

Techniki uzyskiwania i zapisu obrazu rentgenowskiego w polowych gabinetach rentgenowskich – od wojny włosko-abisyńskiej (1896 r.) do II wojny irackiej (2003 r.)

Techniques of obtaining and saving X-ray images in field X-ray rooms – from Italo-Ethiopian War (1896) to 2nd Iraq War (2003)

Lesław Kolarz

Kierownik Pracowni Radiodiagnostyki 7. Szpitala Marynarki Wojennej w Gdańsku

Streszczenie. W artykule opisano trudności związane z zapisem obrazów rentgenowskich pod kątem działalności polowych gabinetów rentgenowskich na różnych teatrach działań wojennych i sposoby ich rozwiązywania w latach 1896–2003. Wprowadzenie cyfrowych zapisów obrazu zrewolucjonizowało działalność polowych gabinetów rentgenowskich, praktycznie eliminując pojęcie ciemni, która towarzyszyła diagnostyce RTG od chwili jej powstania. Było to zarazem najsłabsze ogniwo, silnie ograniczające wydajność i mobilność gabinetów RTG w warunkach polowych.
Słowa kluczowe: polowy gabinet rentgenowski, ciemnie

Abstract. The article describes problems with obtaining X-ray images in the field X-ray rooms on various theaters of war and ways of their resolving in the years 1896–2003. The introduction of digital image recording revolutionized the operation of field X-ray units and virtually eliminated the concept of a darkroom which accompanied the X-ray use since the very beginning. It was at the same time the weakest link, seriously limiting the efficiency and mobility of X-ray rooms in the field conditions.

Key words: darkrooms, field X-ray room

Nadesłano: 13.11.2018. Przyjęto do druku: 29.01.2019
Nie zgłoszono sprzeczności interesów.
Lek. Wojsk., 2019; 97 (2): 149–160
Copyright by Wojskowy Instytut Medyczny

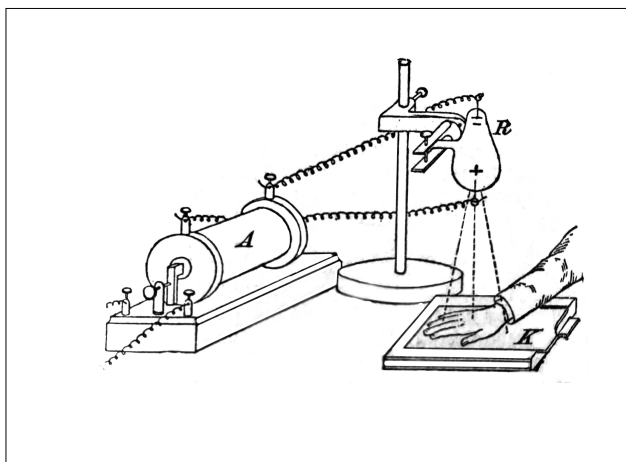
Adres do korespondencji

kmdr ppor. rez. dr n. med. Lesław Kolarz
ul. Alfa Liczmańskiego 11A, 80-322 Gdańsk-Oliwa
e-mail: leslawkolarz@yahoo.com

Wstęp

Kiedy 5 maja 1894 r. Wilhelm Conrad Roentgen, pracujący od 1888 r. na stanowisku fizyka i dyrektora Physikalisches Institut na Uniwersytecie im. Juliusa Maximiliana w Würzburgu, zamówił do swojej pracowni próżniową lampę wyładowczą Hittorfa-Crookesa i aparaturę zasilającą w firmie Mueller-Unkelm, zapewne nie przypuszczał, że już wkrótce stanie się ojcem założycielem nie tylko nowej metodyki badawczej, ale i nowej specjalizacji medycznej [1]. Wiedziony naukową ciekawością,

przenikliwością umysłu i intuicją, prof. Roentgen nie tylko odkrył 8 listopada 1895 r. i opisał w ciągu 7 tygodni badań właściwości promieni X, ale także poprawnie ocenił ich możliwości. W trakcie prowadzonych eksperymentów badawczych, wykorzystując wynalezione w 1871 r. przez Richarda Maddoxa „suche” płyty szklane pokryte światłoczułą emulsją z bromkiem srebra, 22 grudnia 1895 r. po 15-minutowej ekspozycji objawił światu pierwsze w historii zdjęcie rentgenowskie/rentgenogram kości ręki (ryc. 1.). Wskazał także na praktyczną użyteczność prześwietlenia/fluoroskopii w medycynie. Już



Rycina 1. Rentgenografia – pierwszy zestaw do wykonania zdjęć. A – cewka indukcyjna Rühmkorffa, R – lampa Hittorfa-Crookesa, K – kase-
ta z filmem (źródło: Meyers Konversation – Lexikon, Leipzig und Wien 1909: 3)

Figure 1. Radiography – first image taking set. A – Rühmkorff induc-
tion coil, R – Hittorf-Crookes lamp, K – film cassette (source: Meyers
Konversation – Lexikon, Leipzig und Wien 1909: 3)

w roku 1896 Carl Schleussner (Niemcy) rozpoczął masową produkcję szklanych płyt przeznaczonych specjalnie do fotografii rentgenowskiej, a prowadzone w okresie od stycznia do marca 1896 r. badania Thomasa Alvy Edisona zaowocowały wprowadzeniem do fluoroskopii wolframu wapnia, który dawał obraz 6 razy jaśniejszy niż stosowany przez Roentgena platynocyjanek baru [3].

Doskonaląc metodykę, sprzęt i organizację pracy polowych gabinetów rentgenowskich w kolejnych konfliktach regionalnych poprzedzających „Wielką Wojnę” 1914–1918, radiologia polowa stała się wkrótce integralną częścią zabezpieczenia medycznego na polach bitew. Szybki postęp naukowo-techniczny pozwolił na opracowanie do 1914 r. względnie trwałych lamp rentgenowskich oraz rozwiązanie problemu zaopatrzenia aparatury RTG w energię elektryczną w warunkach polowych. Dzięki zdobytym w regionalnych konfliktach doświadczeniom poprzedzającym „Wielką Wojnę” możliwe stało się zastosowanie diagnostyki RTG na masową skalę. Świadczy o tym liczba miliona stu tysięcy rentgenogramów wykonanych tylko w gabinetach RTG armii francuskiej w latach 1917–1918 [4]. Musiało jednak upłynąć aż 99 lat, zanim systemowo rozwiązano problem rejestracji obrazu w warunkach polowych.

Konflikty regionalne poprzedzające I wojnę światową

Wojna włosko-abisyńska (*campagna d’Africa orientale*) (1894–1896)

Już 19 stycznia 1896 r. wiedeński lekarz Gustaw Kaiser wykazał przydatność aparatu RTG w służbie Marsa u pacjenta, u którego rentgenogram ujawnił obecność śrutu w tkankach miękkich i źle wygojone złamanie postrzałowe kości przedramienia [3]. 23 marca 1896 r. ppłk lek. Giuseppe Alvaro zastosował tę nową metodę diagnostyczną u dwóch żołnierzy w celu zlokalizowania pocisków w tkankach miękkich przedramienia. Nie jest on jednak prekursorem radiologii polowej (według autora), ponieważ badanie wykonano dopiero 2 miesiące po postrzale, w Wojskowym Szpitalu w Neapolu, dokąd ewakuowano rannych w Abisynii żołnierzy [5]. Sam G. Alvaro stwierdził, że „...nowa technika okazała się bardzo pomocna, pozwalając z matematyczną dokładnością określić położenie ciała obcego” [6].

Cenną informacją zawartą w tej publikacji jest niewątpliwie szczegółowy opis techniki wykonania rentgenogramu: „Należy wziąć przygotowaną płytę fotograficzną, umieścić ją w kilku warstwach czarnego papieru, następnie umieścić w tekturowej albo drewnianej kasetce i położyć na małym taborecie w taki sposób, że odciski żelatynowa powierzchnia znajdzie się przed i poniżej tej części ciała, której cień mamy zamiar uzyskać, a która z kolei jest unieruchomiona w tej pozycji za pomocą opaski. Powyżej, w odległości od 20 do 30 centymetrów, umieszczona jest rura Crookesa, a prąd generowany jest przez cewkę Rühmkorffa. Po 20–30 minutach, a czasem dłużej, w zależności od natężenia promieniowania oraz natury, grubości i gęstości prześwietlanej części ciała, otrzymuje się negatyw ze względnie białym cieniem na czarnym tle” [7,8]. Powyższy opis dobrze oddaje technikę i materiał, na którym utrwalono obraz, a także procedurę, która wydaje się nie tyle trudna, co bardzo czasochłonna.

