



Dawkomierze radioterapeutyczne stosowane w Centrum Onkologii w Warszawie w latach 1932-2000

Część II - dawkomierze "Victoreen" i "Mekapion"

Jerzy Tołwiński, Barbara Gwiazdowska, Wojciech Bulski

Zakład Fizyki Medycznej Centrum Onkologii w Warszawie, ul. Roentgena 5, 02-781 Warszawa, Polska

Rep Pract Oncol Radiother 2004;9:187-95, historical review

Streszczenie

Cel: Opracowanie miało na celu przedstawienie charakterystyki urządzenia, opisów budowy, działania i obsługi oraz zastosowań klinicznych dawkomierzy radioterapeutycznych stosowanych w Centrum Onkologii w Warszawie w latach od 1932 do 2000, to jest od początku istnienia Instytutu Radowego w Warszawie przy ul. Wawelskiej.

Materiał i metody: Materiał stanowiły gromadzone latami dawkomierze używane w Zakładzie Radioterapii i Zakładzie Fizyki Medycznej, dodatkowe wyposażenie dozymetryczne, dokumentacja techniczna i protokoły z pomiarów dawek. Przyjęto selektywny opis wybranych parametrów fizycznych aparatury w celu wyeksponowania podobieństw i różnic między przedstawianymi dawkomierzami.

Wyniki: Przygotowano opisy dla wszystkich prezentowanych dawkomierzy zawierające możliwie pełną użytkową charakterystykę urządzenia dla zaznajomienia czytelnika z różnorodnością występujących rozwiązań konstrukcyjnych i kierunkami rozwoju dozymetrii. Całość zilustrowano fotografiami aparatury i jej przekrojami technicznymi oraz schematami połączeń.

Podsumowanie: Przygotowane opracowanie będzie stanowiło unikalny materiał dotyczący praktycznie całej aparatury dozymetrycznej używanej w polskiej onkologii w okresie ostatnich 70 lat. Opracowanie to będzie również jednym z nielicznych w Europie.

Słowa kluczowe: radioterapia, dozymetria, dawkomierze, pomiary dawek promieniowania jonizującego.

Wstęp

Przedstawione opracowanie ma na celu przybliżenie zainteresowanym czytelnikom historii rozwoju aparatury dozymetrycznej uwzględniającej zmiany, jakie dokonały się w wyniku stałego uściślenia metod pomiaru dawek, wzrastających wymagań w zastosowaniach klinicznych oraz rosnącego postępu technicznego. Podstawę opracowania stanowią dawkomierze gromadzone w Zakładzie Fizyki Medycznej Centrum Onkologii w Warszawie w okresie od roku 1932 to jest od roku otwarcia Instytutu Radowego w Warszawie do chwili obecnej. Zbiór ten jest znacznie większy, zarówno ilościowo jak i jakościowo od dawkomierzy używanych w krajowych Ośrodkach Onkologicznych i jest porównywalny z odpowiednim wyposażeniem używanym w przodujących europejskich zakładach radioterapii, które wprowadzano stopniowo w polskiej onkologii.

Prezentowany materiał jest rezultatem przeprowadzonego wyboru wynikającego z konieczności wprowadzenia znaczących skrótów do zbyt szczegółowych opisów dawkomierzy, celem ograniczenia posiadanego materiału tylko do istotnych zagadnień i problemów oraz dostosowania się do wymagań edytorskich. W opracowaniu wzięto pod uwagę wyłącznie dawkomierze znajdujące się w zbiorach Zakładu Fizyki Medycznej Centrum Onkologii w Warszawie. Pozwoliło to na przygotowanie opisów na podstawie własnych wieloletnich doświadczeń użytkowania dawkomierzy i oceny ich parametrów, a nie tylko na informacji zawartej w dokumentacji producenta.

W prezentowanym materiale uwzględniono tylko te dawkomierze, w których dawka określana jest na podstawie pomiaru jonizacji w powietrzu (komory jonizacyjne) lub ciele stałym (detektory półprzewodnikowe). Pominięto dawkomierze, w których pomiar dawki odbywa się metodami chemicznymi, filmowymi, kalorymetrycznymi lub termoluminescencyjnymi.

