inizio di questa, però, i radiologi civili la ritenevano obsoleta e, proprio per giustificare la sua decisione di continuare a usarla nonostante le critiche, l'ideatore (allora diventato ispettore generale del corpo di Sanità) ritenne opportuno pubblicare una memoria piena di dettagli tecnici, logistici e strategici che è ora molto utile a capire l'organizzazione del servizio radiologico militare (e non solo di questo) all'inizio della prima guerra mondiale [11].

Dopo aver ricordato di essere stato "uno dei primissimi a farne il tentativo nella nostra campagna abissina del 1895 e 1896, con un apparecchio portato a Massaua dal prof. Postemskij²² (*sic*) ispettore della Croce Rossa" ([11] p. 331), che diede "risultati [...] quasi nulli" (*ibidem*) e divenne, anzi, inservibile dopo poche prove per cause connesse con l'impianto elettrico a pile, del tutto inadatto nell'umido clima eritreo, Ferrero afferma di avere intensamente lavorato a costruire un apparecchio adatto a superare i problemi che richiede l'uso in zona di guerra (trasporto, sorgente elettrica, fragilità dei tubi e delle lastre, camera oscura, ecc.). Qui, a suo parere, il servizio sanitario, per essere efficiente, deve articolarsi in tre scaglioni: di prima linea, con posti di medicazione; di

²¹ Nato a Torino il 17 dicembre 1853, nobilitato dal re nel 1897 con l'aggiunta al cognome del nome del paese d'origine della famiglia, morì a Roma il 17 aprile 1935. Medaglia d'oro al valor militare. È lo stesso personaggio che, d'accordo con il capo di stato maggiore generale Luigi Cadorna, organizzò nel maggio 1915 la PASFA (Associazione per l'Assistenza Spirituale alle Forze Armate), che ebbe l'incarico di togliere dalla truppa e di distribuire tra le diverse unità dell'esercito i cappellani militari. Fino ad allora essi, dal governo laico che dominava l'Italia liberale, erano considerati normali reclute e prestavano servizio di leva alla pari coi civili. Ferrero di Cavallerleone si fece anche carico di ricreare nel 1926 l'Ordinariato militare per l'Italia, che era stato soppresso subito dopo la guerra.

²² Paolo Postemsky (Roma, 1851 - 1926) fu un principalmente un medico civile, chirurgo, che partecipò alle campagne di difesa antimalarica nell'agro romano e pontino. Fu attivo anche nella Croce Rossa Italiana di cui divenne Ispettore Principale del Corpo Militare e, come tale, prese parte a varie campagne.

seconda linea, con sezioni di sanità atte a mettere i feriti in condizione di essere trasportati; e di terza linea, con ospedali da campo con un massimo di 50 letti. Solo in questi ultimi (e poi negli ospedali territoriali lontani dal fronte) può trovare posto un servizio radiologico completo.²³ Nei due primi scaglioni l'apparecchio ottimale sarà quello "utilizzabile in tutte le contingenze: semplice, robusto, non deteriorabile, non ingombrante e non di peso eccessivo, a sorgente elettrica propria" ([11] p. 337), cioè il suo. Dato che il fronte comprendeva molte zone montuose senza strade o con strade sterrate, strette e malagevoli, egli preferì progettare il suo impianto come frazionabile e someggiabile: tre casse, la prima con una dinamo auto-eccitatrice e i suoi accessori, la seconda con un rocchetto di Ruhmkorff con una scintilla da 35 cm e un interruttore a mercurio, la terza con due tubi di Crookes, manovelle e connessioni varie. Prodotto dalla ditta Balzarini di Milano, "il tutto è someggiabile con due soli muli" ([11] p. 340). Col tempo si aggiunsero due altre casse rivestite di piombo contenenti lastre fotografiche di due dimensioni (13×18 cm e 30×40 cm) e l'occorrente per svilupparle: il tutto comportava un maggior numero di muli. Ferrero ammette che si potrebbero usare per il trasporto dell'apparecchiatura completa un'automobile o un autocarro, ma sostiene poi che entrambi questi veicoli sarebbero di limitato impiego per la maggior parte degli interventi, essendo la loro carreggiata troppo larga.

Nel "Museo Storico Italiano della Guerra" di Rovereto è stato ricostruito un impianto radiologico mobile tipo Ferrero di Cavallerleone (Fig. 10), con l'aggiunta di un'infermiera, incongrua per la Sanità militare del tempo, visto che le infermiere arriveranno in prima linea solo a guerra

²³ La classe medica Italiana non solo non si sottrasse, ma rispose compatta alla domanda della Sanità Militare, in cui nel 1915 c'erano solo 800 ufficiali medici in servizio permanente effettivo. Nel 1916 i medici militari salirono a 14.050, di cui 8.050 in zona di operazioni. Nel 1918 gli ufficiali medici in servizio permanente effettivo erano 874 mentre 16.884 erano quelli di altre categorie. Nel 1915, dal canto suo, la Sanità Militare istituì, d'accordo con cattedratici universitari richiamati con il grado di tenente colonnello, l'Università Castrense di San Giorgio di Nogaro presso Udine, che cessò di operare con la ritirata dopo Caporetto. Con due corsi invernali accelerati vi si laurearono ben 1.200 aspiranti ufficiali, per lo più studenti degli ultimi anni di Medicina e Chirurgia arruolati con le loro classi di leva. Di loro, 150 caddero poi al fronte.

iniziata da più di due anni. La strumentazione, però, vi è stata riprodotta con esattezza: sono riconoscibili (da destra verso sinistra) una dinamo a manovella, un rocchetto di Ruhmkorff, un tubo di Crookes, un collimatore e accessori vari per radioscopia e radiografia [24].

Le reiterate pressioni dei radiologi richiamati alle armi, già da alcuni anni riuniti nella S.I.R.M. (Società Italiana di Radiologia Medica, fondata nel 1913) e sostenuti dall'esempio francese, dove già il 27 agosto 1914 signora Curie aveva spedito al fronte dieci piccole automobili private ("*les petites curies*", che divennero 18 nel 1916) attrezzate come "*ambulances radiologiques*" per effettuare la radiodiagnostica delle lesioni da frammenti metallici e così distribuire i feriti nei vari ospedali delle retrovie [9], costrinsero gli alti gradi dell'esercito italiano a rivedere le attrezzature sanitarie e, in particolare e nonostante le resistenze dell'Intendenza Generale (che doveva limitare le spese), a prendere in considerazione la sostituzione dell'apparecchiatura Ferrero. Era tempo. Dal 1904, anno in cui essa era entrata in dotazione, le sorgenti di raggi X erano state completamente rinnovate, fino a raggiungere potenze di due ordini di grandezza maggiori di quella iniziale con una gran riduzione del tempo d'esposizione. La corrente continua piuttosto incostante prodotta da una dinamo a manovella era stata sostituita da quella costante generata o da una dinamo a motore o da un alternatore con raddrizzatore. All'originario tubo di Crookes a forma di pera e a catodo freddo, in cui i raggi X erano prodotti dai raggi catodici in collisione col gas residuo nell'ampolla e quindi erano diffusi in tutte le direzioni, era stato aggiunto un anticatodo che li concentrava (*tubo focus*) e quindi ne accresceva la potenza dirigendoli in una sola direzione, anche se ancora con una certa dispersione secondaria a forma di cono (Fig. 11).²⁴ Il miglioramento era sensibile: il tubo di Crookes originario richiedeva una manutenzione (controllo della pressione del gas residui) che doveva essere eseguita