Wojna grecko-turecka (1897)

W czasie wojny grecko-tureckiej trwającej od 17 kwietnia do 4 grudnia 1897 r., obie strony konfliktu pozyskiwały sprzęt radiologiczny i obsługę za pośrednictwem narodowych organizacji Czerwonego Krzyża [9]. Niemcy, wspierający w tej wojnie Turków, wyposażyli w 2 aparaty rentgenowskie szpital w Konstantynopolu [10]. Grecja – wspierana przez Anglię, Francję i Rosję – otrzymała 13 maja 1897 r. pierwszy aparat RTG wyprodukowany przez Miller & Woods Company w Londynie [11].

Archiwizacja. Zastług Brytyjskiego Czerwonego Krzyża nie omieszkala podkreślić gazeta „Daily Chronicle” z maja 1897 r., na łamach której informowano

czytelników, że: „Przekazany aparat będzie się składał z kompletnego zestawu, w najdrobniejszych szczegółach przypominający aparat używany na co dzień w Szpitalu St. Thomas w Londynie... Prawdopodobnie możliwe będzie użycie ekranu fluorescencyjnego, aby pominąć metodę fotograficzną, dzięki czemu położenie pocisku lub uszkodzone miejsce będzie niezwłocznie widoczne pod różnymi kątami... wywołanie płyty wymaga bowiem czasu, co poważnie opóźnia pracę chirurga – chociaż już znacznie krótszego, dzięki wykorzystaniu papieru rentgenowskiego (Eastman X-Ray paper)”. Przewaga fluoroskopii wynikała z faktu, że interpretacja obrazu bezpośrednio ze szklanych płyt była znacznie utrudniona z powodu jego niskiej kontrastowości. Dlatego niekiedy dla łatwiejszej oceny obrazu posiłkowano się jego kopiowaniem ze szklanej płyty na światłoczuły papier fotograficzny (Eastman X-Ray paper), który wprowadzono do produkcji w grudniu 1896 r. [12] Dopełnieniem polowych warunków, w jakich przyszło działać Grekom, była duża drewniana szafa, która służyła jako ciemnia do obróbki rentgenogramów.

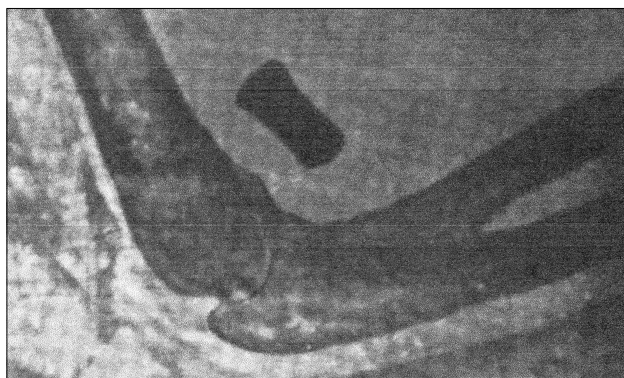
Kampania indyjska w Dolinie Tirah (1897–1898)

W czerwcu 1897 r. Wielka Brytania wysłała nad północno-zachodnią granicę afgańsko-indyjską 4 korpusy w sile 100 000 żołnierzy w celu stłumienia rebelii plemion afgańskich. Jednym z nich był liczący 8000 brytyjskich i 30 000 indyjskich żołnierzy Tirah Expeditionary Force (TEF), działający w prowincji Tirah. Działania TEF odbywały się w terenie słabo zurbanizowanym, w znacznym oddaleniu od baz szpitalnych zlokalizowanych w Rawalpindi, Nowshera i Kohat [13]. TEF była pierwszą jednostką, która w praktyce wykazała użyteczność diagnostyki RTG w warunkach polowych. Dokonał tego chirurg pułku (*regimental surgeon*), major Walter Beevor, który całe niezbędne wyposażenie zakupił z własnych środków. W trakcie działań bojowych w warunkach polowych, niekiedy pod ostrzałem, przebadał 200 z 853 rannych żołnierzy (ryc. 2.) [14].

Łatwość, z jaką odnajdował pociski, oraz szybka ocena złamań postrzałowych zrobiły ogromne wrażenie na dowódcach, którzy sami, tak jak gen. Hamilton i gen. Wodehouse (ryc. 3.), byli jednymi z jego pacjentów.

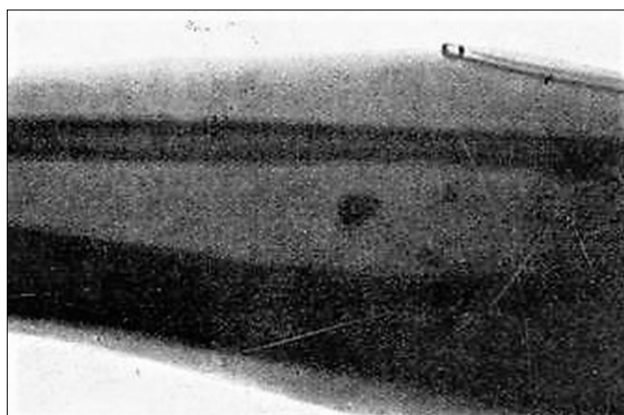
Doświadczenia zdobyte w TEF potwierdziły przydatność polowych gabinetów RTG, które wkrótce na stałe zagościły w armii brytyjskiej, zaś wyłożone przez majora Beevora prywatne pieniądze zostały mu szybko zwrócone [15].

Archiwizacja. Do zapisu obrazów, podobnie jak w Grecji, zastosowano Eastman X-Ray paper oraz płyty szklane, które jednak z powodu wysokich temperatur tamtejszego klimatu ujawniły tendencję do rozmiękania pokrywającej ją emulsji [15].



Rycina 2. Pocisk w okolicy stawu łokciowego. Zdjęcie wykonane przez chirurga mjr. Waltera Beevora (źródło: 14. pozycja piśmiennictwa)

Figure 2. Bullet in elbow joint area. X-ray taken by surgeon Major Walter Beevor (source: reference no. 14)

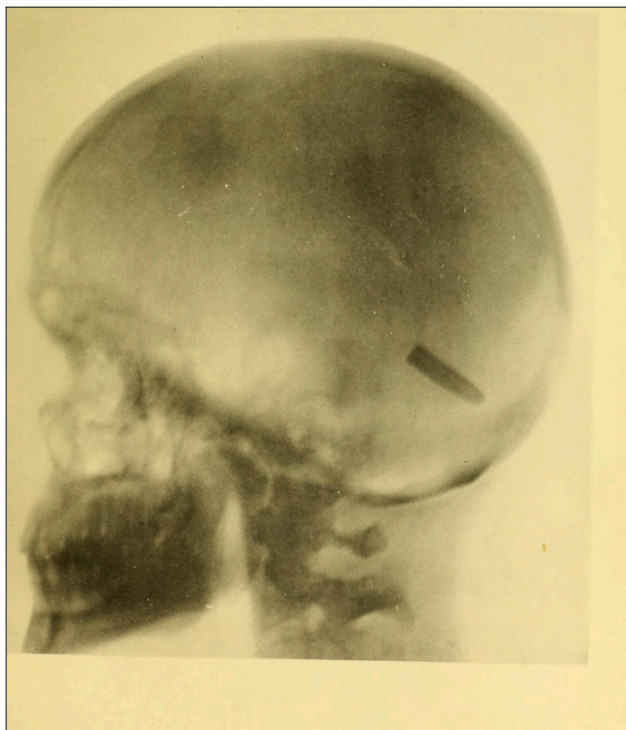


Rycina 3. Pocisk w podudziu gen. Wodehouse'a. Zdjęcie wykonane przez chirurga mjr. Waltera Beevora (źródło: 14. pozycja piśmiennictwa)