Nie brano również pod uwagę laboratoryjnych zestawów z przypadkowo dobranymi komorami jonizacyjnymi i elektrometrami używanymi często do względnych pomiarów aktywności preparatów radowych i innych ciał promieniotwórczych.

Jako pierwszy dawkomierz spełniający warunki pomiaru dawki wiązek promieniowania X przyjęto dawkomierz „Kuestner” składający się z dużej komory jonizacyjnej połączonej z elektrometrem strunowym, pozwalający wyznaczać dawkę w danej objętości.

Całość materiału podzielono na części przeznaczone do publikacji w jednym numerze czasopisma. Każda z części będzie zawierała opis nie więcej niż dwóch dawkomierzy, w sposób uporządkowany, zapewniający możliwość porównywania parametrów dawkomierzy zamieszczanych w kolejnych numerach czasopisma. Przyjęto dla wszystkich opisów standardowy układ składający się z: wprowadzenia, budowy, działania i użytkowania. Tekst uzupełniono rycinami dotyczącymi wyglądu zewnętrznego dawkomierza, jego przekroju i schematu działania.

Przedstawione opracowanie będzie istotnym uzupełnieniem zbioru dawkomierzy eksponowanych w Zakładzie Fizyki Centrum Onkologii w Warszawie. Zbiór ten jest unikalny zarówno w kraju jak i w Europie, ze względu na jego liczebność, różnorodność i czas gromadzenia. Mamy nadzieję, że zainteresowani czytelnicy będą mogli uzupełniać prezentowane dane informacją o dawkomierzach, które istnieją jeszcze w różnych zakładach fizyki lub radioterapii jako nieużywana aparatura dozymetryczna. Autorzy będą wdzięczni za przekazanie tej informacji.

Dotychczas ukazały się: Reports of Practical Oncology and Radiotherapy Vol. 9, No 5, 2004; dawkomierz "Kuestner" produkcji Spindler&Hoyer, Gottingen, Niemcy; dawkomierz "Hammer" produkcji PTW, Freiburg, Niemcy.

Radiotherapy dosimeters used at the Centre of Oncology in Warsaw during the period 1932-2000

Part II - "Victoreen" and "Mekapion" dosimeters

Summary

Purpose: Presentation of characteristics, construction, functioning and clinical applications of radiotherapy dosimeters which were in use at the Centre of Oncology during the period 1932-2000, since the opening of the Radium Institute at the Wawelska Street in Warsaw.

Material and methods: Various dosimeters used at the Centre of Oncology, still in the possession of the Medical Physics Department, together with additional accessories and old measurement protocols are presented. A method of selective description of various physical parameters, elements of construction and principles of functioning was applied, in order to be able to compare various dosimeters and highlight the similarities and differences.

Results: Detailed descriptions were prepared for all dosimeters, together with photographs, and schematic illustrations of their construction and circuitry.

Summary: The present study consisting of a series of dosimeter descriptions is a unique material concerning the dosimetry equipment in use in Poland over the last 70 years. It is one of very few such studies in Europe.

Słowa kluczowe: radiotherapy, dosimetry, dose measurements.

Introduction

The aim of this study is to enable the interested readers to get familiar with the history of development of dosimetry equipment which followed increasing requirements concerning the measurement accuracy. The study is based on the collection of dosimeters gathered at the Medical Physics Department since the opening of the Radium Institute in Warsaw in 1932. This collection is representative of the variety of dosimeters which were used at regional radiotherapy centers countrywide, and which were acquired upon recommendation of the Centre of Oncology. It is also representative for equipment used at leading European centers whose treatment methods and dosimetry procedures were gradually introduced in Warsaw and in other Polish centres.

The material presented here is a result of a selection which had to be done in order to limit the size of the presentation and adapt it to the editorial requirements. The subjects of the study are only the dosimeters which make part of the collection of the Medical Physics Department. Therefore the descriptions of the dosimeters are mostly based on the long term experience in the use of them, and not only on the documentation provided by the manufacturers.

