

MARIO REGGIO, *L'apparecchio radiografico portatile tipo Ferrero di Cavallerleone adottato dal Regio Esercito italiano*, in «Annali / Museo storico italiano della guerra» (ISSN: 2723-9829), 12-13 (2004-2005), pp. 177-196.

Url: <https://heyjoe.fbk.eu/index.php/amusig>

Questo articolo è stato digitalizzato dal progetto ASTRA - *Archivio della storiografia trentina*, grazie al finanziamento della Fondazione Caritro (Bando Archivi 2021). ASTRA è un progetto della Biblioteca Fondazione Bruno Kessler, in collaborazione con Accademia Roveretana degli Agiati, Fondazione Museo storico del Trentino, FBK-Istituto Storico Italo-Germanico, Museo Storico Italiano della Guerra (Rovereto), e Società di Studi Trentini di Scienze Storiche. ASTRA rende disponibili le versioni elettroniche delle maggiori riviste storiche del Trentino, all'interno del portale [HeyJoe](#) - *History, Religion and Philosophy Journals Online Access*.

This article has been digitised within the project ASTRA - *Archivio della storiografia trentina* through the generous support of Fondazione Caritro (Bando Archivi 2021). ASTRA is a Bruno Kessler Foundation Library project, run jointly with Accademia Roveretana degli Agiati, Fondazione Museo storico del Trentino, FBK-Italian-German Historical Institute, the Italian War History Museum (Rovereto), and Società di Studi Trentini di Scienze Storiche. ASTRA aims to make the most important journals of (and on) the Trentino area available in a free-to-access online space on the [HeyJoe](#) - *History, Religion and Philosophy Journals Online Access* platform.

Nota copyright

Tutto il materiale contenuto nel sito [HeyJoe](#), compreso il presente PDF, è rilasciato sotto licenza [Creative Commons](#) Attribuzione–Non commerciale–Non opere derivate 4.0 Internazionale. Pertanto è possibile liberamente scaricare, stampare, fotocopiare e distribuire questo articolo e gli altri presenti nel sito, purché si attribuisca in maniera corretta la paternità dell’opera, non la si utilizzi per fini commerciali e non la si trasformi o modifichi.

Copyright notice

All materials on the [HeyJoe](#) website, including the present PDF file, are made available under a [Creative Commons](#) Attribution–NonCommercial–NoDerivatives 4.0 International License. You are free to download, print, copy, and share this file and any other on this website, as long as you give appropriate credit. You may not use this material for commercial purposes. If you remix, transform, or build upon the material, you may not distribute the modified material.



MARIO REGGIO

L'APPARECCHIO RADIOGRAFICO PORTATILE TIPO FERRERO DI CAVALLERLEONE ADOTTATO DAL REGIO ESERCITO ITALIANO

Presso le sale del Museo Storico Italiano della Guerra di Rovereto è stato opportunamente riservato un adeguato spazio ad un raro esemplare di impianto radiologico mobile militare della prima guerra mondiale. Questo impianto può ben definirsi raro, se non unico, sia per la particolarità del progetto, studiato per consentirne il trasporto a dorso di mulo, sia per la quasi totale integrità dei numerosi elementi che lo compongono e dei relativi accessori a corredo. Tutti gli elementi, compresa la camera oscura costituita da una tenda militare internamente rivestita da un telo nero a tenuta di luce, sono riponibili in bell'ordine in sei casse di legno appositamente costruite, ciascuna dotata di un corrispondente elenco di inventario incollato sul coperchio. Su ciascuna etichetta la scritta: «Emilio Balzarini, Milano. Fabbrica di Apparecchi Elettro-Medico-Chirurgici. Apparecchio radiografico portatile tipo Ferrero di Cavallerleone adottato dal R. Esercito italiano».

Una caratteristica particolare di questo impianto è che tutti i componenti di cui sia nota l'origine (e non c'è motivo di credere che ciò non valga per ogni altro singolo elemento), compresi i prodotti di consumo, lastre radiografiche e sostanze chimiche, sono di produzione italiana: la Balzarini e la Campostano per alcune componenti elettriche, la Cappelli per le lastre fotografiche. Oggi scomparse, e per lo più sconosciute, tutte le ditte citate sono di Milano, ma in quell'epoca erano note anche a livello europeo per la qualità dei loro prodotti. Pur se privo di qualsiasi contrassegno, non si può escludere che lo stesso tubo radiologico sia di produzione italiana, opera forse delle Officine Galileo di Firenze, oggi confluite in «Galileo Avionica», una delle più avanzate imprese europee dedicate alla realizzazione di sofisticate apparecchiature ottiche ed elettroniche per impiego militare e spaziale, che già in quell'epoca si occupavano della costruzione di apparecchiature scientifiche ottiche ed elettriche di elevata qualità e di forniture militari.

Probabilmente è proprio in merito ad un meticoloso progetto costruttivo che si deve l'elevato grado di conservazione di tutti i componenti dell'impianto, giunti in ottimo stato fino ai giorni nostri magari pronti ad essere rimessi in funzione.

ALLE ORIGINI DELLA RADIOLOGIA MILITARE

Per comprendere l'evolversi tumultuoso dei fatti che seguirono la scoperta dei raggi X, vale la pena di ricostruire una cronologia minima degli eventi che si succedettero in quel tempo.

Il giorno 8 di novembre del 1895, Wilhelm Conrad Röntgen, mentre sta conducendo ricerche sulla fisica delle scariche elettriche nei gas, utilizzando un tubo a gas residuo di Crookes, scopre gli effetti sorprendenti e misteriosi di un nuovo tipo di raggi, che egli chiamerà «X» dal tipico nome dell'incognita in matematica. Dopo una serie di prove e di indagini, non solo Röntgen si renderà conto di aver effettuato una scoperta affascinante, ma intuirà subito la sua enorme potenzialità in ambito medico, tanto è vero che la prima presentazione ufficiale della sua scoperta la farà il 28 dicembre 1895 con un rapporto preliminare al presidente della Società di Fisica Medica di Würzburg, la città presso la cui Università aveva vinto una cattedra per l'insegnamento della Fisica, allegando alla relazione la ormai storica radiografia della mano di sua moglie Bertha. Il giorno di capodanno 1896 invierà una relazione scritta anche all'estero, a numerosi colleghi. Il 5 gennaio la notizia della scoperta, oltrepassati i confini della Germania e dell'ambito accademico, esce su un giornale di Vienna, la «Neue Freie Presse». Di qui, tramite il telegrafo, la notizia rimbalza in tutto il mondo creando enorme scalpore ed entusiasmo anche tra la stampa più popolare, pur con qualche segno di diffidenza e scetticismo. Quando uscirà la prima pubblicazione ufficiale di Röntgen sul nuovo tipo di raggi, il 28 gennaio 1896, il mondo intero è già pervaso da una febbre frenetica sui possibili impieghi di questo nuovo tipo di raggi, in grado di rendere «trasparenti» le strutture interne del corpo umano intatto e di rivelare oggetti nascosti alla vista, situati all'interno di corpi opachi. Alcune radiografie conservate presso il Museo della Storia della Fisica dell'Università di Padova portano la data «16-18 gennaio 1896» e sono addirittura firmate col nome dell'autore, Giuseppe Vicentini, a testimonianza della meraviglia suscitata dalla nuova scoperta e della consapevolezza che si stava aprendo una nuova era scientifica. La velocità con cui in tutto il mondo si sperimentano e si applicano i nuovi raggi testimonia che la tecnologia per produrli era ampiamente disponibile nei laboratori di Fisica di tutto il mondo di allora.

Per la sua scoperta Röntgen riceverà nel 1901 il primo premio Nobel per la Fisica, ma non sfrutterà mai la sua invenzione sul piano economico, né la proteggerà con alcuna forma di brevetto, con la convinzione che essa fosse patrimonio della intera umanità.