Figure 3. Bullet in General Wodehouse's shin. X-ray taken by surgeon Major Walter Beevor (source: reference no. 14)

Wojna Hiszpanii z USA (1898)

Początkiem amerykańskich doświadczeń z diagnostyką RTG w armii była wojna hiszpańsko-amerykańska, trwająca od 25 kwietnia do 12 sierpnia 1898 r. Przystępując do wojny z Hiszpanią, U.S. Army dysponowała 17 aparatami RTG. Po jednym aparacie RTG zainstalowano na okrętach szpitalnych „Relief”, „Missouri” i „Bay State”. Morski charakter operacji (Kuba, Portoryko, Filipiny, Guam) sprawił, że przez cały okres wojny żaden z posiadanych aparatów RTG nie był użytkowany na lądzie w warunkach polowych. Wynik tych doświadczeń zawarto w raporcie sporządzonym dla Izby Niższej Kongresu (United States House of Representatives), obejmującym tak zagadnienia medyczne, jak i techniczne związane z diagnostyką RTG [16]. W konkluzji raportu



Rycina 4. Rentgenogram pocisku tkwiącego w lewym płacie potylicznym u amerykańskiego żołnierza rannego na Filipinach. Żołnierz został postrzelony z dużej odległości w marcu 1899 r. Zdjęcie wykonane w sierpniu 1899 po jego ewakuacji do San Francisco (źródło: 16. pozycja piśmiennictwa)

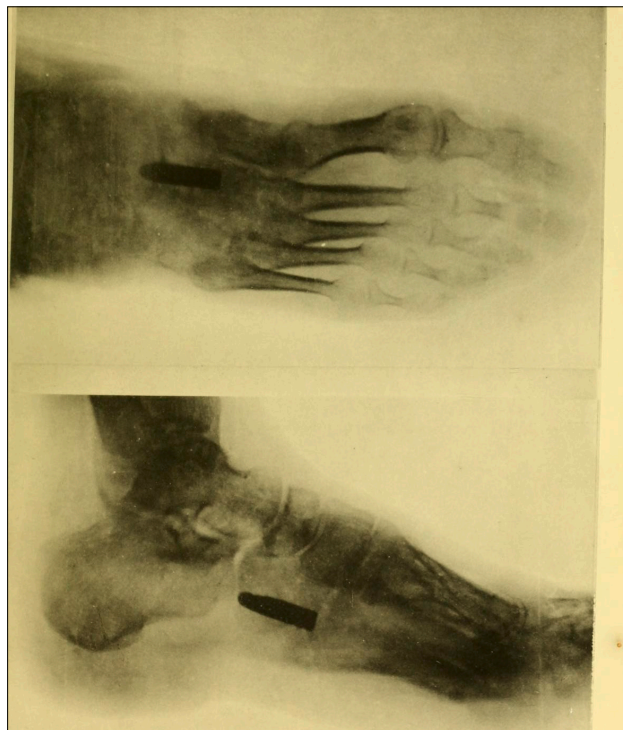
Figure 4. X-ray of a bullet lodged in the left occipital lobe of the brain of an American soldier in the Philippines. Soldier was shot from a long distance in the Philippines in March 1899. The picture was taken in August 1899 upon his evacuation to San Francisco (source: reference no. 16)

zwrócono uwagę na możliwość wystąpienia popromiennego uszkodzenia skóry, zalecając maksymalną jednorazową ekspozycję nie dłuższą niż 30 minut i odległość lampy RTG od ciała nie mniejszą niż 10 cali (25,4 cm). Wskazano na konieczność stosowania dłuższych interwałów czasowych pomiędzy kolejnymi ekspozycjami. Podano także pierwsze standardowe czasy ekspozycji:

- przedramię i ręka: 1–2 minuty,
- kolano: 9 minut,
- stawy barkowe, klatka piersiowa: 10 minut,
- miednica, biodra i czaszka: 20 minut.

Treść raportu świadczyła, że szerszemu ogółowi nieznane były jeszcze prace profesora fizyki Michaela Popina z Columbia University z lutego 1896 r., który skrócił czas ekspozycji rentgenogramu ręki do kilku sekund! Uzyskał to, łącząc w jednej kasecie standardowy ekran fluoroskopowy ze szklaną płytą fotograficzną [12].

Archiwizacja. Instalacja gabinetów RTG jedynie na pokładach okrętów szpitalnych sprawiła, że nie pojawił się problem wygospodarowania stosownego



Rycina 5. Rentgenogram lewej stopy, w projekcji A-P i bocznej, ukazujący nieznacznie zdeformowany pocisk, zlokalizowany w podeszwie stopy, pod kością sześcienną i równoległy do drugiej kości śródstopia (źródło: 16. pozycja piśmiennictwa)

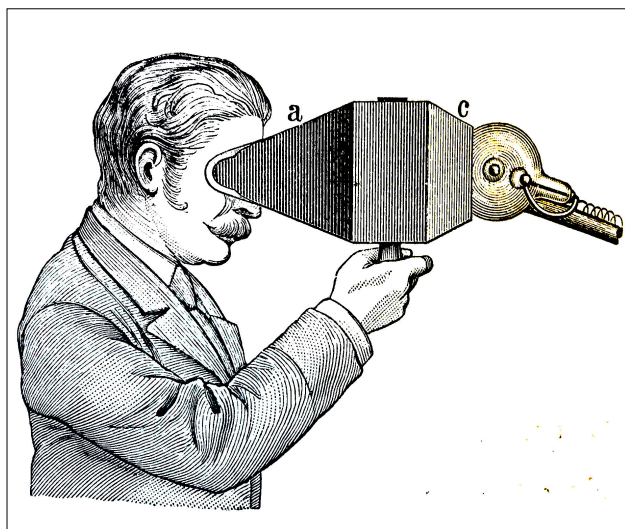
Figure 5. PA and lateral X-ray of left foot, showing a slightly deformed bullet embedded in the sole of the foot, beneath the cuboid bone and parallel with the second metatarsal bone (source: reference no. 16)

pomieszczenia na ciemnię do obróbki rentgenogramów. Do wykonywania rentgenogramów wykorzystywano szklane płyty pokryte jednostronnie grubą emulsją o jak największym stopniu czułości, wytwarzane przez „Cramer Dry Plate Company St. Louis”. W raporcie zwrócono także uwagę na przydatność papieru fotograficznego (Eastman permanent bromide), który był niezastąpiony przy wykonywaniu odbitek/kopii (ryc. 4.–5.).

Długie czasy ekspozycji podawane w raporcie oraz problemy związane z obróbką rentgenogramów w pełni wyjaśniają, dlaczego od samego początku w gabinetach RTG (nie tylko w warunkach polowych) taką popularnością cieszyła się fluoroskopia, zwłaszcza z wykorzystaniem kryptoskopu (ryc. 6.).

Wojna o Nil (Sudan War/River War) (1896–1897)

Zadanie zorganizowania diagnostyki RTG dla liczącej 25 800 egipskich i 8600 brytyjskich żołnierzy Anglo-Egyptian Nile Expeditionary Force (NEF) powierzone chirurgowi mjr. Johnowi Battersby. Po raz pierwszy wyposażenie dla gabinetu RTG zostało przydzielone



Rycina 6. Kryptoskop (źródło: Meyers Konversation – Lexikon, Leipzig und Wien 1909: IV)

Figure 6. Cryptoscope (source: Meyers Konversation – Lexikon, Leipzig und Wien 1909: IV)

w ramach regularnego zaopatrzenia medycznego NEF przez Brytyjskie Ministerstwo Wojny (British War Office). Mając na uwadze warunki klimatyczne związane z wysokimi temperaturami, wahającymi się od 37,8° do 50°C, już na etapie planowania zabezpieczono transport materiałów fotograficznych w drewnianych skrzyniach pokrytych filcem i stale zraszanych wodą. Zapewniło to utrzymanie wewnątrz temperatury maksymalnej 29,4°C. Zapobiegliwość ta była jak najbardziej uzasadniona, skoro wśród późniejszych opisów trudności pracy gabinetu RTG w Sudanie na czoło wysuwano głównie skwar i pył [17].