²⁴ A dire il vero, nel 1913 William D. Coolidge aveva brevettato il suo tubo a vuoto spinto, dove la corrente è prodotta da un filamento surriscaldato che invia elettroni direttamente sull'anticatodo, generando un fascio di raggi X ancora divergenti ma su un cono ad angolo apicale nettamente più stretto, così che le ombre sullo schermo radiografico non avevano più contorni sfumati. Questo tubo, però, fu usato solo dall'esercito americano dopo il 1917.

direttamente dall'operatore e, per conseguenza, poneva questo a rischio di subire una dose elevata di radiazioni a causa di una insufficiente schermatura. Il rocchetto di Ruhmkorff, che produceva la corrente secondaria, era stato rimpiazzato da condensatori che, accumulando la corrente, permettevano di diminuire i tempi di posa dalle decine di minuti a pochi secondi. L'impianto complessivo così modificato presentava notevoli vantaggi soprattutto di costo, se non dello strumento iniziale almeno quando esso era reso operativo, ma aveva una controindicazione: troppi raggi in tempi brevi potevano produrre lesioni dolorose. Questo rischio era stato controbilanciato, oltre che dalla schermatura di piombo, sviluppando spinterometri e radiometri, tramite i quali si potevano calibrare raggi X da molli a duri a seconda delle necessità.

In realtà, nonostante le affermazioni dei gradi superiori, l'esercito italiano non si adeguò subito alla modernità. Le prime ambulanze radiologiche mobili furono, perciò, fornite dalla Croce Rossa grazie a contributi di privati. Esse entrarono in zona d'operazione sul fronte dell'Isonzo e furono senz'altro utili, ma rimasero per lungo tempo troppo poche e con la possibilità di effettuare interventi solo saltuari. La prima ambulanza radiologica italiana a raggiungere il fronte, il 9 luglio 1915, non fu un mezzo militare, ma quello di un'organizzazione umanitaria, anche se alla sua guida era un tenente medico – Pietro Sessa. Quando, alla fine del 1917, questa vettura fu costretta a ritirarsi dal fronte a causa della rotta di Caporetto, aveva eseguito oltre 6000 diagnosi, tra radioscopie e radiografie ([23] p. 77).

Per un paio d'anni, dunque, ci fu un tira e molla tra i radiologi, che volevano operare in condizioni migliori, e le autorità militari, che non volevano adeguarsi alla nuova situazione. La resistenza al nuovo veniva sia dal Servizio Sanitario, per il quale l'esame delle ferite era solo uno dei settori minori rispetto alle numerose responsabilità e impegni cui doveva provvedere [18], sia dall'Intendenza, che non voleva erogare i fondi necessari (o, più probabilmente, che era stata

costretta a limitare il suo spendere dal Ministero della Guerra e degli Approvvigionamenti).²⁵ Ci furono fieri contrasti tra i docenti universitari²⁶, da un lato, che volevano che i radiologi già alle armi e gli specializzandi fossero assegnati a unità speciali invece di essere distribuiti a caso tra tutte come semplici medici, e le autorità militari, dall'altro lato, che ritenevano loro diritto di avere il controllo incondizionato di tutti gli uomini e i mezzi a disposizione. Poi i militari si piegarono, anche perché avevano bisogno di sempre più uomini da inviare al fronte e l'unico modo di averli era accelerare le diagnosi sui feriti. Al fine di farli dimettere in fretta come adatti a combattere, bisognava effettuare le visite radiologiche in luoghi meno lontani dalla prima linea di quanto non lo erano gli ospedali militari territoriali, dove era stata concentrata tutta l'apparecchiatura radiologica fissa.

Fu, dunque, adottata la soluzione di organizzare un vero e proprio servizio di ambulanze radiologiche militari equipaggiate secondo le indicazioni del radiologo, che era anche arruolato come ufficiale medico, Felice Perussia²⁷ (Fig. 12). Queste ambulanze erano molto simili, se non proprio uguali, a quelle messe a disposizione dalla Croce Rossa e furono solo dieci, ma erano attrezzate adeguatamente (Fig. 13a, Fig. 13b). L'impianto diagnostico mobile consisteva in un alternatore collegato da una cinghia al motore dell'auto, che generava una corrente a 135 V e 15 A, sufficiente per avere una scintilla costante e calibrata; il tubo era quello di Crookes, ma del tipo

²⁵ Tra il 1910 e il 1920 il debito pubblico dello stato si era moltiplicato (si stima di oltre il 100%, ma ufficialmente da ca. 80% a ca. 160% rispetto al PIL, prodotto industriale lordo) a causa delle spese militari, anzitutto, ma anche della necessità sempre maggiore di importare dall'estero beni di tutti i tipi. L'ammontare delle sole spese di guerra e dipendenti dalla guerra fino al 30 giugno 1919 fu valutato in oltre 70 miliardi di lire-oro, costringendo lo Stato a contrarre gravosi prestiti soprattutto con gli Stati Uniti d'America e con il Regno Unito (cfr. *Enciclopedia Italiana*, vol. XIX, pp. 782-784).

²⁶ All'epoca esistevano corsi ufficiali di Radiologia medica in sette università o policlinici: Bologna, Firenze, Genova, Milano, Napoli, Roma e Torino. Presidente della SIRM, che pure entrò nella contesa, era Aristide Busi (professore a Bologna) che, coadiuvato da Francesco Paolo Sgobbo (professore a Napoli) inviò numerose relazioni e missive all'Ispettorato di Sanità e al Ministro della Guerra, proponendo corsi di formazione radiologica accelerati e soluzioni tecniche di tutti i tipi. La decisione compromissoria finale, che aderiva alla maggior parte delle richieste degli specialisti, fu comunicata il 4 aprile 1918 da Vittorio Italo Zupelli, ministro della Guerra nel governo presieduto da Vittorio Emanuele Orlando ([23] pp. 42-48) e fu attuata nei pochi mesi che precedettero la fine della guerra.