Naturalmente le potenzialità dei raggi X non sfuggirono all'ambiente militare prussiano, che cominciò subito a studiarne le possibili applicazioni. Tuttavia, anche se forse è poco noto, è formalmente ed universalmente riconosciuto che noi italiani fummo i primi ad utilizzare esami radiologici in ambito militare¹. Il 1 marzo 1896, durante la guerra in Abissinia, le truppe italiane subirono ad Adua una disastrosa

sconfitta, ed i feriti che potevano essere trasportati furono inviati per mare all'Ospedale Militare di Napoli. Nel mese di maggio, a soli sei mesi dalla scoperta dei raggi X, il tenente colonnello medico Giuseppe Alvaro, dell'Ospedale Militare, eseguì con successo le prime radiografie su due militari che avevano le ossa degli avambracci fratturate da proiettili. Alvaro non si limitò ad effettuare le radiografie: ne fece oggetto di un resoconto che pubblicò su una rivista medica militare² fornendo una prospettiva profetica sulle possibilità della radiologia nell'individuare la posizione di corpi estranei nei tessuti del corpo umano e nell'esame di fratture o di altre malattie delle ossa.

Nella primavera del 1897 nei Balcani scoppiò una guerra che vide i Turchi contrapporsi ai Greci. Le grandi potenze europee si schierarono: la Germania a favore della Turchia, l'Inghilterra, la Russia e la Francia a favore della Grecia. Tutti gli alleati si premurarono di fornire ai belligeranti, oltre ad altri tipi di supporto, anche i più moderni mezzi sanitari. La Croce Rossa Germanica fornì un apparecchio radiologico all'Ospedale militare di Costantinopoli, mentre tra i mezzi forniti dalla Croce Rossa Inglese vi fu anche un apparecchio radiologico appositamente concepito per uso campale. Per la prima volta un apparecchio radiologico poteva essere utilizzato lontano dalle strutture fisse ospedaliere in prossimità delle prime linee, pronto ad intervenire su feriti che non potevano essere trasportati o non era opportuno allontanare³. Il problema della alimentazione elettrica, a quel tempo non ancora facilmente disponibile, fu superato mediante l'impiego di due batterie di accumulatori: mentre una era in uso al fronte, l'altra veniva ricaricata a bordo della nave HMS Rodney, alla fonda nel porto di Pireo.

La necessità di disporre di alimentazione elettrica costituiva una pesante limitazione alla mobilità degli apparecchi sul campo di battaglia, e i generatori elettrostatici, come i generatori di Wimshurst, che sarebbero stati autosufficienti e che in effetti furono utilizzati per produrre raggi X anche presso ambulatori medici in strutture pubbliche e private⁴, erano troppo ingombranti e delicati per essere trasportati, o anche semplicemente utilizzati in situazioni critiche.

Una possibile soluzione fu escogitata dal Chirurgo-Maggiore John C. Battersby durante la cosiddetta «Guerra del Fiume»⁵. Nel 1898 un'armata composta essenzialmente da soldati egiziani, ma al seguito di ufficiali inglesi ed equipaggiati con armi moderne, fu inviata dal Cairo per liberare il Sudan dall'aggressione di un gruppo fondamentalista islamico, i Mahdisti, che per dieci anni avevano imperversato in quel territorio. Tra gli equipaggiamenti inviati da Londra al seguito di quella spedizione, chiamata «Guerra del Fiume», vi fu anche un apparecchio a raggi X. Questo fu anche il primo esempio di apparecchio radiologico militare mobile ufficialmente pagato ed adottato dall'Esercito inglese⁶. Con quell'apparecchio, collocato ad Abadieh, in una capanna di fango essiccato posta sulle rive del Nilo, Battersby esaminò una sessantina di feriti⁷. Forte della esperienza negativa, a causa dei problemi incontrati dalle truppe inglesi in una precedente campagna ai confini dell'Afghanistan,

messe spesso in grosse difficoltà dalla necessità di mantenere in funzione i pesanti accumulatori in dotazione, Battersby utilizzò una bicicletta collegata ad una dinamo per ricaricare le batterie del suo apparecchio. All'azionamento della dinamo provvedevano due militari pedalando sulla bicicletta per parecchie ore, alternandosi continuamente tra loro; non potevano infatti resistere a pedalare per più di mezz'ora a causa del clima torrido, con temperature che oscillavano tra 40 e 50 °C all'ombra.

Sempre nel 1898, l'Esercito degli Stati Uniti d'America utilizzerà per la prima volta gli apparecchi radiologici durante la guerra Ispano-Americana, attrezzando almeno tre navi con apparecchi radiologici. Questi in realtà non troveranno grande impiego, poiché la causa principale di inabilità tra i soldati fu la febbre tifoide, più che le ferite in battaglia.

L'utilità militare degli apparecchi radiologici era comunque ormai indiscussa, e agli inizi della prima guerra mondiale tutti gli eserciti in campo erano dotati di numerosi impianti radiologici, fissi presso gli ospedali militari, ma anche mobili, da dislocare accanto alle linee di combattimento.

Una particolare menzione va riservata a Maria Sklodowska Curie, premio Nobel per la Fisica nel 1903 e per la chimica nel 1911: ufficialmente nominata «direttore del Servizio Radiologico della Croce Rossa Francese», agli inizi della prima guerra mondiale creò un servizio radiologico militare innovativo. Realizzò numerose unità radiologiche autotrasportate, che saranno chiamate «petites Curie» e che trovarono un primo impiego nel corso della battaglia della Marna. La produzione dell'alimentazione elettrica necessaria veniva assicurata mediante gruppi elettrogeni installati sulle vetture o per mezzo di dinamo appoggiate a terra e tenute in movimento dal motore stesso della macchina. Consapevole dei pericoli legati all'uso di raggi X da parte di persone non preparate, Maria Curie, oltre a studiare particolari dispositivi di protezione in piombo, nel 1914 istituì presso il suo Istituto del Radium delle scuole specifiche per il personale di assistenza ai medici radiologi, rivolgendo appelli anche alle giovani appartenenti alla migliore società francese. Coraggiosamente coadiuvata dalla figlia Irene, appena diciottenne e futuro premio Nobel per la chimica, che vincerà nel 1935, Maria Curie non disdegnò di recarsi tra i feriti in prima linea, prendendo la patente di guida e ponendosi personalmente al volante delle sue «petites Curie». Solo nel corso degli ultimi due anni di guerra furono eseguite più di un milione di radiografie⁸, senza contare le numerose riduzioni di fratture eseguite in scopia⁹ ed altri esami radioscopici non documentati.

L'APPARECCHIO RADIOLOGICO MOBILE TIPO FERRERO DI CAVALLERLEONE

Non si hanno molte notizie sulla storia e sulla provenienza di questo impianto. Così recita in maniera succinta, ma abbastanza efficace, la locandina che lo presenta ai visitatori:

L'attrezzatura qui esposta trovò impiego nelle immediate retrovie delle linee di combattimento italiane durante la guerra 1915-1918.

Essa fu costruita in più esemplari dalla ditta Balzarini di Milano e si articola, secondo i suggerimenti dell'epoca, in 6 casse da Soma previste per essere trasportate con due muli.

Una dinamo azionata a braccia ed un rottore a mercurio alimentano un rocchetto di trasformazione che a sua volta eroga la tensione necessaria per l'alimentazione di un tubo per raggi X a gas residuo privo di protezione anti-raggi X.

Il tubo radiogeno può essere fissato col suo braccio di supporto su uno stativo a tre piedi o direttamente posizionato da milite che lo regge su apposita asta.

Un criptoscopio a soffietto consente l'esame radioscopico del ferito in piena luce.

Il sistema prevede una cassa protetta da piombo per la conservazione delle lastre radiografiche e delle carte sensibili in dotazione.

In un'altra apposita cassa troviamo il necessario per lo sviluppo e l'illuminazione (a candela) della camera oscura, costituita da una tenda oscurata.

Come si è detto, la ditta Balzarini (Amministrazione: piazza S. Nazaro n.15; Stabilimento: via Carità n.18, C° Lodi, Milano) realizzò questo impianto appositamente per impiego militare su progetto Ferrero di Cavallerleone. A quell'epoca la ditta Balzarini era alquanto rinomata non solo nell'ambito delle apparecchiature elettromedicali, ma anche nel campo più vasto degli strumenti per ricerca scientifica, come testimoniano varie apparecchiature conservate in diversi musei universitari, come per esempio il rocchetto di Ruhmkorff conservato nel Museo del Dipartimento di Fisica dell'Università «La Sapienza di Roma». Questo rocchetto fu utilizzato per le sue ricerche da Orso Mario Corbino, l'ispiratore della Scuola di via Panisperna, fucina delle più grandi menti della fisica italiana e mondiale del secolo appena scorso, come Enrico Fermi ed Ettore Majorana. Un altro esemplare si trova presso il Laboratorio di Fisica e Museo degli strumenti scientifici dell'Università di Urbino. La ditta Balzarini fu anche fornitrice delle bobine di Ruhmkorff impiegate in impianti per telegrafia senza fili adottati dalla R. Marina Militare Italiana. Un esemplare di questi rocchetti si trova presso il Museo Tecnico Navale della Marina Militare di La Spezia.