Archiwizacja. Stosowanie do rejestracji obrazu płyty szklanej pokrytej łatwo rozmiękającą żelatynową emulsją wymusiło przesunięcie wywoływania zdjęć na godzinę 3.00 nad ranem, gdy temperatura w ciemni zbudowanej z suszonej na słońcu cegły spadała do 33–43°C. Problemem okazały się również burze piaskowe, z powodu których sudański pył przenikał do pomieszczenia ciemni. Pył ten miał tendencję do przylegania do rozgrzanej emulsji pokrywającej płyty, czego ślady można zobaczyć do dnia dzisiejszego na zachowanych zdjęciach archiwalnych.

Zasadniczymi wadami stosowania płyt szklanych w warunkach polowych były: wysoka cena, kruchość oraz waga (20 razy większa od kliszy rentgenowskiej). Opisywane powyżej problemy związane z prowadzeniem działań bojowych w gorącym klimacie towarzyszyły także polowym gabinetom RTG w okresie II wojny światowej.

Wojna burska (1899–1902)

Druga wojna burska, trwająca od 11 października 1899 do 31 maja 1902 r., była pierwszym dobrze udokumentowanym sprawdzianem zarówno przydatności radiologii w warunkach polowych, jak i możliwości niemieckiego karabinu Mauser oraz brytyjskiego Lee-Enfields, w których zastosowano na szeroką skalę nabój zespolony, redukując kaliber broni strzeleckiej do mniej niż 10 mm. Wykonane z żelaza pociski zmieniły radykalnie charakter ran postrzałowych, rewidując dotychczasowe sposoby ich leczenia. Chociaż rany były czyste, a otwory wlotowy i wylotowy mniejsze, to ze względu na znacznie większą prędkość pocisku nowym problemem stały się martwice okolicznych tkanek na trasie lotu pocisku (jama czasowa) i wtórne infekcje ran, czego nie obserwowano w epoce miękkich kul ołowianych. W wojnie burskiej przez szeregi armii brytyjskiej przewinęło się 556 653 żołnierzy. Stała się ona zarazem pierwszym sprawdzianem możliwości leczniczo-ewakuacyjnych Królewskiego Korpusu Medycznego Armii Brytyjskiej, powołanego na rok przed wybuchem tego konfliktu. Obie strony w pełni doceniały już korzyści i możliwości, jakie dawała diagnostyka RTG. W wojnie tej Burowie dysponowali 5 aparatami, które znajdowały się w miejscowościach: Jacobsdal, Springfontein, Krugersdorp, Johannesburg i Pretoria. Strona brytyjska była w posiadaniu 10 aparatów RTG, wliczając w to aparaty na okrętach szpitalnych. „British Medical Journal” z roku 1899 opisywał nawet standardowy zestaw polowego gabinetu RTG, na który składały się w aspekcie rentgenografii: „...odczynniki chemiczne, papier fotograficzny oraz 108 (szklanych) płyt Edwardsa”.

Archiwizacja. Zasadniczą trudność nadal stanowiło wywołanie i utrwalanie obrazu na rentgenogramie. Wynikało to przede wszystkim z warunków klimatycznych Afryki Południowej, na które składało się:

- zapewnienie odpowiedniej ciemni w czasie wywoływania naświetlonych płyt – wymuszało to obróbkę rentgenogramów nocą, ponieważ za dnia światło słoneczne przeświecało przez tkaninę namiotu,
- zapewnienie wystarczającej ilości wody do płukania i utrwalenia rentgenogramów, przy jej deficycie w suchym klimacie Pustyni Karu,
- zapewnienie odpowiedniej temperatury w czasie obróbki rentgenogramów, ponieważ letnie upały powodowały rozptywanie się emulsji na płytach szklanych,
- zapewnienie pyłoszczelności ciemni, gdyż wszechobecny pył i piasek przyklejał się do emulsji pokrywającej szklane płyty [19].

Należy podkreślić, że do 1900 r. rentgenogramy wywoływano w kuwetach, a brak standardyzacji wywoływania płyt fotograficznych i odczynników chemicznych sprawiał, że każde zdjęcie wymagało indywidualnego podejścia w procesie obróbki. Dopiero około 1906 r. pojawiły się w ciemni pierwsze drewniane pojemniki z rowkami, w które wsuwano pionowo szklane

płyty. Czasochłonność w naświetlaniu rentgenogramów i uciążliwość ich obróbki nadal zachęcała do „drogi na skróty”, jaką była fluoroskopia z wykorzystaniem kryptoskopu (ryc. 6.). Jej ofiarą padł nestor brytyjskiej radiologii, dr John Hall-Edwards, który po 14 miesiącach i przebadaniu 280 pacjentów (wielu spośród nich kilkakrotnie) musiał powrócić do Anglii ze względu na konieczność amputacji lewego przedramienia i wszystkich palców prawej ręki z powodu uszkodzeń popromiennych [19].

Wojna bałkańska (1912–1913)

Trwająca od 8 października 1912 do 18 listopada 1913 r. wojna była ostatnim sprawdzianem możliwości diagnostyki RTG przed wybuchem „Wielkiej Wojny”, a rozwiązania tam zastosowane wkrótce rozwinęła twórczo Maria Skłodowska-Curie, nadzorując budowę francuskich ruchomych ambulansów rentgenowskich. W wojnie tej szersze zastosowanie pojazdów mechanicznych do transportu wyposażenia (w skrzyniach) zapewniło większą mobilność gabinetów RTG, które rozwijały głównie w oparciu o stałe elementy infrastruktury (ryc. 7.) [20,21].

Archiwizacja. Od 1910 r. powszechną praktyką było wykorzystywanie pojemników/tanków, w których zastosowano proste udogodnienie w postaci listewki mocowanej do górnej krawędzi rentgenogramu, zamiast rowków w tankach. Pozwalało to na swobodne zawieszenie rentgenogramów w roztworze, w pozycji pionowej. Ten prosty „patent” nie tylko ułatwiał przenoszenie rentgenogramów do kolejnych tanków, ale przy okazji dokonał standaryzacji samych tanków do jednego rozmiaru.

„Wielka Wojna” – I wojna światowa (1914–1918)

Ambulanse rentgenowskie „Wielkiej Wojny”

Gwałtowny rozwój przemysłu motoryzacyjnego umożliwił stopniowe zastępowanie trakcji konnej w wielu formacjach wojskowych. W przypadku diagnostyki RTG za szybką rezygnację z trakcji konnej przemawiało nie tylko zwiększenie mobilności polowych gabinetów RTG, ale także możliwość wykorzystania silnika samochodu do napędu generatora prądu.

Maria Skłodowska-Curie

Maria Skłodowska-Curie (1867–1934) już w pierwszych tygodniach wojny jako dyrektor techniki radiologicznej decyzją gen. Joffre otrzymała pełnomocnictwa do budowy ruchomych gabinetów rentgenowskich. Autorytet wybitnej uczoney sprawił, że szybko znalazły się środki na budowę kilkunastu gabinetów rentgenowskich



Rycina 7. I wojna bałkańska – samochód przewożący wyposażenie mobilnego gabinetu radiologicznego (źródło: 21. pozycja piśmiennictwa)

Figure 7. 1st Balkan War – a car transporting equipment of the mobile X-ray room (source: reference no. 21)