²⁷ Nato e morto a Milano (1885-1959), egli era allora professore incaricato di Radiologia nell'università di Pavia, ma nel 1918 divenne professore ordinario nel Policlinico di Milano, che nel 1932 fu il nucleo fondatore dell'università. Perussia ne fu anche il primo rettore non di nomina governativa dopo la Liberazione (1946-1948). Diresse per anni la rivista scientifica *La Radiologia Medica*, fuorché nel periodo 1915-18, perché richiamato alle armi.

focus, quindi notevolmente più potente. Vi era poi un adeguato numero di pellicole, essendo risultata a volte conveniente la diagnostica radiografica, permanente oltre che più facile da analizzare (e ricontrollare per minimizzare l'imboscamento), rispetto a quella corrente, che era la radioscopia, che poteva essere influenzata dal contesto e dal disagio ambientale. Il veicolo (a benzina) era fornito dalla Fiat (mod. 515 ter) ed era grande a sufficienza per ospitare uno studio radiologico (2,50 x 1,70 x 1,82 m) parallelo alla lunghezza del mezzo schermato dalla luce con lunghe tendine nere ([5] pp. 17-21). Era essenziale nell'apparecchiatura che era fornita dalla ditta Balzarini di Milano: era la stessa ditta che aveva prodotto (e continuava a produrre) l'attrezzatura Ferrero, ma in questo caso seguiva le indicazioni strumentali date da Perussia. Il personale addetto all'ambulanza radiologica militare aveva seguito un corso di specializzazione in reparti speciali delle retrovie diretti da radiologi professionali esperti.

Pur con tutte le tipiche difficoltà burocratiche, la genialità italiana ebbe modo di farsi valere: Carlo Baese,²⁸ che era stato mobilitato come medico, ma era, in realtà, un ingegnere, mise a punto un metodo di ricostruzione radiologica tridimensionale con tecniche fotografiche che permetteva di localizzare di precisione i frammenti metallici penetrati nei corpi dei feriti. Il procedimento era semplice e pratico: consisteva nel muovere in simultanea il tubo di Crookes e lo schermo fluoroscopico collegandoli con una leva. Questa specie di TAC primitiva, messa in opera solo negli ospedali territoriali, era molto più efficace della tecnica stereoscopica messa a punto da un'ausiliaria dell'esercito inglese, Edith Anne Stoney. È a lei, però che va il merito di un procedimento di diagnosi, tramite l'esame radioscopico, del grado di avanzamento della cancrena che si sviluppa in una ferita: era così possibile anticipare l'amputazione, se era comunque necessaria, salvando al ferito almeno la vita. Questo metodo fu usato dall'esercito italiano solo per un breve periodo nel 1918.

²⁸ Nato a Firenze nel 1880 ca. e morto a Milano nel 1943. Si era specializzato in fotografia a Berlino all'inizio del secolo.

Con questa organizzazione, antiquata in montagna e moderna in pianura, si arrivò al 4 novembre 1918 e alla vittoria. Le dieci unità sanitarie motorizzate operarono in modo capillare e in tempi rapidi solamente per pochi mesi, anche perché il fronte effettivo si era ristretto di molto, attestandosi sul Piave, da dove non si mosse più, neppure durante la “battaglia del solstizio” (giugno 1918), ultimo sforzo dell’ormai esausto esercito austro-ungarico di penetrare nella pianura veneta forzando le difese italiane attestate sulle montagne vicentine e sul Montello. La strumentazione Ferrero restò la sola ad operare in montagna, sul fronte che va dal Passo dello Stelvio al Monte Grappa, perché – come aveva giustamente previsto il suo progettista – neppure le strade aperte con enormi sforzi dai soldati del Genio per trasportare i pezzi d’artiglieria ad alta quota poterono mai sostituire del tutto il trasporto someggiato sui muli (Fig. 14) o sul groppone degli Alpini.

Gli impianti radiologici mobili contribuirono sicuramente alla vittoria operando in modo efficace e trovarono poi un reimpiego da impianti fissi nella cura post-bellica dei feriti. Il resto della storia della Radiologia militare si riferisce ad altre guerre. La prima guerra mondiale, o - meglio - la prima fase allora apparentemente finita di quella terribile guerra destinata a concludersi realmente nel 1945, era costata all’Italia 577.000 militari caduti (di cui 378.000 in azione e 186.000 per malattie contratte in zona di guerra), che saliranno negli anni seguenti a 651.000 per le morti di invalidi riferibili a cause belliche entro la data del 30 aprile 1920 e senza contare oltre i 950.000 feriti, molti dei quali furono affetti da molteplici epidemie post-belliche. A questi militari vanno aggiunti i 1.021.000 civili morti, 589.000 per malnutrizione e 432.000 per l’epidemia di “spagnola”.

Riconoscimenti. Questo testo è una versione accresciuta e corretta dell’intervento da me tenuto il 10 maggio 2016 nell’ambito del convegno “La Grande Guerra (1914-1919). La scienza, le idee, gli uomini” organizzato dall’Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL e dalla Società Italiana di Storia della Scienza. Sono grato a Emilia Chiancone e a Raffaella Simili che, con Giovanni Paoloni e Walter Tega, hanno organizzato il convegno nelle magnifiche sale dell’Accademia dell’Istituto di Bologna. Sono anche grato ai colleghi Giuseppe Liborio, Pietro Nastasi e Tommaso Pirroni

per avermi suggerito di affrontare cause remote e situazioni sanitarie correnti di questo aspetto poco noto della terribile avventura affrontata dall'Italia, rimasta coinvolta del tutto impreparata, allora e poi per molti anni, in tutti gli sviluppi militari, politici e sanitari che seguirono. Annalisa Morisani e Marco Muscolino mi hanno dato molto aiuto nel reperire dati sicuri in pubblicazioni rare e non facili da trovare nella grande confusione dell'Italia in guerra.