A fianco delle esperienze francesi, americane e di altre nazioni, oggi questo apparecchio destinato al trasporto a dorso di mulo può forse far sorridere, ma è certo che questa sua caratteristica, oltre a non impedirgli di essere trasportato su camion come i suoi parenti stranieri, sicuramente gli consentiva di raggiungere zone che i suoi analoghi non avrebbero mai potuto magari neanche avvicinare. Sempre a questa sua caratteristica si deve la modularità della struttura che ne delinea l'intelligenza di concezione e che, come ho detto, ne ha probabilmente favorito la conservazione.

IL SISTEMA DI ALIMENTAZIONE ELETTRICA

Nel delineare gli albori degli impieghi militari della radiologia da campo sono chiaramente emersi i limiti imposti alla mobilità di queste apparecchiature, limiti legati soprattutto alla difficoltà di reperire l'energia elettrica necessaria al loro funzionamento. La totale dipendenza dalle batterie di alimentazione e la necessità di una loro continua ricarica creava spesso grossi problemi, e non di rado si doveva far ricorso ad una buona dose di ingegno per superare le difficoltà. Nel corso della guerra contro i Boeri (1899-1902), il luogotenente F. Bruce aveva in dotazione un apparecchio come quello che Battersby aveva utilizzato ad Abadieh, completo di dinamo ma senza bicicletta. Durante l'assedio della città di Ladysmith da parte delle truppe boere, le batterie di alimentazione dell'apparecchio radiologico di Bruce si erano scaricate e l'impianto radiologico era inutilizzabile. Il luogotenente si rivolse allora ad un mugnaio che gestiva un mulino per il grano, situato accanto alla sala raggi improvvisata all'interno del municipio della città: collegando una grossa dinamo al mulino, che era in funzione 24 ore su 24, ottenne non solo l'energia per le batterie di accumulatori, ma anche l'illuminazione elettrica notturna per la sala operatoria.

Naturalmente non sempre si può disporre di un mulino nelle vicinanze, e così si cercarono altre soluzioni. Pur restando in uso per qualche tempo, l'idea di Battersby, con la dinamo azionata da una bicicletta non ebbe molto seguito, e già nel corso della guerra Anglo-Boera gli impianti radiologici saranno alla fine dotati di dinamo azionate da piccoli motori da motocicletta, mentre durante la guerra Russo-Giapponese in Manciuria, nel 1905, faranno la comparsa apparecchi radiologici alimentati per mezzo di dinamo azionate a mano¹⁰.

Quest'ultima sarà anche la soluzione adottata dalla ditta Balzarini per il suo apparecchio portatile, che utilizzava una fonte di energia sempre a portata di mano, «autotrasportabile», che raramente dava problemi, in ogni caso facilmente sostituibile: la forza delle braccia di un soldato. Tutte proprietà che mancavano al più sofisticato dei motori a scoppio.

L'idea della dinamo azionata a braccia può sembrare ingenua, ma in realtà abbiamo visto come abbia impiegato un certo tempo a farsi strada. Anche la realizzazione potrebbe sembrare semplice, ma in realtà fu attuata ottimizzando tutte le risorse tecniche, dalle più semplici alle più complesse a quel tempo disponibili: a partire dalle grandi manovelle, adatte ad essere azionate con due mani, e con un braccio di leva abbastanza lungo da fornire il massimo di coppia di forze senza intralciare i movimenti. La rotazione veniva trasmessa alla dinamo con un doppio sistema di ingranaggi e di catene che ne moltiplicava la velocità di rotazione per aumentarne la tensione prodotta; quest'ultima veniva stabilizzata con un pesante volano che aveva una funzione analoga a quella oggi svolta dagli attuali stabilizzatori di corrente. La stabilizzazione della rotazione era resa necessaria anche dal fatto che in questo impianto non erano utilizzate le pesanti ed ingombranti batterie di accumulatori, che

forniscono una tensione costante (almeno finché gli accumulatori sono carichi ...): la fonte primaria di energia elettrica era costituita unicamente dalla dinamo, il cui rendimento dipendeva appunto dalla velocità di rotazione. È possibile poi che questa dinamo fosse stata appositamente progettata per questo impianto: la disposizione delle spazzole (o carboni) a «V» è infatti inconsueta, e richiede un rotore specificatamente congegnato: non è da escludere che con questa particolare soluzione si volesse facilitare la sostituzione delle spazzole, anche se queste sono comunque bene accessibili dal lato ribaltabile della cassa che contiene la dinamo. Altrettanto inconsueta è la modalità di fissaggio dei carboni, che sono assicurati mediante viti in posizione decentrata rispetto ad un asse attorno al quale ruotavano man mano che si consumavano; vagamente, per dare un'idea, come il braccio di un giradischi.

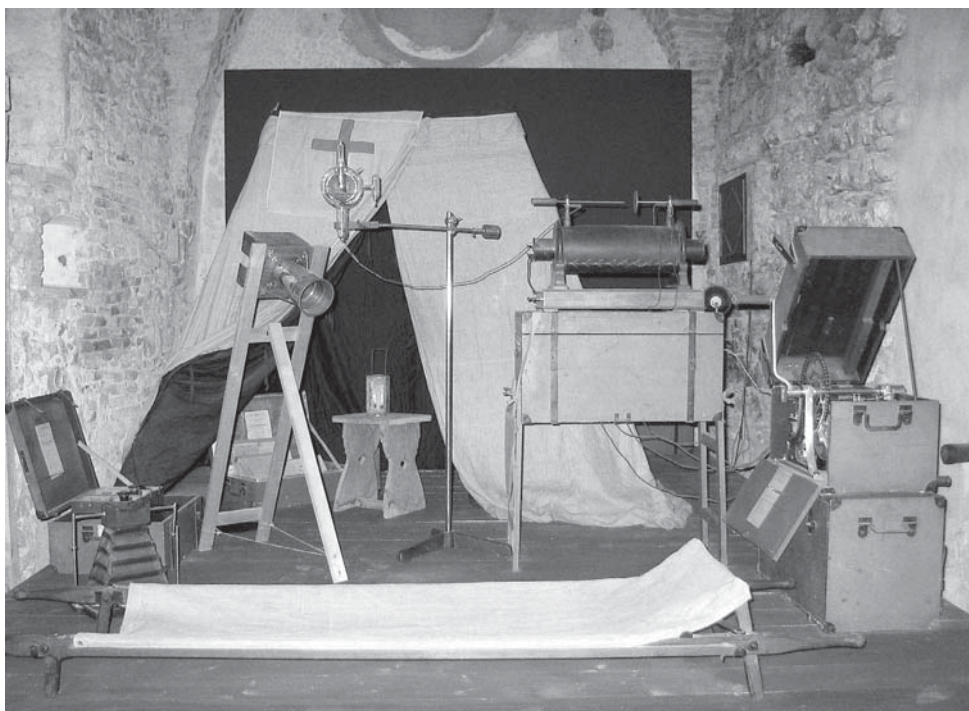
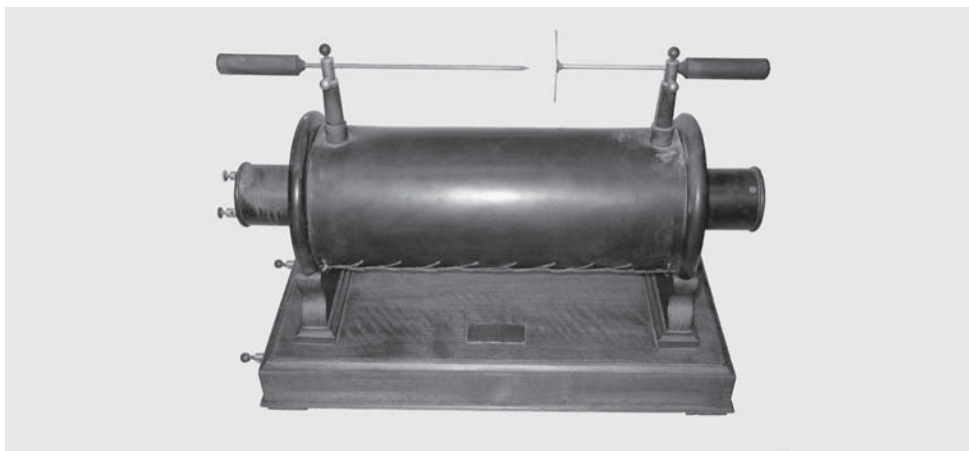
Direttamente collegata a questa dinamo era disponibile una lampada elettrica con impugnatura in legno, sicuramente destinata ad illuminare il campo operatorio, nel caso in cui si dovessero eseguire esami radiologici su feriti in scarse condizioni di illuminazione naturale, ma forse anche in caso di una eventuale urgenza chirurgica notturna.