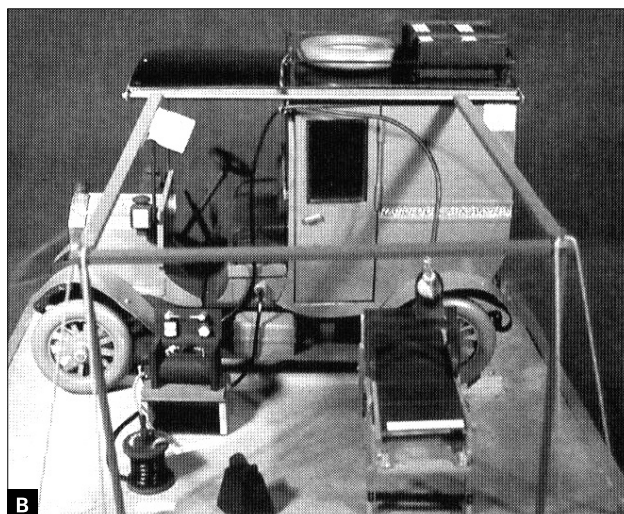
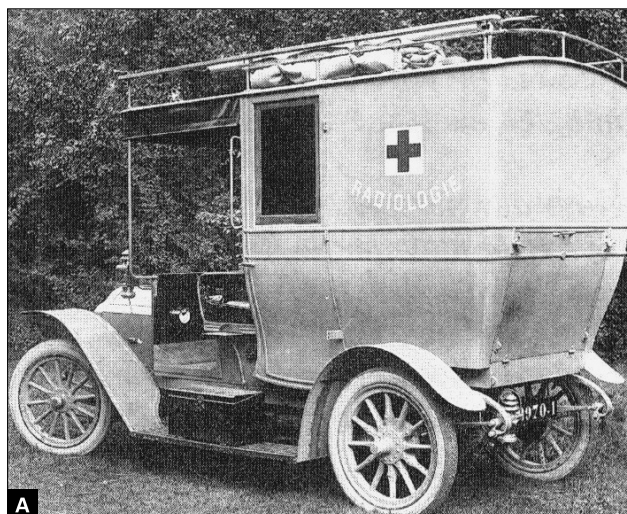
na podwoziach aut osobowych i ciężarowych marki Renault (ryc. 8.).

Już 1 listopada 1914 r. dwa pierwsze ambulanse „Radiologie” wyruszyły na front do szpitala polowego w Crecil, niedaleko Compiègne. Podsumowaniem zasług służby radiologicznej w armii było wydanie w 1921 r. podręcznika „Radiologia i wojna”, napisanego przez Marię Skłodowską-Curie [22].

Archiwizacja. W roku 1912 Dawid Bowen zunifikował proces wywoływania rentgenogramów w oparciu o system 4 pojemników/tanków, które podzieliły ich obróbkę na 4 etapy: wywoływanie–płukanie–utrwalanie–płukanie końcowe–suszenie (ryc. 9.) [4].

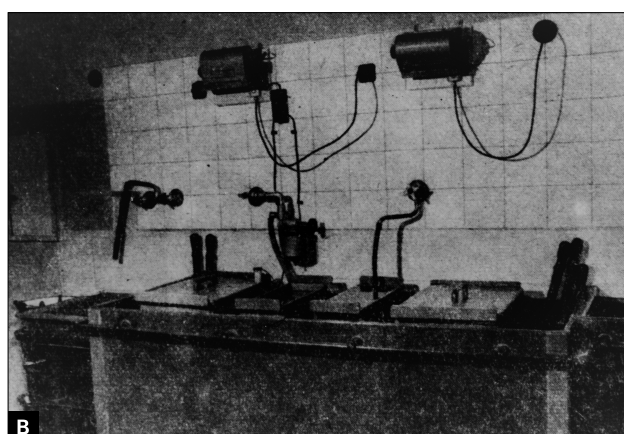
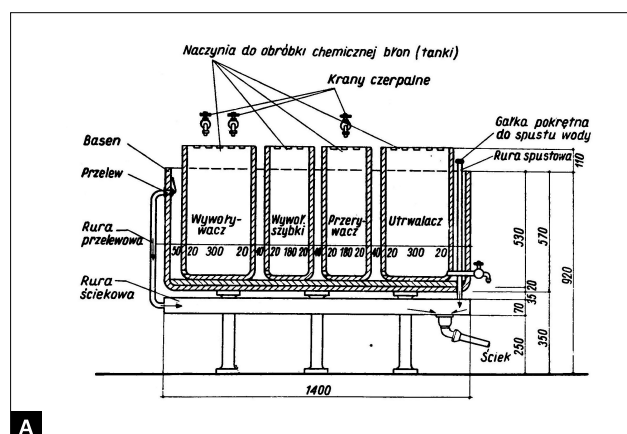
Wkrótce dopracowano także standaryzację procesu obróbki w oparciu o stały czas wywoływania rentgenogramu w stałej temperaturze wywoływacza utrzymywanej przez termostat.

Już w 1914 r. problemem stał się deficyt płyt szklanych, spowodowany zajęciem przez Niemców Belgii, która była ich ważnym światowym producentem. Szczęśliwie i na czas rozwiązanie problemu dla aliantów przyszło zza oceanu, gdzie w 1913 r. firma Kodak wprowadziła na rynek błony rentgenowskie produkowane na bazie (łatwopalnego!) azotanu celulozy. Zastosowanie azotanu celulozy jako podłoża umożliwiała już obustronne pokrywanie filmu emulsją, gdyż w przeciwieństwie do grubego szkła nie występował tu efekt paralaksy. Rozwiązanie to weszło do produkcji jednak dopiero w 1918 r., chociaż system taki rekomendowany był już w 1897 r. przez Maxa Levy’ego. Płyty szklane i filmy były stosowane równolegle/zamiennie przez cały okres wojny. Dopiero około roku 1920 płyty szklane zaczęły być uznawane za przestarzałe [4]. Po części przyczyniło się do tego wprowadzenie w 1921 r. (niepalnego!) octanu celulozy do produkcji rentgenogramów, poprzedzone kilkoma głośnymi pożarami szpitalnych archiwów rentgenowskich (samozapłon).



Rycina 8. Francuski ambulans rentgenowski z ciemnią w drodze (A) oraz rozwinięty (B) (źródło: 21. pozycja piśmiennictwa)

Figure 8. French X-ray ambulance with a darkroom on its way (A) and ready to use (B) (source: reference no. 21)



Rycina 9. A. Schemat ciągu technologicznego z układem pojemników do wywoływania rentgenogramów w ciemni ręcznej. **B.** Ciemnia ręczna z układem pojemników do wywoływania rentgenogramów (źródło: materiał własny).

Figure 9. A. Diagram of process line with a set of containers for developing X-ray pictures in manual darkroom. **B.** Manual darkroom a set of containers for developing X-ray pictures (source: authors' collection).

Radiologia wojskowa w U.S. Army 1917–1919

Wkraczający w 1917 r. do wojny Amerykanie mieli nikłe doświadczenia w organizacji służby radiologicznej i budowie polowych gabinetów RTG. Wynikało to z faktu, że ostatni raz gabinety RTG Amerykanie rozwijali jedynie na pokładach okrętów szpitalnych, w wojnie z Hiszpanią 1898 r. Studiując trudne doświadczenia Greków w zapewnieniu zasilania aparatury RTG w czasie wojny z Turcją w 1897 r. oraz brytyjskie w toku kampanii w dolinie Tirah, gdzie miał miejsce ostrzał punktu medycznego w czasie usuwania pocisku pod kontrolą fluoroskopii, Amerykanie doszli do wniosku, że aparat RTG nie

będzie efektywnie wykorzystywany w pobliżu linii frontu. Stąd też narodził się pogląd, że używanie aparatów RTG w ruchomych szpitalach nie jest zasadne i powinno być ograniczone tylko do stałych szpitali bądź okrętów szpitalnych, gdyż: „...pocisk w ranie rzadko jest przyczyną wymagającą jego natychmiastowego usunięcia”. Pogląd ten na tyle zawładnął umysłami decydentów, że kiedy 6 kwietnia 1917 r. USA przystąpiły do wojny, U.S. Army i U.S. Navy nie posiadały w ogóle polowej aparatury RTG. Dlatego dopiero „Wielka Wojna” zweryfikowała amerykańskie koncepcje, a zdobyte w niej doświadczenia zostały ujęte w wydany w 1918 r. podręczniku „U.S. Army Division 1918”. Zawierał on wiele

praktycznych wskazówek i informacji na temat radiologii polowej.

Archiwizacja. Pułkownik Christie, który był odpowiedzialny za zaopatrzenie w sprzęt rentgenowski armii amerykańskiej na froncie zachodnim, porównując różne rodzaje ambulansów, stwierdził: „Przewaga angielskich i francuskich pojazdów nad amerykańskimi polega na tym, że dwa pierwsze mają wewnątrz ciemnię! Jednak doświadczenia wojny pokazują, że większość działań z użyciem promieni rentgenowskich w pobliżu pola walki i w szpitalach ewakuacyjnych to fluoroskopia. Zaś kilka filmów, które trzeba wywołać, z łatwością można wykonać w małej przenośnej ciemni, będącej na wyposażeniu amerykańskiego polowego gabinetu RTG” [23].