Bibliografia

- [1] Alvaro, Giuseppe (1896) I vantaggi pratici della scoperta di Röntgen in chirurgia (determinazione diagnostica nella ricerca dei proiettili sopra i soldati feriti provenienti dall'Africa). *Giornale medico del Regio Esercito*, **44**: 385-394.
- [2] Blaserna, Pietro (1896) Sui raggi scoperti dal Prof. Röntgen. *Atti della R. Accademia dei Lincei, s. 5. Rendiconti della classe di scienze fisiche matematiche e naturali*, **2** (1° semestre): 67-68.
- [3] Cardinale, Adelfio Elio (1995) *Immagini e segni dell'uomo: storia della radiologia italiana*. Napoli, Idelson & Gnocchi.
- [4] Cipollaro, Anthony C. (1945) The earliest Roentgen demonstration of a pathological lesion in America. *Radiology*, **45** [5]: 555-558.
- [5] Coleschi, Lorenzo (1917) Contributo alla radiologia di guerra. *La Radiologia medica*, **4** [1-2]: 17-34.
- [6] Cosmacini, Giorgio (1984) *Röntgen. Il "fotografo dell'invisibile": lo scienziato che scoprì i raggi x*. Milano, Rizzoli.
- [7] Cosmacini, Giorgio (1998) *Storia della medicina e della sanità in Italia: dalla peste europea alla guerra mondiale, 1348-1918* (2ª edizione). Roma-Bari, Laterza.
- [8] Cosmacini, Giorgio (2011) *Guerra e medicina: dall'antichità a oggi*. Roma-Bari, GLF editori Laterza.
- [9] Curie, Mme Pierre [= Marie] (1921) *La radiologie et la guerre*. Paris, Alcan.
- [10] De Ciutiis, Michele (1896) *I raggi Röntgen*. Napoli, Pietricola.
- [11] Ferrero di Cavallerleone, Luigi (1915) La Radiologia di guerra. Apparecchio trasportabile (tipo militare) Ferrero di Cavallerleone. *Giornale della R. Accademia di Medicina di Torino*, anno LXXVIII, serie IV, **21**: 331-347.
- [12] Fornasir, Giuseppe (1988, a cura di) Atti del convegno di studio sul tema "Eminent figure di medici del 19. e 20. secolo in Friuli", Udine, Palazzo di Torso, 10 settembre 1987; *Papinio Pennato (1856-1933) pioniere della radiologia in Italia; I secoli d'oro della medicina. La scuola medica di Padova e il Friuli*. Udine, Arti grafiche friulane.
- [13] Glasser, Otto (1959) *Wilhelm Conrad Röntgen und die Geschichte der Röntgenstrahlen; mit einem Beitrag persönliches über W.C. Röntgen von Margret Boveri* (2. Auflage). Berlin-Göttingen-Heidelberg, J. Springer.
- [14] IDoR [International Day of Radiology] (2012) *The story of Radiology*. Vienna, ESR – European Society of Radiology, in cooperation with ISHRAD – The International Society for the History of Radiology, and Deutsches Röntgen Museum.
- [15] Imbriaco, Pietro (1897) L'esplorazione delle ferite nelle guerre moderne ed i nuovi mezzi per praticarla. *Giornale medico del R. Esercito e della R. Marina*, **45**: 216-257.
- [16] Imbriaco, Pietro (1898) *Le operazioni più frequenti nella chirurgia di guerra. Ricordi di Anatomia applicata e di tecnica operativa. Lezioni raccolte dagli allievi ufficiali medici dr. C.M. Pertusio e dr. G. Massarotti*. Firenze, Scuola d'Applicazione di Sanità Militare.
- [17] Kuhn, Thomas S. (1962) The historical structure of scientific discovery. *Science* **136**: 760-764 (traduzione italiana a pp. 187-190 in Kuhn, Thomas S., *La tensione essenziale. Cambiamenti e continuità nella scienza*. Torino, Einaudi, 1985)
- [18] Manganaro, Carmelo (1938) *Il servizio sanitario nazionale in guerra*. Milano, Società Editrice Libreria.

- [19] Mayba, Ihor I., Gaida, Roman, Kyle, Robert A., Shampo, Marc A. (1997) Ukrainian physicist contributes to the discovery of X-Rays. *Mayo Clinics*, 72: 658.
- [20] Mottana, Annibale & Marcelli, Augusto (2015) The historical development of X-ray Absorption Fine Spectroscopy and of its applications to Materials Science; pp. 295-309 in R. Pisano (ed.): *A Bridge between Conceptual Frameworks, Sciences, Society and Technology Studies* (History of Mechanism and Machine Science, **27**). Dordrecht, Springer.
- [21] Mottana, Annibale (2014) 1913-2013 - The centennial of X-ray Absorption Spectroscopy (XAS): evidences about a question still open. *Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena*, **196**: 14-19.
- [22] Mottana, Annibale (2016) Sintesi storica della spettroscopia d'assorbimento dei raggi X in Chimica e nelle scienze parallele (Atti del XVI Convegno nazionale Storia e Fondamenti della Chimica, a cura di M. Taddia, Rimini, 22-24 settembre 2015). *Rendiconti Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL. Memorie di Scienze Fisiche e Naturali* 133°, **39** (parte II, tomo II): 221-234.
- [23] Pirroni, Tommaso, Boldrini, Luca (2013) *La Radiologia italiana durante la Grande Guerra*. Roma, Ecomedizioni internazionali.
- [24] Reggio, Mario (2015) *La grande guerra e i raggi X: organizzazione della radiologia militare francese, tedesca e italiana. Cento anni fa, la prima guerra mondiale* ([www.fisicamedica.it/.](http://www.fisicamedica.it/)).
- [25] Robotti, Nadia (2013) The discovery of X-ray diffraction. *Rendiconti Fisici dell'Accademia dei Lincei*, **24** (Supplemento 1): S7-S18.
- [26] Röntgen, Wilhelm Conrad (1895) Über eine neue Art von Strahlen. *Sitzungsberichte der physikalisch-medizinische Gesellschaft zu Würzburg*, Jahrgang 1895: 132; Jahrgang 1896: 2-10.
- [27] Ròiti, Antonio (1896) Su alcune esperienze fotografiche eseguite all'Istituto di studi superiori di Firenze, per mezzo dei tubi di Crookes. *Atti della R. Accademia dei Lincei, s. 5. Rendiconti della classe di scienze fisiche matematiche e naturali*, **2** (1° semestre): 69.
- [28] Spiegel, Peter K. (1995) The first clinical X-ray made in America. *American Journal of Radiology*, **164**: 241-243.

FIGURE E DIDASCALIA DELLE FIGURE

Figura 1. L'apparecchiatura per la produzione di raggi X impiantata da W.C. Röntgen e ricostruita nel laboratorio di Fisica dell'Università di Würzburg con pezzi originali. Da sinistra: dinamo di Gramme, rocchetto di Ruhmkorff, tubo di Hittorf. Notare la protezione dell'operatore: un foglio di piombo e corsetto e maschera con solfato di bario (positivo ripreso da [13]).



Figura 2. Un tubo (o ampolla) di Hittorf del tipo utilizzato da Röntgen per le sue ricerche iniziali [open source].