Alla dinamo, a sottolinearne l'importanza e il ruolo primario, era stata riservata la cassa n.1, al cui interno trovano alloggiamento, oltre alla lampada di cui sopra, anche altri due componenti: un interruttore a mercurio e un piccolo serbatoio metallico con petrolio. L'interruttore, che d'ora in avanti chiameremo «ruttore», si presenta come un piccolo cilindro metallico con un albero azionato da pulegge collegate con l'asse della dinamo.

Il ruttore era un componente fondamentale di questi impianti di alimentazione: la tensione fornita sia dalle batterie di accumulatori sia dalle dinamo era di tipo continuo, e non superava l'ordine di circa un centinaio di Volt, mentre la tensione necessaria per produrre i raggi X era (ed è) dell'ordine di decine di migliaia di Volt. Per ottenere tensioni così elevate, a partire da sorgenti elettriche a bassa tensione, era in uso già da tempo un dispositivo diffusissimo presso i laboratori di fisica: il rocchetto o bobina di Ruhmkorff, dal nome del suo inventore che lo aveva brevettato a Parigi nel 1851. Il rocchetto di Ruhmkorff, come i suoi diretti discendenti, i trasformatori elettrici, non può funzionare con tensioni continue e richiede tensioni variabili, di tipo pulsante o alternato: ai nostri giorni la corrente alternata è disponibile dovunque, ma a quel tempo le fonti di energia elettrica maggiormente disponibili erano di tipo continuo. Furono pertanto escogitati vari dispositivi, chiamati appunto ruttori, per trasformare ad andamento intermittente la tensione continua disponibile.

La struttura di un rocchetto di Ruhmkorff si può distinguere in tre componenti principali:

- a) Il «nucleo», costituito da un fascio cilindrico di fili di ferro dolce verniciati singolarmente con vernici isolanti per impedire dispersioni di energia dovute ad effetti secondari noti con il nome di «correnti parassite».
- b) L'avvolgimento primario, o più brevemente il «primario», costituito da un certo



L'apparecchio radiologico mobile tipo Ferrero di Cavallerleone (Museo della Guerra). Nel particolare, il rocchetto.

numero di spire di filo di rame isolato e relativamente grosso, avvolte attorno al nucleo.

- c) L'avvolgimento secondario, o semplicemente il «secondario», costituito da un numero molto elevato di spire di filo di rame sottilissimo ed isolato, lungo anche diverse decine di chilometri, avvolte attorno all'avvolgimento primario.

I principi fisici che stanno alla base del suo funzionamento possono essere così sintetizzati. La corrente pulsante che alimenta il circuito primario genera un campo magnetico variabile, intensificato dalla presenza del nucleo. Il campo magnetico variabile agisce sulle spire del circuito secondario dando origine ad una forza elettromotrice indotta (f.e.m.). Il valore di questa forza elettromotrice, o tensione, dipende dal rapporto tra il numero delle spire del secondario e il numero delle spire del primario e dalla velocità di variazione del campo magnetico. Quanto più elevato è il valore del rapporto tra il numero delle spire (detto anche rapporto di trasformazione) tanto più elevata è la tensione disponibile al secondario. Lo stesso si dica per la velocità di variazione del campo magnetico: oltre che al rapporto di trasformazione, la tensione disponibile al secondario è proporzionale a questa velocità. Il rapporto tra il numero di spire è una costante fissata al momento della costruzione del rocchetto, le cui dimensioni saranno tanto maggiori quanto maggiore sarà il rapporto di trasformazione, ma la velocità della variazione del campo magnetico nel rocchetto dipende dalle caratteristiche del ruttore.

Molti sforzi furono pertanto concentrati sulla realizzazione di ruttori in grado di produrre correnti pulsanti con frequenza sempre maggiore e con velocità di interruzione sempre più rapida. Le soluzioni proposte in quel tempo furono numerosissime e più o meno complicate.

Il ruttore adottato nel nostro caso era di tipo «Campostano»¹¹, dal nome della ditta che lo aveva progettato. La G. Campostano era una fabbrica di apparati elettrici con sede a Milano (via Cesare Cantù, 2), che produceva anche piccoli rocchetti di Ruhmkorff, uno dei quali, risalente al 1915, si trova al Museo del Dipartimento di Fisica – CNR – dell'Università di Catania.

Questo ruttore tipo «Campostano» è composto essenzialmente da due elettrodi posti in un contenitore cilindrico, in fondo al quale viene deposto un certo volume di mercurio: il primo di questi elettrodi è una semplice asta metallica lunga abbastanza da avere un'estremità immersa nel mercurio, il secondo è costituito da una specie di elica a due pale in rotazione su un piano verticale, posta ad una altezza tale che solo in alcune posizioni le pale si immergono nel mercurio depositato sul fondo. L'insieme assume una forma molto simile a quella di un piccolo motore fuoribordo, il cui movimento è assicurato da una serie di cinghie e pulegge collegate all'albero del rotore della dinamo. Il dispositivo, interposto tra la dinamo e il rocchetto di Ruhmkorff, è quindi un interruttore, che con il movimento delle palette rotanti apre e chiude il circuito attraverso il mercurio in cui è immerso l'elettrodo fisso, fornendo al rocchetto la necessaria alimentazione pulsante.

La rapida e frequente interruzione di corrente origina però effetti secondari indesiderati: a causa di fenomeni elettromagnetici di auto-induzione (extra-correnti di apertura e di chiusura) si generano forti scariche elettriche tra le estremità delle palette rotanti e la superficie del mercurio. Queste scariche diminuiscono l'efficienza del rocchetto, sia diminuendo la velocità di interruzione della corrente, sia riducendo la qualità del contatto tra le palette e il mercurio a causa di una rapida ossidazione della superficie del mercurio stesso.

Un rimedio a questo inconveniente fu l'aggiunta di uno spesso strato isolante di alcool o di petrolio sopra la superficie del mercurio: in questo modo si assicurava ad un tempo la pulizia degli elettrodi e del mercurio, e si smorzava altresì rapidamente l'insorgere di scariche dovute alle extra-correnti. Ecco quindi spiegata la presenza del piccolo serbatoio di petrolio posto accanto al ruttore all'interno della cassa n.1.

Sempre con lo scopo di ridurre al minimo la durata delle extra-correnti di apertura e chiusura, nel 1853 Hippolite Fizeau aveva introdotto l'impiego di un condensatore elettrico da collegare ai capi del ruttore. Quasi subito il condensatore assunse la forma di una serie di rettangoli di stagnola, separati da un materiale isolante, costituito da seta o carta impregnate di cera o da sottili cristalli di mica. I fogli metallici di ordine pari venivano collegati tra loro e così pure i fogli di ordine dispari: i fogli metallici costituiscono in questo modo le armature di un condensatore a superfici piane e parallele, la cui efficacia nella riduzione delle scariche elettriche ai contatti del ruttore è tanto maggiore quanto maggiore è la sua capacità. Siccome quest'ultima è direttamente proporzionale alla superficie complessiva delle armature (e inversamente proporzionale allo spessore del materiale isolante, oltre a dipendere dalla natura di quest'ultimo), il condensatore venne ad assumere dimensioni tali da trovare naturale, e pratica, collocazione nel basamento del rocchetto di Ruhmkorff. Qui si trova effettivamente anche nel nostro caso: dopo aver aperto il basamento, si è potuto constatare che il condensatore è stato abbastanza recentemente restaurato; una etichetta al suo interno porta la scritta «revisionato da Osvaldo Pezzi nel 1982».