II wojna światowa (1939–1945)

Uwagi płk. Christie o braku zasadności instalowania ciemni na samochodach nie znalazły posłuchu, skoro w przededniu wybuchu II wojny światowej stały się one standardem mobilnych gabinetów RTG większości armii europejskich.

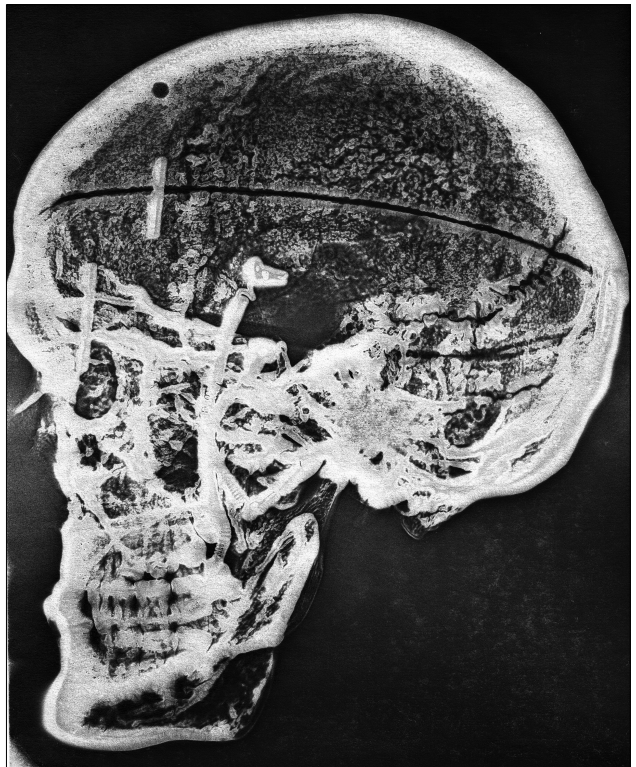
Archiwizacja. Kolejnym usprawnieniem ułatwiającym przenoszenie rentgenogramów między tankami w procesie obróbki chemicznej i suszenia było wprowadzenie przez firmę Kodak jeszcze w 1918 r. metalowych ramek do mocowania filmów [24].

Względna prostota systemu sprawiła, że do końca II wojny światowej standardowym wyposażeniem polowych ciemni pozostały tanki i ramki, chociaż w doraźnych sytuacjach nadal stosowano przenośne ciemnie, pozwalające na przeładowanie kasety oraz wywołanie filmu, jak w czasie I wojny światowej. Dopiero w 1956 r. firma Kodak opracowała rynkową wersję wywoływarki automatycznej o wydajności 6 filmów/min, w której film był transportowany za pomocą szeregu wałków/rolek. Urządzenie to było jednak dalekie od mobilności, gdyż ważyło 750 kg i miało aż 3 metry długości.

Konflikty regionalne po II wojnie światowej

Wojna koreańska (1950–1953)

Zabezpieczenie medyczne w Korei obejmowało pięć poziomów (*level/echelon*) ewakuacji medycznej, w którym na trzecim ulokowano diagnostykę RTG w MASH (Mobile Army Surgical Hospital). Dopiero tu dokonywano rzeczywistego zaopatrzenia chirurgicznego rannych, a nie tylko podtrzymano funkcje życiowe. Był to zarazem krytyczny element ewakuacji medycznej, który decydował o sukcesie leczniczo-ewakuacyjnym [25]. Użytkownicy z początku w MASH sprzęt rentgenowski pochodził



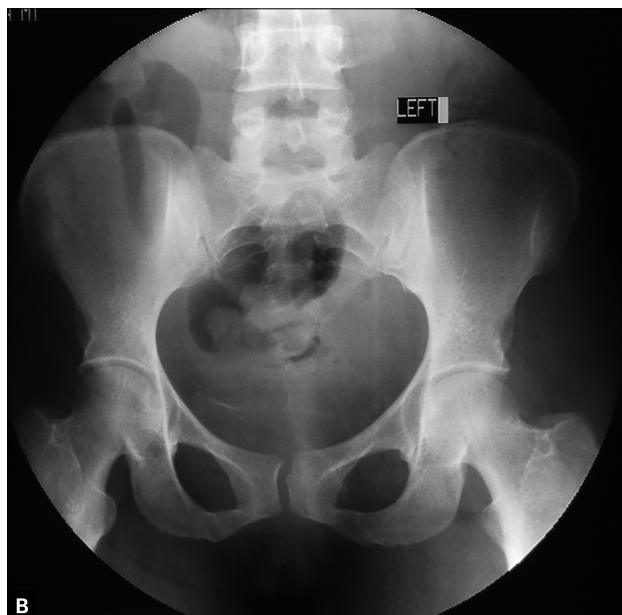
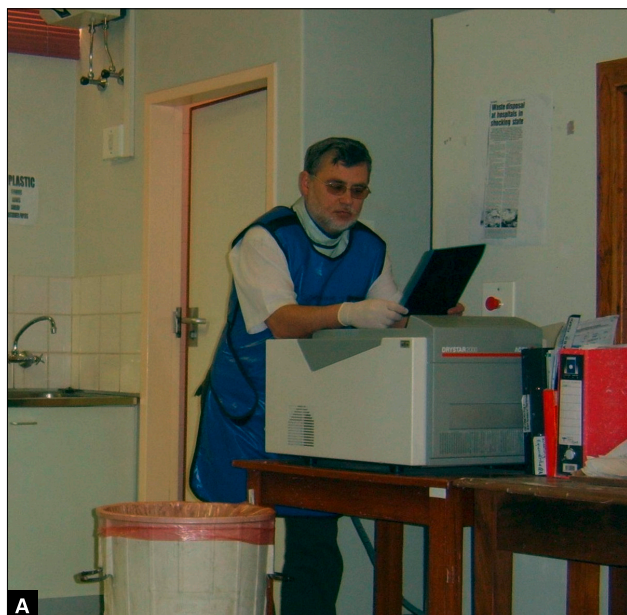
Rycina 10. Kseroradiogram fantomu czaszki zatopionej w bloku parafinowym. Wartości ekspozycji: 50kV/100mAs przy odległości 70cm (źródło: materiał własny)

Figure 10. Xeroradiogram of a skull phantom dipped in a paraffin block. Parameters of exposure: 50kV/100mAs with a distance of 70cm (source: authors' collection))

jeszcze z okresu II wojny światowej, a doktryna wyniesiona z doświadczeń tej wojny skupiała się zasadniczo na metodach lokalizacji pocisków/odłamków i na ocenie rozległości złamań postrzałowych, do czego w zupełności wystarczały stosowane od dawna: fluoroskopia i rentgenografia. Tymczasem wdrożenie na szerszą skalę w MASH chirurgii naczyniowej sprawiło, że oczekiwania wobec radiologii znacznie przekraczały możliwości sprzętowe. To właśnie nowe techniki operacyjne wymusiły konieczność szybkiej modernizacji zarówno aparatury rentgenowskiej, jak i poszukiwanie nowych sposobów zapisu obrazów. Ze standaryzacją aparatów RTG uporano się dość szybko, czego nie można powiedzieć o ciemni.

Archiwizacja. Obróbka rentgenogramów nadal pozostawała na etapie systemu tanków i ramek, jak czasie II wojny światowej. Jedyną nowością było wprowadzenie na wyposażenie 2,5 kW suszarki elektrycznej.

Wprowadzenie suszarek było jedynym remedium, które mogło skrócić proces obróbki rentgenogramów. Nierzadko bowiem ranny po wstępnej diagnostyce w MASH i zakwalifikowaniu do szybkiej ewakuacji



Rycina 11. A. DRYSTAR 1000 – drukarka laserowa do zapisu obrazu na kliszy/filmie. Departament of Diagnostic Radiology and Imaging University of Limpopo -MEDUNSA, Polokwane, RSA/RPA, kwiecień 2004. **B.** Obraz zapisany na kliszy przez drukarkę laserową (źródło: materiał własny).