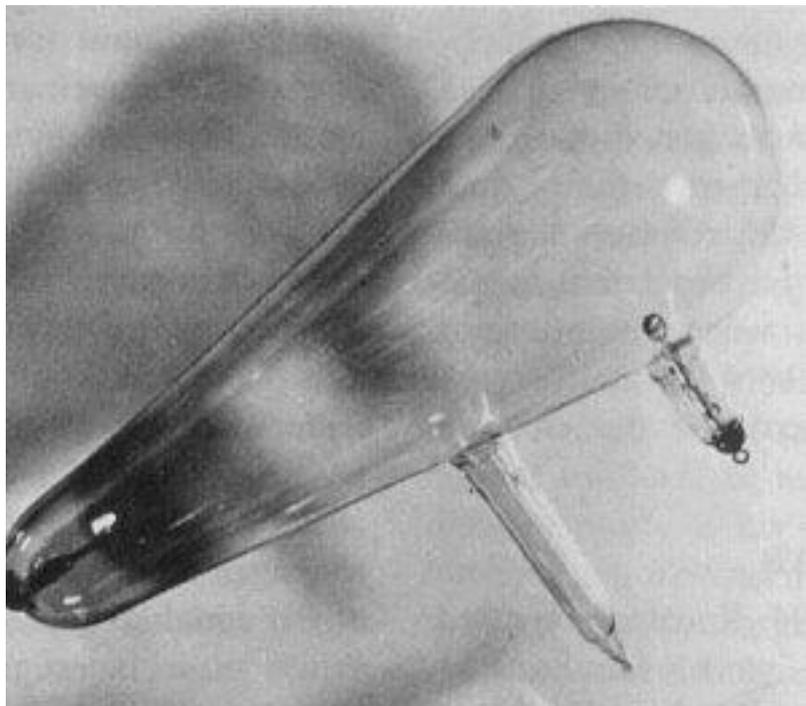


Figura 3. Dinamo a induzione del tipo sviluppato da Gramme usata da Röntgen [open source].

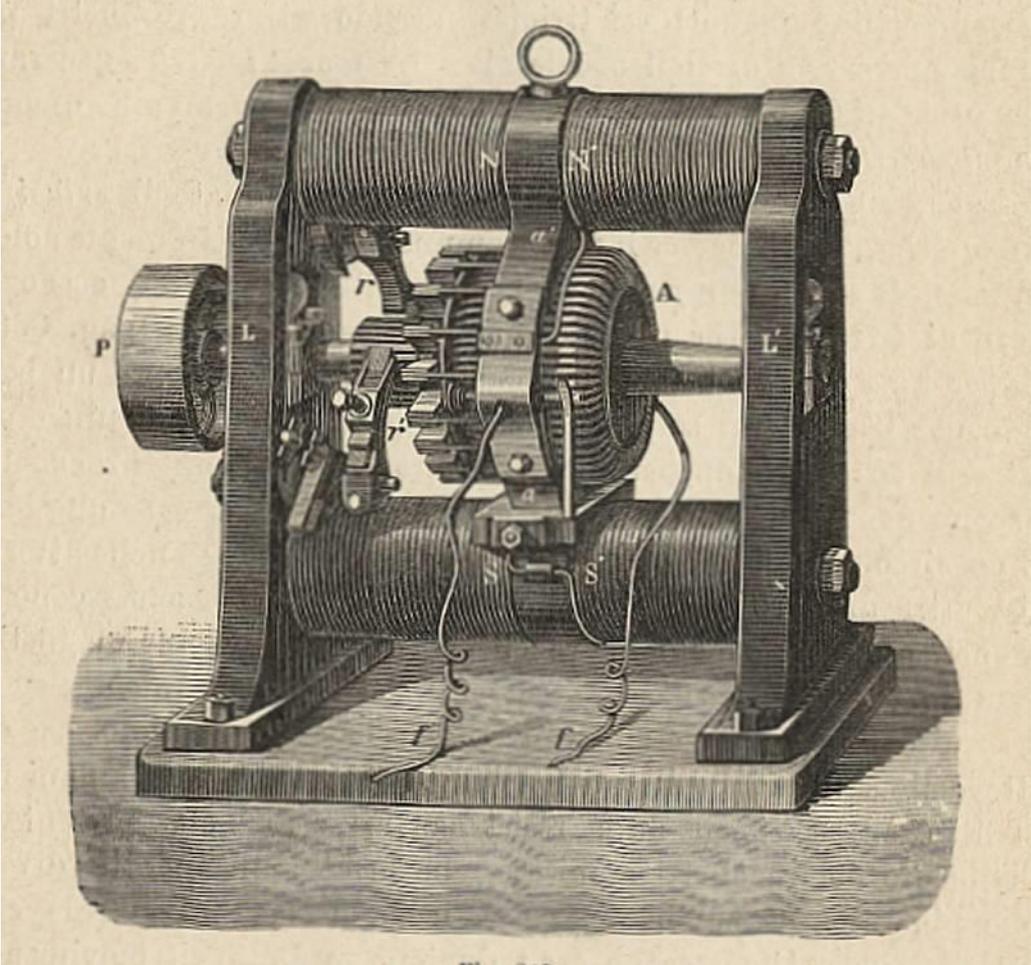


Figura 4. Rocchetto di Ruhmkorff per scintille da 35 cm del tipo usato da Röntgen [open source].