All'uscita dell'alta tensione, quindi ai capi del secondario, fissato sulla sommità del rocchetto e diretto lungo il suo asse, si trova un altro particolare componente, necessario a completare il sistema di alimentazione elettrica: lo spinterometro. Esso è costituito da due aste cilindriche coassiali fissate su supporti scorrevoli che consentono di variare la distanza tra le estremità affacciate; un'asta ha l'estremità appuntita e l'altra è dotata di un piattello circolare posto ortogonalmente ad una certa distanza di fronte alla punta dell'altro elettrodo. Questo dispositivo realizza sostanzialmente il duplice scopo di verificare il funzionamento del rocchetto e di misurare l'alta tensione prodotta. Quando infatti si alimenta il rocchetto attivando il processo di produzione dell'alta tensione, se la distanza tra gli elettrodi dello spinterometro lo consente, tra la punta e il piattello si produce una scarica elettrica. In base alla distanza massima alla quale si innesca la scarica elettrica si può valutare (sia pure grossolanamente) il valore dell'alta tensione generata dal rocchetto. Non essendo

allora disponibili altri dispositivi che unissero uguali caratteristiche di semplicità e robustezza, era consuetudine esprimere la «potenza» di un rocchetto di Ruhmkorff in funzione della lunghezza delle scariche elettriche che esso poteva produrre alle estremità di uno spinterometro. Come è riportato nell'etichetta all'interno della cassa n. 2, che lo conteneva, questo rocchetto era in grado di produrre scariche lunghe 35 cm. Una prestazione di tutto rispetto. In realtà quella che allora veniva spesso, ma impropriamente, chiamata misura della «potenza» era una misura dell'alta tensione: indicativamente si può dedurre che la tensione massima prodotta nel nostro caso doveva essere di circa 40.000 Volt¹².

IL TUBO DI CROOKES

Negli impianti radiologici attuali, la produzione dei raggi X avviene impiegando esclusivamente tubi radiologici di tipo Coolidge. Questi tubi, inventati nel 1913, ma che tardarono un po' ad affermarsi, sono generalmente costituiti da una ampolla di vetro in cui viene prodotto un vuoto estremamente spinto, dell'ordine del milionesimo di torr (millimetro di mercurio). All'interno dell'ampolla si trovano due elettrodi: uno detto catodo (o filamento, o spirulina, dalla sua forma, simile ad una piccola molla spirale) e l'altro detto anodo (o, talvolta, anticatodo). Il filamento viene alimentato con una corrente a basso voltaggio ed alta intensità, per portarlo ad alta temperatura, e tra il filamento e l'anodo viene applicata una differenza di potenziale di molte decine di migliaia di Volt. Nei tubi impiegati nella radiologia tradizionale (ad eccezione di quelli impiegati in mammografia, dove la differenza di potenziale applicata è poco superiore a 20.000 V) le tensioni utilizzate sono comprese tra 50.000 e 150.000 V. Gli elettroni, liberati dal filamento per effetto termoionico, vengono fortemente accelerati dalla elevata tensione positiva applicata all'anodo, e, nell'impatto con quest'ultimo, a causa della brusca decelerazione subita, producono raggi X detti di «frenamento».

All'epoca in cui Röntgen fece la sua scoperta, erano invece molto diffusi nei laboratori di Fisica i tubi di Crookes (dal nome fisico inglese sir William Crookes che li inventò nel 1870) che venivano utilizzati in numerose ricerche riguardanti le scariche elettriche nei gas rarefatti. Molte attuali conoscenze fisiche sono fortemente debitorie nei confronti di quelle ricerche: oltre a portare alla scoperta dei raggi X, molte cose che oggi conosciamo sulle proprietà degli atomi e della materia le dobbiamo ai numerosi esperimenti compiuti con i tubi di Crookes, o con dispositivi molto simili.

Nella prima forma, quella che Röntgen utilizzò in quel famoso mese di novembre 1895, il tubo di Crookes era costituito da una ampolla di vetro con la forma di una grossa pera. La pressione del gas residuo al suo interno era dell'ordine del millesimo di torr (quindi, per quanto bassa, mille volte superiore a quella presente negli

attuali tubi di Coolidge); sul lato più stretto, quello del «picciolo» per intendersi, si trovava un elettrodo carico negativamente (il catodo), mentre sul lato opposto, su un fianco, a 90 gradi, era collocato un secondo elettrodo (l'anodo) al quale veniva applicata una tensione positiva. Sotto ponendo gli elettrodi a differenze di potenziale di qualche decina di migliaia di Volt, all'interno del tubo si generavano vari fenomeni luminosi (fluorescenze), che variavano al mutare della pressione residua e della tensione applicata. Questi fenomeni erano alquanto appariscenti e affascinavano i fisici di quell'epoca, che, ben inteso, non si limitavano però alla loro semplice osservazione, ma se ne servivano per compiere numerosi studi ed esperimenti.

In questo primissimo tipo di tubo, l'elevata differenza di potenziale applicata tra anodo e catodo, sfruttando iniziali ionizzazioni prodotte dalla radiazione cosmica (allora non conosciuta), accelerava gli elettroni così liberati, provocando la ionizzazione a cascata del gas residuo, con i conseguenti fenomeni di fluorescenza, generando all'interno del tubo una tipica scarica elettrica che rendeva il gas conduttore di elettricità. Nell'urto degli elettroni accelerati contro le pareti del tubo, dal lato dell'anodo, si producevano i raggi X di frenamento. Le alte tensioni necessarie erano generalmente prodotte utilizzando rocchetti di Ruhmkorff, alimentati a batteria, oppure impiegando macchine elettrostatiche di Wimshurst, cui si è già accennato, che erano azionate a mano e non necessitavano di altre fonti energetiche.

I tubi di Crookes impiegati per produrre raggi X subirono molteplici evoluzioni, tra queste possiamo citare quelle più importanti, che troviamo anche nel tubo di Crookes utilizzato nell'impianto radiologico militare di Rovereto:

- a) Ampolla di forma sferica (comparsa fin dai primi tempi della storia dei raggi X).
- b) Catodo in alluminio a coppa concava, tipo «focus» per focalizzare gli elettroni sull'anodo migliorando le condizioni geometriche di emissione dei raggi X. Proposto dal fisico Herbert Jackson nel 1896, era già stato adottato alcuni anni prima dallo stesso inventore che lo aveva utilizzato con questa forma per altri tipi di ricerche.
- c) Anodo ad alto numero atomico, sotto forma di una placchetta di platino o di tungsteno inserita su un supporto cilindrico in rame per disperdere meglio il calore sviluppato in conseguenza degli urti degli elettroni. I raggi X di frenamento infatti vengono prodotti molto più efficacemente in materiali ad elevato numero atomico. Il bersaglio doveva avere inoltre una elevata temperatura di fusione, a causa del grande calore sviluppato dagli urti elettronici. In un primo tempo fu adottato il platino, successivamente sostituito dal meno costoso tungsteno (utilizzato ancora ai nostri giorni per costruire gli anodi dei tubi di Coolidge).

Merita un discorso a parte un particolare accessorio presente su questo tubo e costituito da una ampollina cilindrica in vetro ricavata su un lato del tubo stesso e in comunicazione con esso. In questa ampollina è ben visibile un elettrodo cilindrico, con asse parallelo all'asse del tubo, che sorregge su un piano ortogonale due piccoli

dischi di mica, il cristallo naturale sfaldabile in fogli e dotato di grandi proprietà di isolamento elettrico e di resistenza termica. All'altra estremità di questo elettrodo, all'esterno dell'ampolla, è collegata una caratteristica astina metallica con una punta all'estremo libero posta ad una distanza regolabile dal contatto esterno del catodo. Questo dispositivo costituisce uno dei tanti artifici escogitati a quel tempo per regolare automaticamente la pressione del gas all'interno del tubo.