Figure 11. A. DRYSTAR 1000 – laser printer recording images on the radiographic film. Department of Diagnostic Radiology and Imaging University of Limpopo -MEDUNSA, Polokwane, RSA/RPA, Apr. 2004. **B.** The image of the X-ray saved on the film by a laser printer (source: authors' collection).

helikopterem otrzymywał jeszcze słabo utrwalone i wysuszone rentgenogramy, które po dotarciu na wyższy poziom ewakuacji medycznej były już często mało czytelne. To właśnie helikopter zrewolucjonizował i uelastycznił model ewakuacji medycznej, wykazując zarazem archaiczność wyposażenia ciemni polowych gabinetów RTG. Początkowo wydawało się, że zmianę patowej sytuacji przyniesie sprzedawany od 1948 r. aparat fotograficzny systemu Polaroid, w którym zastosowano specjalne kasety z papierem fotograficznym zamiast kliszy. Pozwalało to na uzyskanie suchego zdjęcia już po 60 sekundach, bez udziału człowieka. Zdjęcia uzyskiwane tą metodą nie spełniały jednak parametrów jakościowych, przez co projekt zarzucono [26]. Kolejną nadzieję pokładano w wynalezionej w 1950 r. przez dr. Roberta C. McMastera kseroradiografii, która pozwalała na rejestrację obrazu na zwykłym papierze (ryc. 10.). Nie znalazła ona jednak szerszego zastosowania, z wyjątkiem krótkiego okres świetności w kseromammografii. Urządzenia takie, produkcji ZSRR, pozostawały na wyposażeniu Wojska Polskiego jedynie w zestawach mobilizacyjnych do lat 90., po czym zostały wycofane.

Niewątpliwie nową jakością było pojawienie się w roku 1951 elektronicznego wzmacniacza obrazu, który pozwalał na prowadzenie fluoroskopii przy świetle dziennym dzięki przeniesieniu obrazu na ekran monitora (rentgenotelewizja), na dodatek przy redukcji dawki promieniowania o 25% [27]. Duża jasność uzyskiwanego obrazu na monitorze pozwalała także na bezpośrednią rejestrację

obrazu w technice systemu analogowego – pośredniego metodą telerekordingu, zastąpionego w 1956 r. magneto-widem, a od 1984 r. drukarką laserową (ryc. 11.).

Wojna wietnamska (1957–1975)

Trudne warunki klimatyczne, terenowe oraz zagrożenie przez partyzantów transportu drogami lądowymi wymusiły ewakuację medyczną rannych z pola walki za pomocą helikopterów. Stało się to możliwe dzięki absolutnej dominacji U.S. Air Force w powietrzu. Szerokie zastosowanie helikopterów pozwalało zarazem na ewakuację rannych bezpośrednio z pola walki do szpitali zlokalizowanych w dużych bazach wojskowych bądź na okręty szpitalne pływające wzdłuż wybrzeża Wietnamu, które miały rozbudowane zaplecze leczniczo-diagnostyczne oraz liczny personel medyczny.

Archiwizacja. Chociaż zlokalizowanie diagnostyki RTG w dużych bazach pozwalało na użytkowanie nawet największych wywoływarek automatycznych „X-Omat”, których w roku 1960 użytkowano w USA już 200, to brak na ten temat pewnych informacji. Także pełniący służbę USS „Sanctuary” (AH-17), który posiadał na pokładzie 3 aparaty RTG, jak wykazują materiały filmowe, nadal stosował wyłącznie wywoływanie zdjęć „na mokro” w tankach i ramkach. Być może przyczyną nie była tylko cena i wielkość samego urządzenia. Wywoływarka automatyczna nadal nie eliminowała konieczności istnienia ciemni. W ciemni bowiem ładowano czysty film



Rycina 12. Wywoływarka automatyczna AGFA Curix 69 postawiona na skrzyni transportowej w kontenerze–ciemni. Polski Szpital Polowy Polskiego Kontyngentu Wojskowego w składzie Sił Stabilizujących w Republice Iraku, Camp Lima k. Karbali, 2004–2008 (źródło: materiał własny)

Figure 12. AGFA Curix 69 automatic developer on the transport box in darkroom container. Polish Field Hospital of the Polish Military Contingent in the Stabilization Force in the Republic of Iraq. Camp Lima near Karbala, 2004–2008 (source: authors' collection)

do kasety, w ciemni również wyjmowano naświetlony film z kasety i wkładano go do wywoływarki automatycznej. Dlatego w tym czasie nie miało istotnego znaczenia wprowadzenie w 1960 r. poliestru jako podłoża do produkcji rentgenogramów, który pozwolił na podwyższenie temperatury wywoływacza do 36°C. Dzięki temu proces obróbki rentgenogramu w ciemni automatycznej trwał już tylko 90 sekund. Dopiero w 1975 r. weszła na rynek pierwsza automatyczna wywoływarka stołowa – AGFA Gevamic 60. Było już jednak za późno na zmiany, ponieważ jej wprowadzenie zbiegło się w czasie z zakończeniem w 1975 r. wojny wietnamskiej.

Pomimo niedużych rozmiarów, kompaktowej budowy i niewielkiej wagi (ok. 40 kg) zasadniczą wadą stołowej wywoływarki automatycznej była konieczność dokładnego wypoziomowania urządzenia na starcie oraz posiadania ciemni. Była to jednak nowa jakość, która szybko zdomowała się w szpitalach polowych i na okrętach. Świadczy o tym obecność wywoływarki automatycznej AGFA Curix 69, która była na wyposażeniu Polskiego Szpitala Polowego w Iraku, rozwiniętego na terenie bazy Camp Lima k. Karbali w latach 2003–2008 (ryc. 12.). Urządzenie to znajdowało się uprzednio na wyposażeniu francuskiego szpitala polowego, który rząd francuski przekazał w darze dla Wojska Polskiego w latach 90. XX wieku.



Rycina 13. W rogu widoczna mała ciemnia automatyczna na pokładzie doku desantowego USS „Bonhomme Richard” (LHD-6), Zatoka Perska, maj 1991 (źródło: R. Łochowski – za zgodą)

Figure 13. In the corner – small automatic darkroom on board assault ship USS “Bonhomme Richard” (LHD-6), Persian Gulf, May 1991 (source: R. Łochowski – by permission)

Pierwsza wojna w Zatoce Perskiej (1991)

Prowadzone przez siły koalicyjne działania bojowe pod dowództwem USA trwały od 17 stycznia do 28 lutego 1991 r. W szczytowym okresie działań bojowych U.S. Army dysponowała 44 szpitalami, na które składały się: Mobile Army Surgical Hospital (MASH), Combat Support Hospital (CSH), okręty szpitalne oraz szpitale w południowo-wschodniej Azji [25].

Operation Desert Storm

Operacja Pustynna Burza ujawniła konieczność posiadania bardziej mobilnych elementów medycznych, ponieważ pomimo obserwowanych małych strat sanitarnych nastąpiło zwiększenie ciężkości obrażeń, które wymagały bardziej zdecydowanych działań. Dodatkowym impulsem do tego stała się zmiana organizacyjna jednostek bojowych na system brygadowy – BCT (*brigade combat team*), UEx (*future division/corps*) i UEy (*future corps/army*). Duża mobilność tych jednostek wymagała zatem szybkiego zwiększenia mobilności jednostek medycznych. Zaczątkiem tego procesu było wydzielenie z CSH jednostki manewrowej Medical Reengineering Initiative (MRI).

Archiwizacja. W tym czasie stołowe ciemnie automatyczne (ryc. 12.), m.in. dzięki kolejnym modyfikacjom odczynników chemicznych i materiałów użytych do produkcji klisz rentgenowskich, pozwoliły na skrócenie procesu wywoływania rentgenogramu do 45 sekund. Urządzenia tego typu znajdowały się nie tylko na wyposażeniu szpitali polowych, ale także na okrętach (ryc. 13.).