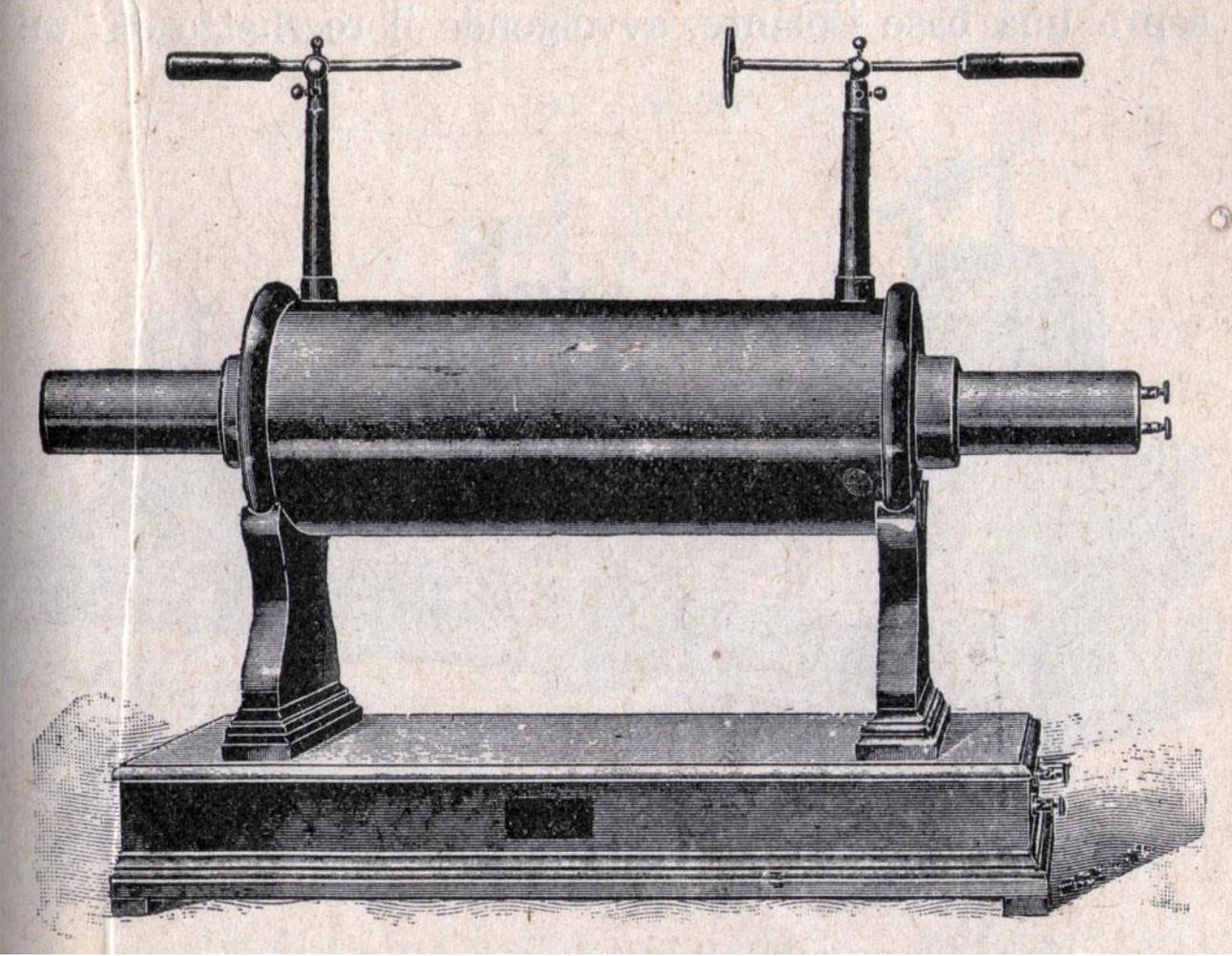


Figura 5. Una delle prime riprese fotografiche ai raggi X effettuate da Röntgen: una cassetta di legno chiusa con una pesiera di cui sono visibili i pesi metallici in scala (non datata, ma precedente al 28 dicembre 1895). [positivo ripreso da [13]].

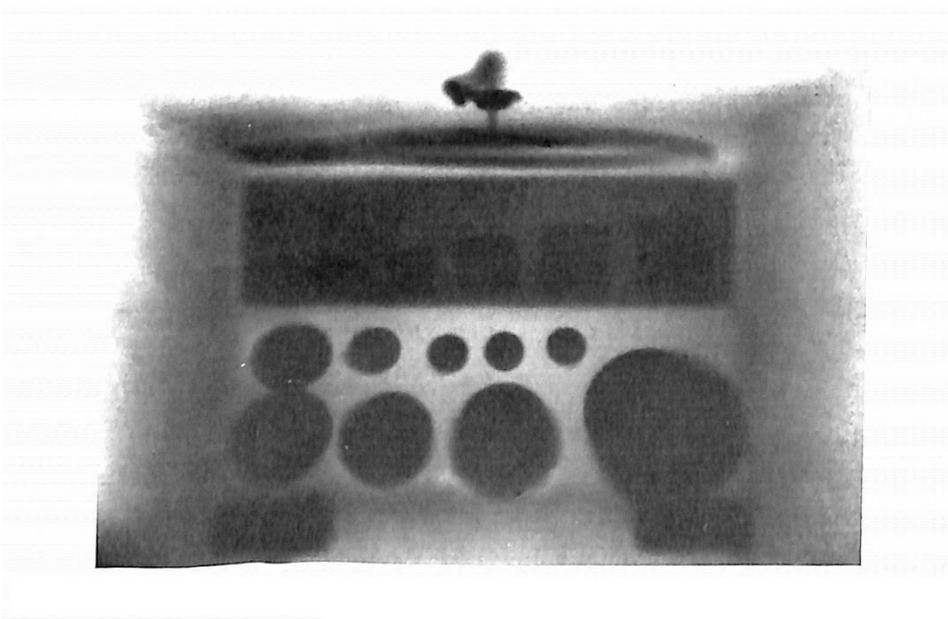


Figura 8. La radiografia della mano sinistra di Anna Berthe Röntgen Ludwig, ripresa il 22 dicembre 1895: sono visibili le ossa interne e, nero su un fondo di due diversi grigi, l'anello all'anulare (fotografia autenticata dall'università di Würzburg e a varie riprese distribuita ai colleghi da W.C. Röntgen). [open source]



Figura 7. Il manoscritto (a sinistra), la versione a stampa (in centro) e il frontespizio dell'estratto (a destra) della prima pubblicazione con cui il 28 dicembre 1895 W. C. Röntgen comunicava la scoperta della nuova radiazione (figura composita ripresa da [13]).