Con l'uso, infatti, la pressione del gas all'interno del tubo di Crookes può diminuire in maniera importante. In conseguenza di ciò, essendo più rari gli atomi di gas disponibili, gli elettroni accelerati dal campo elettrico producono meno ionizzazioni secondarie e raggiungono velocità più elevate al momento dell'impatto con l'anodo. Il risultato finale è che si producono fotoni X ad energia più elevata, ma in quantità molto minore: per produrre immagini radiografiche leggibili si deve aumentare eccessivamente il tempo di esposizione, ma, in ogni caso, nell'immagine finale le strutture anatomiche presentano tra loro un minore contrasto, rendendo più difficile distinguerle. Alla fine il tubo diviene inutilizzabile.

Per ovviare a questo inconveniente furono escogitati numerosi sistemi: in alcuni casi, come nel nostro, l'intervento era automatico, in altri occorreva l'intervento dell'operatore. Il momento di intervenire era dedotto dalle condizioni di fluorescenza del gas all'interno del tubo, e questo probabilmente è il motivo principale che impediva di racchiudere il tubo stesso in un involucro schermato, pur essendo già noti i pericolosissimi effetti delle radiazioni X sugli organismi viventi.

Il ruolo delle diverse componenti del regolatore automatico della pressione nel nostro caso può essere sintetizzato nelle seguenti fasi:

- a) Il gas all'interno del tubo diventa sempre più rarefatto, l'efficienza di produzione dei raggi X diminuisce e la resistenza al passaggio della corrente elettrica aumenta.
- b) Tra il catodo e l'asta mobile del regolatore si innesca una scarica elettrica: la corrente passa attraverso l'elettrodo dell'ampolla esterna, provocando il surriscaldamento dei dischi di mica.
- c) I dischi di mica sono impregnati di sostanze chimiche, che, per effetto del calore liberano gas all'interno dell'ampolla ripristinando la pressione all'interno del tubo.
- d) La corrente elettrica riprende il suo corso, riattivando la scarica nel gas tra catodo ed anodo e ricreando le condizioni richieste per il corretto funzionamento del tubo.

Il momento dell'innesco del fenomeno dipende dalla distanza tra la punta mobile del regolatore e il punto di collegamento dell'alta tensione al catodo: in questo modo l'operatore può variare a sua discrezione la pressione interna al tubo registrando l'efficienza di produzione dei raggi X, ma anche e soprattutto la loro energia e capacità di penetrazione.

L'osservazione dei fenomeni di fluorescenza che si manifestavano all'interno del tubo rappresentava pertanto una preziosa ed insostituibile fonte di informazioni per l'operatore¹³. Se infatti il tubo non emetteva nessuna fluorescenza, ma al suo esterno

si manifestavano numerose scariche elettriche, ciò significava che il vuoto nel tubo era troppo spinto perché potesse emettere raggi. Viceversa se all'interno del tubo si osservava una debole fluorescenza luminosa estesa a tutta l'ampolla ciò significava che la pressione era salita troppo, probabilmente a causa di qualche fessurazione sulle pareti di vetro: anche in questo caso non si producevano raggi e probabilmente il tubo era inutilizzabile. Il tubo stava invece funzionando correttamente quando la fluorescenza interessava la metà dell'ampolla da cui usciva il fascio di raggi X. Dalla intensità della fluorescenza si poteva individuare la condizione di pressione maggiore o minore, per cui, intervenendo sulla posizione dell'asta del regolatore automatico di pressione, si potevano ottenere raggi più o meno penetranti, a seconda delle necessità. Qualsiasi tipo di involucro che avesse occultato la vista del tubo avrebbe quindi ostacolato la possibilità di controllare le sue condizioni di funzionamento.

Nonostante la comparsa dei tubi di Coolidge, dotati di superiori caratteristiche di stabilità ed efficienza, i tubi di Crookes continueranno a rimanere in uso per qualche decennio ancora, e le due modalità di produzione dei raggi X si troveranno a convivere per qualche tempo nella pratica radiologica¹⁴.

I PRINCIPALI ACCESSORI

I raggi X sono radiazioni elettromagnetiche come le onde radio e le onde luminose, ma con la differenza di possedere una lunghezza d'onda molto piccola. Questa caratteristica fa sì che siano dotati di caratteristiche particolari, oltre a quella di attraversare i corpi opachi: la loro energia è così elevata che possono ionizzare atomi e distruggere i legami tra molecole. Se questa particolarità li può rendere utili nella cura di gravi patologie, li rende anche estremamente pericolosi per gli organismi viventi, se non vengono opportunamente tenuti sotto controllo. La loro pericolosità è aumentata enormemente dal fatto che sono incolori, inodori e insapori, e i gravissimi danni che producono sono spesso percepibili solo a distanza di anni dalla esposizione alla loro energia.

Essendo in sé invisibili, per poterli osservare è necessario ricorrere a qualche dispositivo che li renda percepibili alla nostra vista: Röntgen infatti li scoprì solo grazie alla loro azione su uno schermo di platinocianuro di bario. L'azione dei raggi X su determinate sostanze, come appunto il platinocianuro di bario, fa sì che esse emettano luce per fluorescenza, e quindi la scoperta delle proprietà dei raggi X è stata resa possibile solo grazie alla loro interazione con lo schermo fluorescente su cui essi avevano agito illuminandolo dopo aver attraversato la mano di Röntgen.

Un altro modo per visualizzare l'effetto dei raggi X, sempre scoperto da Röntgen, consisteva nell'impiego di emulsioni fotografiche, sotto forma di carte o di lastre in vetro ricoperte di sostanze fotosensibili, sulle quali era già noto l'effetto della luce visibile e che erano già largamente impiegate in fotografia.

Queste due modalità di visualizzazione sono alla base dei due principali rami della radiologia diagnostica: la radioscopia, con immagini visibili in tempo reale e con la possibilità di visualizzare organi in movimento, come cuore e polmoni, e la radiografia, con la possibilità di fissare immagini permanenti e riutilizzabili per futuri confronti o per documentazione.

Il grande problema della radioscopia diretta, in uso fino a pochi anni fa, ma oggi proibita per motivi di sicurezza e sostituita da tecniche elettroniche e digitali molto sofisticate, era la sua scarsa efficienza luminosa: in fluoroscopia, come era chiamata, era necessario operare in stanze buie ed occorreva adattare la vista a condizioni di illuminazione scarsissima se non nulla, prima di poter condurre l'esame radiologico.

Una soluzione per consentire la visione delle immagini fluoroscopiche in piena luce, fu proposta già nelle prime settimane dalla scoperta dei raggi X dal prof. Enrico Salvioni di Perugia¹⁵. L'invenzione di Salvioni consisteva in un tronco di cono a tenuta di luce; la base maggiore del cono era costituita da cartone opaco con uno strato fluorescente di platinocianuro di bario rivolto verso l'interno. Avvicinando gli occhi alla base minore, aperta, era possibile visualizzare le immagini prodotte dai raggi X sullo schermo fluorescente. Con questo dispositivo, chiamato da Salvioni criptoscopio, si potevano visualizzare le immagini radiologiche in tempo reale, indipendentemente dalle condizioni di illuminazione ambientale.

Si impadronirà rapidamente dell'invenzione, chiamandola skiascopio e attribuendosene il merito, Thomas Alva Edison, che la perfezionerà, sostituendo il tronco di cono con il tronco di piramide e sostituendo il platinocianuro di bario con il calcio-tungstato, migliorandone l'efficienza luminosa. Con il nome di fluoroscopio e con forme solo leggermente diverse, per esempio impiegando un soffiutto sul tipo di quelli allora in uso per le normali macchine fotografiche, verrà utilizzato in fluoroscopia diretta fino alla seconda metà del 1900. Da alcuni decenni questa tecnica è stata proibita a causa dei gravi rischi a cui esponeva l'operatore, nonostante che negli ultimi tempi dietro lo schermo fluorescente venissero posti pesanti vetri al piombo, dotati di una buona efficacia schermante.