Rycina 14. Drukarka laserowa na pokładzie doku desantowego USS „Bonhomme Richard” (LHD-6), Zatoka Perska, maj 1991 (źródło: R. Łochowski – za zgodą)

Figure 14. Laser printer on board assault ship USS “Bonhomme Richard” (LHD-6), Persian Gulf, May 1991 (source: R. Łochowski – by permission)

Zwiastunem nowych metod utrwalania obrazów RTG było wprowadzenie w 1984 r. drukarek laserowych (ryc. 11., ryc. 14.).

Druga wojna w Zatoce Perskiej (2003)

Wojna ta obejmowała trzytygodniowe działania bojowe od 20 marca do 1 maja 2003 r., zakończone okupacją Iraku trwającą formalnie do 2005 r.

Archiwizacja. Z punktu widzenia radiologii polowej wojna ta była prawdziwym przełomem, który nastąpił za sprawą założonej w 1995 r. izraelskiej firmy OREX Ltd. Zajmująca się początkowo rejestracją cyfrową obrazów RTG w stomatologii firma weszła przebojem na rynek z przenośnym urządzeniem do skanowania obrazów w oparciu o kasety z płytami fosforowymi. Urządzenie o nazwie PcCR 1417 ACL4 zrewolucjonizowało archiwizację obrazów rentgenowskich w warunkach polowych (ryc. 15.). Rewolucja nie dotyczyła tylko wielkości samego urządzenia (L-100, B-80, H-50 cm) ani jego wagi (40 kg), które pozwalały na ustawienie urządzenia na zwykłym stole polowym – prawdziwą nowością było uzyskanie obrazu rentgenowskiego na ekranie monitora



Rycina 15. Polowy Gabinet RTG w FST – Camp Babilon. (1) PcCR 1417 ACL4. (2) Komputer/monitor obrazów RTG (zdjęcie wykonane 12.12.2003) (źródło: materiał własny)

Figure 15. Field X-ray room in FST – Camp Babylon. (1) PcCR 1417 ACL4. (2) Computer/RTG (images screen 12th Dec 2003) (source: authors’ collection)

w czasie krótszym niż 1 minuta bez konieczności posiadania ciemni, odczynników chemicznych, suszarki itp.! Pracujące w temperaturach 18–30°C i maksymalnej wilgotności do 80%, w dobie szerokiego stosowania klimatyzatorów w Iraku, urządzenie to było proste w eksploatacji. Istotną zaletą była kompatybilność systemu z użytkowanymi dotychczas aparatami rentgenowskimi. O tym, jak bardzo oczekiwane było to urządzenie, świadczy fakt, że pierwsze zamówienie U.S. Army opiewało aż na 250 sztuk.

Podsumowanie

Zdaniem autora najlepszą obroną przed ewentualnym zarzutem kryptoreklamy urządzenia jest przedstawiona powyżej perspektywa historyczna wszystkich bolączek, barier i trudności, jakie towarzyszyły archiwizacji obrazów w radiologii polowej od chwili narodzin i pojawienia się jej w służbie Marsa aż do momentu wprowadzenia do służby PcCR 1417 ACL4.

Piśmiennictwo

1. Patton DD. Roentgen and the discovery. In: Gagliardi RA, Almond PR, eds. A history of the radiological sciences. 2: Diagnosis. Radiological Centenal, Inc, Reston VA, 1996: 5, 37.
2. Biffi R. Il fare responsabile del tecnico radiologo. Università degli Studi di Milano Facoltà di Medicina e Chirurgia. Anno Accademico 2013–2014: 7
3. Leszczyński S. Historia radiologii polskiej na tle radiologii światowej. Medycyna Praktyczna, Kraków 2000: 120

4. Gwiazdowska B, Bulski W, Sobieszczak-Marciniak M. Znane i mało znane fakty z życia uczzonej c.d. PTJ. 2015; 58: 1
5. Assmus A. Early history of X-Ray. Beam Line, SLAC National Accelerator Laboratory, Kalifornia 1995: 24. www.slac.stanford.edu/pubs/beamline/25/2/25-2-assmus.pdf.
6. Thomas AMK, Gotta C, Buzzi AE, Suárez MV. Radiología militar: los primeros 5 años (1895–1900). *Rev Argent Radiol*, 2008; 72: 3
7. Mould RF. A history of X-rays & radium. IPC Publishing, Sutton 1980: 43
8. Alvaro G. I vantaggi practice della scoperta Röntgen in chirurgia. Determinazione diagnostic nella ricerca dei proiettili sopra i soldati feriti provenienti dall' Africa. [The practical benefits to surgery of Röntgen's discovery. Diagnostic results in the location of bullets in wounded soldiers from Africa.] *Gionale Medico del Regio Esercito* 1896; 44: 383–394
9. Küttner H. Über die Bedeutung der Röntgenstrahlen für Kriegschirurgie; nach Erfahrungen im Griechisch-Türkisch Krieg 1897. [The importance of Roentgen rays in war surgery based on experience in the Graeco-Turkish war of 1897.] *Beiträge Klin Chir*, 1898; 20: 167–230
10. Tunaci A, Yildirim N, Ulman YI, et al. First use of X-rays in Ottoman Empire. *ECR* 2004: C-898
11. Abbott FC. Surgery in the Graeco-Turkish war. Part 1. *Lancet*, 1899; 1: 80–83; Part 2. 1899; 1: 152–156
12. Fuchs AW. Evolution of Roentgen film. *Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med*, 1960; 83: 363–367
13. Hutchinson HD. Campaign in Tirah 1897–1898 an account of the expedition against the Orakzaiz and Afridis under Gen. Sir William Lockhart G.C.B., K.C.S.I., based (by permission) of letters contributed to „The Times“ London, MacMillan and Co, Ltd. London 1898: 245
14. Fyfe H. The Rontgen rays in Warfare. *Strand Magazine*, 1899; 17: 777–784
15. Magiorkinis E, Vladimirov I, Diamantis A. The early history of military radiology (1896–1916): from Wilhelm Conrad Röntgen to the first world war. *Balkan Military Med Rev*, 2010; 13: 163–169
16. Borden WC. The use of the Röntgen rays by the medical department of the United States Army in the war with Spain (1898). Government Printing Office, Washington DC 1900. www.archive.org/stream/b24877426#page/56/mode/2uphttps://journals.viamedica.pl/nowotwory_journal_of_oncology/article/view/NJO.2015.0011/28486
17. Battersby J. The present position of the Roentgen rays in military surgery. *Archiv Roentgen Ray* 1899; 3: 74–80 (Reprinted as: The Roentgen rays in military surgery. *Br Med J*, 1899; 1: 112–114)
18. Mould RF. Military radiology before and during the First World War 1896–1918. *J British Soc Hist Radiol*, 2014: 39
19. Villiers JC. The Medical aspect of the Anglo-Boer war, 1899–1902 part 2. *Military Hist J*, 1984; 6: 3
20. Diamantis A, Magiorkinis E. Mobile radiography units in Balkan War. *J R. Army Med Corps*, 2016; 162 (1): 78–80
21. Fleming. Veröffentlichungen aus dem Gebiete des Militätswesens. Verlag von August Hirschwald, NW, NW, Unter den Linden 68, Berlin 1914
22. Curie M. Les radiology et la guerre. Librairie Felix Alcon, Paris 1921
23. Fuchs AW. Evolution of Roentgen film. *Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med*, 1956; 75: 30–48
24. Van Tiggelen R. Radiology in trench coat. *Military Radiology on the Western Front during the Great War*. Brussel 2003
25. Haus AG, Cullinan JE. Screen film processing systems for medical radiography: a history review. *RadioGraphics* 1989; 6: 1203–1224
26. Nessen SC. The mobile modular surgical hospital: the army medical department's future unit of action. *Fort Leavenworth, Kansas* 2005
27. Berman HL. The X-Ray service in an army area surgical hospital (1954). www.history.amedd.army.mil/booksdocs/korea/recad1/ch3-1.html
28. Pruszyński B, Kowski R. Systemy detekcji promieniowania i prezentacji obrazu. In: Pruszyński B, ed. *Diagnostyka obrazowa, podstawy teoretyczne i metodyka badań*. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2000: 79–102