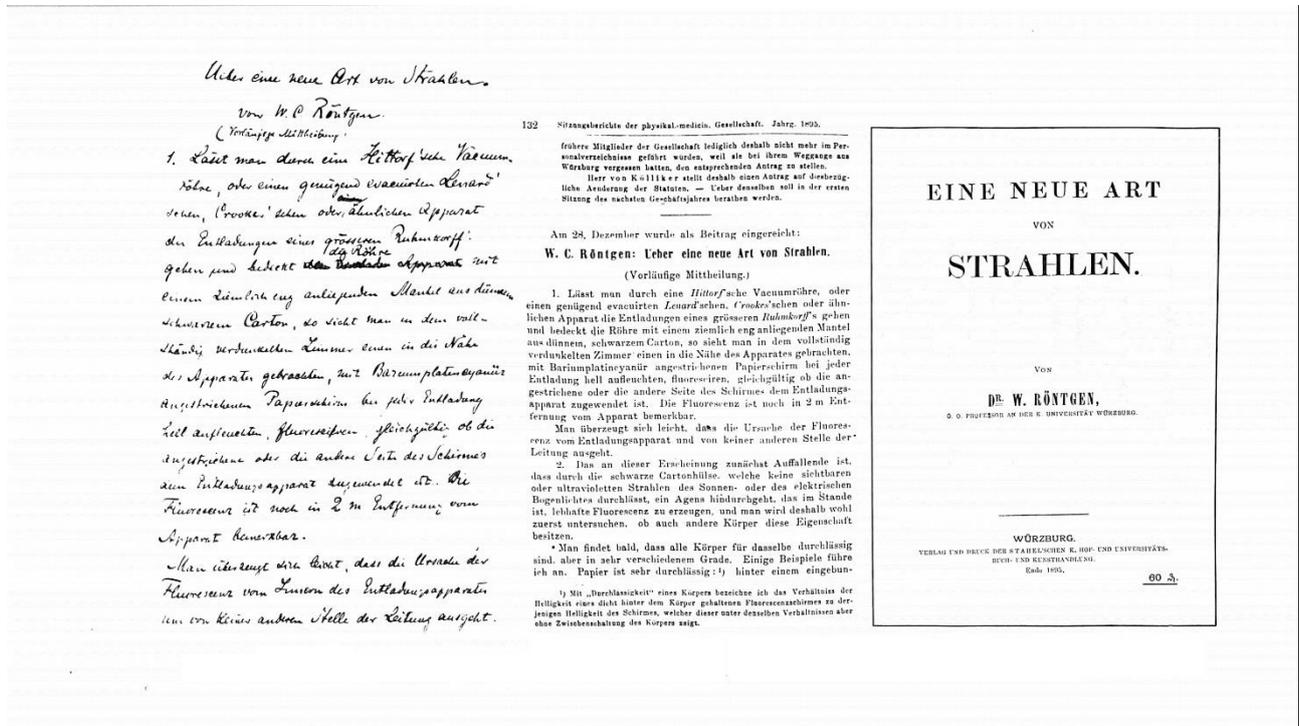


Figura 8. L'ulna fratturata in più punti ricomposta il 3 febbraio 1896 dal Prof. Edwin B. Frost al Dartmouth College di Hanover, New Hampshire, USA: prima operazione ortopedica guidata da un'immagine ai raggi X (radiografia in negativo ripresa da [28] Fig. 4 p. 243).



Figura 9. Il gruppo di Radiologia dell'ospedale del Dartmouth College al lavoro con l'apparecchiatura radiologica il 3 febbraio 1896. Da sinistra: il chirurgo operatore Prof. Edwin B. Frost, il paziente Eddie McCarthy, il fisico Dr. Gilman Frost e l'assistente Margaret Mead Frost (istantanea eseguita dal fotografo Henry H. Barrett, ripresa da [28], Fig. 3 p. 243).



Figura 10. Ricostruzione dell'attrezzatura radiologica militare italiana da campo modello 1904 "Ferrero di Castelleone" eseguita con pezzi originali nel Museo Storico Italiano della Guerra di Rovereto. In primo piano la branda da campo usata come lettino diagnostico.



Figura 11. Il tubo *focus*: tubo di Crookes modificato con l'inserimento di un anticatodo per concentrare e indirizzare il fascio di raggi X, entrato in uso nelle apparecchiature radiologiche militari durante la guerra 1915-18 e adottato, in particolare, nell'ambulanza radiologica modello Perussia [open source].

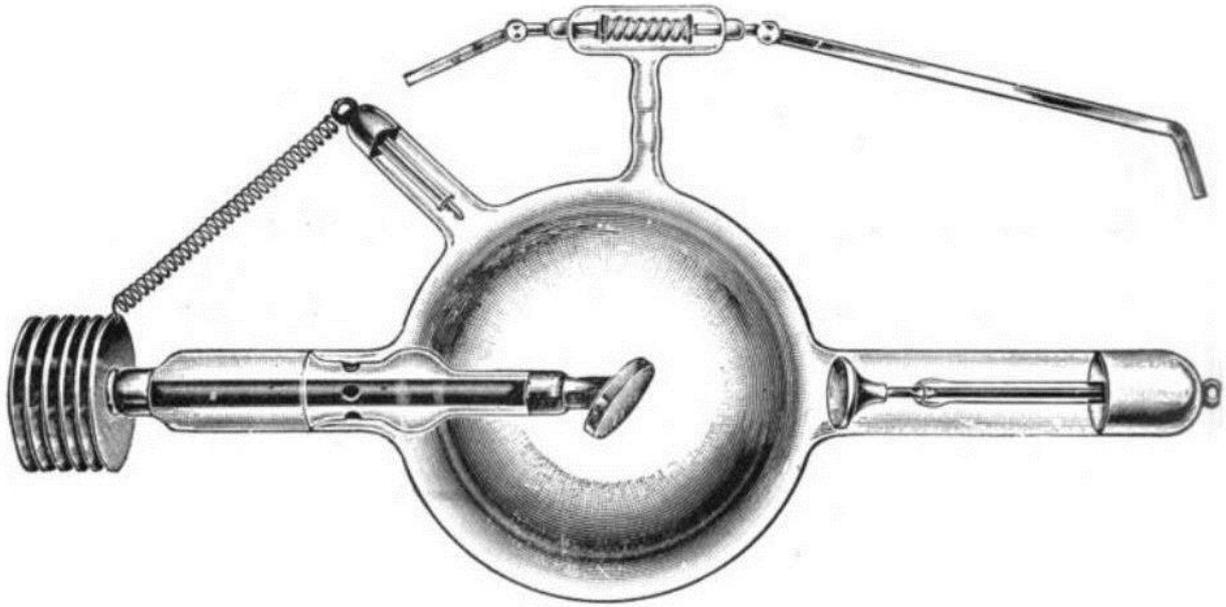


Figura 12. Ambulanza radiologica mobile modello Perussia, offerta dal luglio 1915 dalla Croce Rossa Italiana ad uso dell'esercito [open source].



Figura 13a. Lo sportellone posteriore dell'ambulanza aperto mostrante la disposizione dell'apparecchiatura radiologica durante il trasporto da un sito operativo a un altro [open source].