Il fluoroscopio a soffiutto in dotazione all'apparecchio radiologico del Museo di Rovereto è privo di protezioni, ma questo non vuol dire che non ci fosse una sia pur primitiva conoscenza dei pericoli per l'osservatore. In effetti tra il materiale inserito nell'elenco della cassa n. 3 sono indicati «1 paio di occhiali anti X» e «1 grembiale anti X». Poiché questi occhiali non risultano più tra gli oggetti in dotazione, possiamo solo immaginare che avessero l'aspetto dei vecchi occhiali da motociclista, con le protezioni opache laterali in funzione di paraluce, come risulta da altre immagini di occhiali anti-X di quell'epoca; le lenti erano probabilmente spesse e pesanti, a causa dell'alto contenuto in piombo del vetro, trasparenti e incolori. Il piccolo grembiule anti-X invece c'è ancora, anche se le lamine di piombo inserite in quattro tasche cucite nella tela grezza sono state recentemente sostituite da assicelle di balsa, per puro scopo espositivo, poiché le lamine originali si sono totalmente ossidate e cor-

rose. Queste erano quindi le uniche protezioni a disposizione degli operatori, che utilizzavano spesso l'esame radioscopico non solo per la visione diretta di organi e corpi estranei da estrarre chirurgicamente, ma anche per individuare il posizionamento migliore della lastra prima dell'esecuzione di una radiografia.

A proposito di corpi estranei, tra gli oggetti riportati nell'elenco della cassa n.3 compare anche una elettrocalamita, la cui funzione era probabilmente quella di facilitare l'estrazione di schegge e frammenti di ferro dai corpi dei feriti sfruttando l'energia elettrica resa disponibile dalla dinamo. Si è poi avuta una conferma indiretta di questa ipotesi, poiché presso il Museo Belga della Radiologia (www.radiology-museum.be) si trova un esemplare di elettromagnete, datato 1920, appositamente costruito per la rimozione di schegge e proiettili ferromagnetici dopo l'osservazione e l'individuazione fluoroscopica. Questo esemplare è piuttosto grosso ed ingombrante, più adatto all'uso in sala operatoria che sul campo di battaglia; resta comunque chiarito che il procedimento era in uso in quel tempo ed era abbinato alla fluoroscopia.

Nell'inventario della cassa n.4 è elencato «1 limitatore di Frisoni munito di anelli di gomma per fissare il tubo Röntgen».

Questo oggetto è costituito da una scatola cubica in legno aperta sul retro, abbastanza grande da contenere il bulbo del tubo radiogeno, con due aperture sui lati per consentire il passaggio dei colli del tubo; internamente la scatola è rivestita da una lamina di piombo e sul lato anteriore presenta un collimatore a incastri telescopici, così strutturato per consentire di ridurre lo spazio occupato nella cassa durante il trasporto; per lo stesso motivo le pareti della scatola sono incernierate e ripiegabili. Alcuni dettagli si riveleranno utili per comprendere la funzione di questo «limitatore», che oggi chiameremmo «collimatore». Due pomelli laterali avevano evidentemente la funzione di fissare il tubo al collimatore mediante gli anelli in gomma citati nell'elenco incollato sul coperchio della cassa n. 4; il collimatore telescopico è mantenuto aperto da quattro aste rigide ad incastro, come se dovesse essere sottoposto ad una pressione, e la sua estremità è rivestita da un materiale isolante e arrotondato come se dovesse arrivare a contatto del paziente e proteggerlo anche da eventuali correnti elettriche disperse. Non è stato possibile trovare in letteratura alcuna traccia del «limitatore di Frisoni», ma leggendo un trattato di diagnostica radiologica di quell'epoca¹⁶ è stato possibile individuarne la funzione. Scrive infatti M. Ponzio: «Il cilindro compressore limitatore di Albers Schönberg risponde molto bene ai suoi diversi scopi di immobilizzare la parte da radiografare, di comprimere i tessuti irradiati e di diminuire il loro spessore (...)In genere i cilindri compressori hanno il loro bordo inferiore rivestito di un cerchio di sostanza isolante...» L'impiego di questo compressore limitatore, che possiamo senz'altro identificare con il nostro limitatore di Frisoni, aveva quindi molteplici scopi, soprattutto nell'ambito della radiologia dell'addome:

- a) Limita la presenza di radiazione diffusa, sia racchiudendo il tubo radiogeno in un involucro schermato (almeno su cinque lati), sia limitando le dimensioni del

fascio di raggi X mediante il cono telescopico. Un eccesso di radiazione diffusa peggiora notevolmente la visibilità radiologica di organi e tessuti a basso contrasto tra loro, come i tessuti molli.

- b) Tramite la compressione riduce la mobilità di organi interni. La applicazione tipica è quella dell'addome, dove la mobilità interna dei visceri può rendere «mosa» una radiografia, soprattutto quando sono richiesti tempi lunghi di esposizione.
- c) Riduce lo spessore del materiale attraversato per migliorare la trasmissione dei raggi X sul dispositivo di visualizzazione, consentendo anche di ridurre la dose di radiazioni al paziente. La tecnica è in uso ancora oggi, specialmente in mammografia, dove è obbligatoria.

Nella cassa n. 3, collocate in un apposito alloggiamento realizzato nel coperchio, si trovano anche le cassette porta-lastre. Le lastre radiografiche in vetro sono ovviamente molto fragili, e, per posizzarle in relativa sicurezza, magari sotto il corpo di un ferito, era necessario inserirle in strutture più rigide e più robuste. Questo scopo era (ed è) svolto dalle cassette porta-lastre: quelle in dotazione di questo apparecchio sono costituite da una custodia di cartone nero rigido, probabilmente rinforzata sul retro da una base di legno, dotata quasi sicuramente (l'ipotesi è stata fatta valutando il peso delle cassette) di una schermatura di piombo. In questa custodia si inserisce una busta di cartone nero a tenuta di luce in cui si è precedentemente inserita la lastra sensibile, probabilmente ancora avvolta nel suo involucri di carta nera opaca in cui è confezionata; con un ultimo tappo di cartone, ovviamente nero, si chiude il lato e la fessura in cui si è inserita la lastra. Il ruolo della schermatura in piombo sul retro della cassetta è molto importante: i raggi X che hanno attraversato il corpo del paziente e la lastra fotografica possono interagire con le strutture successive (lettino, barella, terreno, ecc.) rimbalzando all'indietro, originando quel fenomeno che viene chiamato «retrodifusione». La lastra radiografica è sempre sensibile anche a questa radiazione retrodiffusa, che può creare false immagini (artefatti) o annebbiare le immagini (fogging). Il fenomeno è ben noto anche ai giorni nostri, e vi si provvede con vari sistemi: per esempio le piccole pellicole per uso odontoiatrico sono confezionate, per questo motivo, con un sottile lamierino di piombo sul lato opposto a quello destinato ad essere esposto al fascio di raggi.

LA CAMERA OSCURA E I MATERIALI DI CONSUMO

La camera oscura si compone di una piccola tenda di tela grezza che si sovrappone ad una tenda di panno nero, a tenuta di luce. Il tutto è sorretto da una intelaiatura di tubi di acciaio, come è descritto nell'elenco degli oggetti contenuti nella cassa n.4. La attenzione prestata dal progettista di questo impianto anche ai minimi dettagli è testimoniata dalla presenza di una bandierina rossa, rigorosamente elencata, sicura-

mente destinata ad essere issata sulla tenda durante le operazioni di sviluppo delle lastre per impedire che inavvertitamente qualcuno accedesse alla camera oscura facendo filtrare la luce e rovinando così le preziose lastre radiografiche non ancora completamente trattate. In una cassa a parte, la n.6, si trova tutto il necessario per la lavorazione delle lastre:

- a) Tubetti e compresse di «Chinol» per lo sviluppo.
- b) Un grande flacone in vetro contenente iposolfito per il fissaggio.
- c) Due grandi flaconi in vetro con incise a smeriglio le scritte «sviluppo» e «fissaggio» in cui preparare e conservare per il tempo necessario le rispettive soluzioni. Semplici etichette, al posto delle scritte incise, avrebbero potuto cancellarsi o scollarsi, creando possibili pericolose confusioni tra i liquidi, con il rischio di danneggiare irrimediabilmente le radiografie.
- d) Due bacinelle in cartone impermeabilizzato (leggere, infrangibili... non dimentichiamo che la plastica non esisteva ancora) in cui versare i liquidi e immergere le lastre per il trattamento.

Tra gli altri accessori in elenco si notano: 1) 4 candele steariche 2) una lanterna con vetro rosso e due piccoli vetri di ricambio.