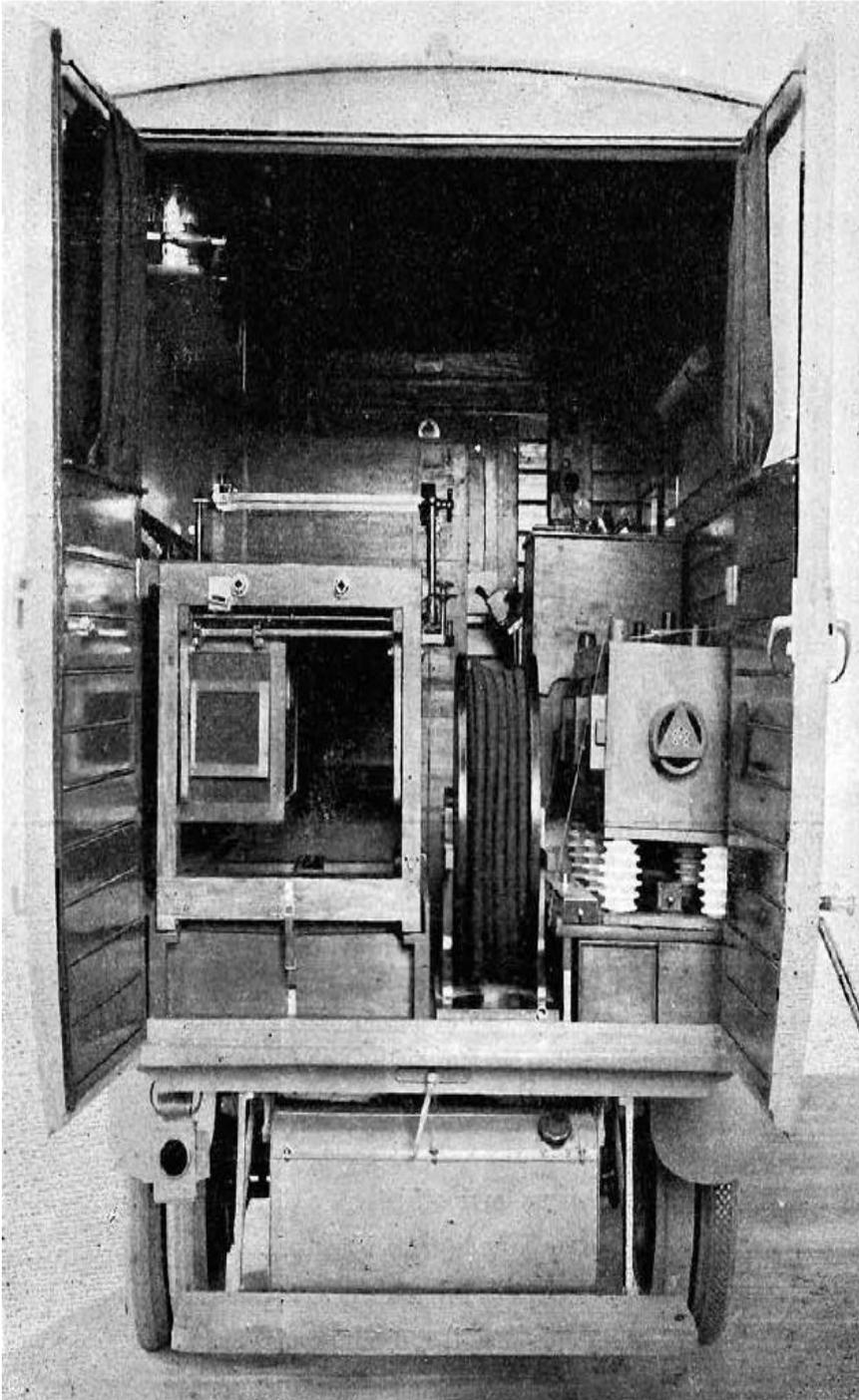


Figura 13b. L'apparecchiatura radiologica smontata ed esposta alla vista. Quando l'ambulanza è in zona d'operazione l'apparecchiatura è montata all'interno nel cassone svuotato dell'autovettura, che è oscurato con tendine e isolato alla luce per facilitare la radioscopia [open source].

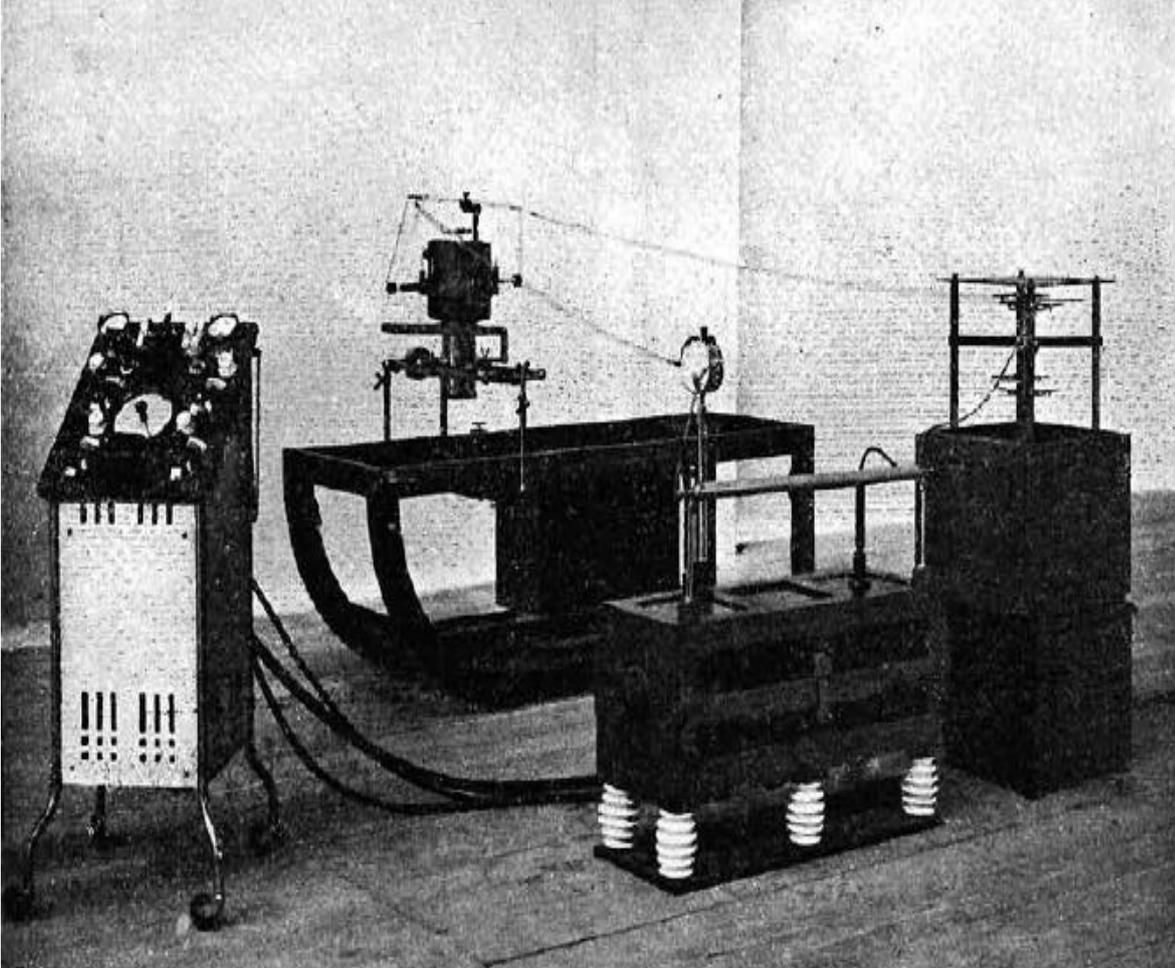


Figura 14. Parte dell'attrezzatura radiologica mobile modello "Ferrero di Castelleone" someggiata per il trasporto in zona di guerra in montagna [open source].