Durante la lavorazione delle lastre in camera oscura non doveva filtrare il minimo raggio di luce, ma un minimo di visibilità doveva essere conservata per consentire l'esecuzione delle operazioni più essenziali. Al giorno d'oggi si fa uso delle lampade cosiddette «inattiniche», che, pur facendo uso di illuminazioni molto deboli, emettono uno spettro di luce a cui le emulsioni fotografiche sono poco sensibili: in quel tempo si utilizzavano comunemente le candele come sorgenti di luce, ma nemmeno riducendone la già debole intensità, magari con un vetro affumicato, si sarebbe potuto evitare di danneggiare le lastre in fase di sviluppo. Era però noto anche allora che certe lunghezze d'onda, nella gamma del colore rosso, impressionavano poco o nulla le emulsioni delle lastre. Ecco spiegato il ruolo della lanterna col vetro rosso e le candele steariche. Su un lato del vetro rosso, che si inserisce in un incastro a slitta ricavato in una delle quattro pareti della lanterna, è incollata una specie di garza, che aveva probabilmente un duplice scopo: quello di diffondere la luce della candela («ammorbidendo» le ombre prodotte dalla sua fiamma) e quello di irrobustire la struttura del vetro, proteggendolo e rendendolo meno sensibile ad eventuali urti accidentali. La candela però ha bisogno di ossigeno e di circolazione d'aria, e le normali fessure avrebbero lasciato filtrare la luce; ecco quindi la soluzione: un piccolo comignolo da cui esce l'aria calda passando attraverso una specie di labirinto, a tenuta di luce, con le pareti annerite col nerofumo. Un artificio simile lascia entrare l'aria dal fondo e quattro minuscoli piedini tengono sollevata la lanterna dal piano di appoggio per consentire la circolazione dell'aria esterna verso l'interno.

Uno spazio a parte è riservato per il materiale radiografico: numerose lastre in vetro e carte fotografiche di varie dimensioni sono conservate nella cassa n.5, una

cassa speciale, internamente rivestita di piombo per proteggere il materiale in deposito dall'influenza dell'uso dell'apparecchio radiologico, che non poteva essere collocato ed impiegato troppo lontano da tutto l'insieme.

Le lastre, di produzione italiana, della ditta M. Cappelli di Milano (via Friuli n.31, «Grand Prix – Internazionale, Milano 1906, Dresden 1909, Torino 1911»), sono molto ben confezionate in robuste scatole di cartone. Ogni lastra, protetta dalla luce da un involucri in carta nera, è accompagnata da una busta arancione «robustissima» per la conservazione dopo lo sviluppo. Sulla busta sono stampati degli spazi per la registrazione delle informazioni e per l'archiviazione. Sulla scatola sono indicate le informazioni essenziali per la conservazione e il trattamento delle lastre, di cui si sconsigliava l'uso «oltre i tre mesi dalla data di spedizione». Ulteriori etichette applicate in un secondo tempo avvertono di non esporre a luce troppo intensa le lastre anche se avvolte nella loro carta nera, in quanto «data l'impossibilità di avere la carta nera priva di piccoli fori (...) potrebbe accadere talvolta di riscontrare sul negativo dei punti neri in corrispondenza dei fori sulla carta». In realtà un inconveniente simile si presenta anche con le pellicole odierne, anche se è tenuto più sotto controllo: non è da escludere che i piccoli punti neri osservati non fossero dovuti a fori sulla carta, bensì a piccole scariche elettrostatiche generate al momento di aprire l'involucro in condizioni atmosferiche di umidità relativa particolarmente bassa.

CONSIDERAZIONI FINALI

L'analisi della struttura di questo esemplare di apparecchio radiologico mobile militare della prima guerra mondiale ci consente non solo di percorrere a ritroso nel tempo alcune tappe fondamentali della storia della fisica e della radiologia, ma di ritrovare una testimonianza della capacità dell'uomo di mettere ingegnosamente a frutto le conoscenze tecnologiche del momento. Per quanto alcune soluzioni adottate possano forse oggi sembrare ingenuie, non va dimenticato che esse furono il frutto di un utilizzo ottimale delle risorse allora disponibili, considerando tra l'altro la particolare condizione di guerra in cui furono adottate.

Per quanto oggi la tecnologia radiologica sia estremamente evoluta e sofisticata, con l'impiego sempre più diffuso di sensori digitali, con sempre più sofisticate elaborazioni computerizzate delle immagini, con la diffusione sempre più estesa della tele-radiologia via satellite, questo apparecchio radiologico, ormai antico, può ancora insegnarci qualcosa: se non altro ad intuire quanto studio e quanto lavoro di ingegno si sono succeduti in questi 110 anni trascorsi dalla scoperta di Röntgen ai giorni nostri.

Nel 1896 il tenente colonnello Giuseppe Alvaro annunciava al mondo di essere riuscito, utilizzando i nuovi raggi dalle proprietà misteriose, a rintracciare dei proiettili nel corpo di due militari, feriti in Abissinia tre mesi prima e successivamente trasportati all'Ospedale Militare di Napoli. Nel 1991, in occasione della guerra del Golfo,

per i feriti al fronte erano disponibili alcuni Tomografi Assiali Computerizzati (TAC) installati a bordo di camion. Il radiologo che osservava le immagini radiologiche nel momento stesso in cui venivano prodotte si trovava altrove, in un ospedale: riceveva le immagini via satellite, e via satellite trasmetteva la diagnosi. Oggi tutto questo è normale routine e queste notizie non fanno più molto scalpore, almeno fuori degli ambienti più specializzati: ormai i grandi progressi della tecnologia ci hanno forse abituato a non sorprenderci più di nulla. Soffermarci qualche volta ad osservare il nostro passato può aiutare a sorprenderci ancora e a rivolgere un pensiero di gratitudine e di ammirazione per quanti hanno costruito la strada del nostro attuale livello di sviluppo scientifico e tecnologico.

NOTE

- ¹ E.H. Burrows, *Pioneers and early years. A History of British Radiology*, Colophon Limited, 1986.
- ² G. Alvaro, *I vantaggi pratici della scoperta di Röntgen in chirurgia*, «Giornale medico del regio esercito», 1896, n. 44, pp. 385-394.
- ³ E.H. Burrows, *Pioneers and early years...*, cit.; I.A. Ramoutsaki et al., *Birth of Battlefield Radiology: Greco Turkish War of 1897*, «Radiographics», 2001, n. 21, pp. 263-266.
- ⁴ M. Curie, *La Radiologie et la Guerre*, Paris, Éditions Félix Lacan, 1921.
- ⁵ E.H. Burrows, *Pioneers and early years...*, cit.
- ⁶ E.H. Burrows, *Pioneers and early years...*, cit.
- ⁷ J.C. Battersby, *The Roentgen rays in military surgery*, «British Medical Journal», 1899, n. 1, pp. 112-114.
- ⁸ M. Bordry et al., *Les rayons X sortent de l'anonymat*, «Comprendre & Agir», Journal de l'Institut Curie, 1992, n. 21.
- ⁹ M. Curie, *La Radiologie et la Guerre*, cit.
- ¹⁰ R.F. Mould, *A Century of X-rays and Radioactivity in Medicine*, London, Institute of Physics Publishing, 1993.
- ¹¹ O. Murani, *Fisica*, Milano, Hoepli, 1927.
- ¹² U. Forti, *Fisica per i Licei Scientifici*, Firenze, La Nuova Italia, 1957, vol. III.
- ¹³ O. Murani, *Fisica*, cit.; R.F. Mould, *A Century of X-rays and Radioactivity in Medicine*, cit.; R.F. Mould, *The early history of x-ray diagnosis with emphasis on the contribution of physics 1895-1915*, «Physics in Medicine and Biology», 1995, n. 40, pp. 1741-1787.
- ¹⁴ A. Busi, *Tecnica e Diagnostica Radiologica nelle Malattie Chirurgiche*, Torino, Unione Tipografico-Editrice Torinese, 1933.
- ¹⁵ E. Salvioni, *Investigations on Röntgen Rays*, «Nature», 1896, n. 53, pp. 424-425.
- ¹⁶ M. Ponzio, *Trattato di Diagnostica Radiologica*, Ferrara, S.I.R.M., 1924.