Only the dosimeters based on the measurement of ionization in air or solid state are presented. Other dosimeters, chemical, densitometric, calorimetric or thermoluminescent, are excluded.

We also do not discuss the measurement devices put together for the laboratory measurements, especially for the measurements of the activity of radium and other radioactive sources. The first dosimeter fulfilling the conditions necessary for the measurements of dose in X-ray beams was the Kuestner dosimeter, composed of a large ionization chamber coupled with a string electrometer.

This series of presentations has been divided into a number of parts which are to be published in subsequent editions of the journal. Each part contains descriptions of two dosimeters, structured so as to enable comparisons of their technical and physical parameters - introduction, construction and functioning. The text is illustrated with photographs of the external and internal view of the dosimeters, and with schematic illustrations of their construction and circuitry.

This series of articles will supplement the collection of dosimeters exhibited at the Medical Physics Department of the Centre of Oncology in Warsaw. From the point of view of the number of exhibits, their variety and the time scale of their gathering, the collection is unique in Poland and may only be rivaled by very few similar collections in Europe. We hope that the readers interested in the subject will provide additional information concerning old dosimetry equipment which may still exist in medical physics or radiotherapy departments. The authors would be very grateful for such information.

Until now the following dosimeters were presented: Kuestner dosimeter, Spindler&Hoyer, Goettingen, Germany; Hammer dosimeter, PTW, Freiburg, Germany; Reports of Practical Oncology and Radiotherapy, Vol. 9, No 5, 2004.

3. DAWKOMIERZ "VICTOREEN" THE "VICTOREEN" DOSIMETER

produkcja: The Victoreen Instrument CO, Cleveland, USA

Wstęp

Pierwszy dawkomierz dostosowany do rutynowych pomiarów klinicznych w radioterapii, konstrukcji J. A. Victo-

reena w 1927 r. W pierwszych wersjach określany jako dawkomierz Frickego i Glassera. Liczne modyfikacje doprowadziły do powstania szeregu modeli, z których model "The Victoreen Condenser r-Meter Glasser-Seits type" [1],

produkowany seryjnie od 1930 r., został opisany w przedstawionym opracowaniu. Dawkomierz ten działa na zasadzie elektrometru strunowego z elektrostatycznym źródłem do wytwarzania ładunków. Wyposażony jest w komory jonizacyjne typu kondensatorowego odłączane od elektrometru w czasie ich ekspozycji na promieniowanie jonizujące. Część kondensatorowa komory o dużej pojemności elektrostatycznej umożliwia pomiary dużych dawek do 250 R w zakresie energii promieniowania rentgenowskiego od 60 kV do 900 kV oraz promieniowania gamma radu [2].

Unikalna, konstrukcja optymalne dostosowanie do warunków pomiarów w radioterapii łatwość obsługi i transportu uczyniły z dawkomierza "Victoreen" znany i szeroko użytkowany przyrząd dozymetryczny po 1930 r. W okresie powojennym, dawkomierze te pojawiły się w Polsce w ramach pomocy Organizacji Narodów Zjednoczonych w ramach United Nation Relief and Rehabilitation Administration (UNRRA) w latach 1950-1953.

Dawkomierze te produkowała firma "The Victoreen Instrument CO" w Cleveland, Ohio, USA.

W Zakładzie Fizyki Medycznej Centrum Onkologii znajdują się 3 egzemplarze dawkomierzy "Victoreen" częściowo zdekompletowane. Od roku 1951 do 1970 prowadzono kalibrację przyrządów nadsyłanych z całego kraju. Kalibracja polegała na porównaniu wskazań przysyłanych dawkomierzy z dawkomierzem nie używanym do pomiarów klinicznych i posiadającym oryginalne amerykańskie świadectwo kalibracji (luty 1947). Zajmowano się również naprawą uszkodzonych przyrządów łącznie z zakładaniem struny do elektrometru. Dla potrzeb ochrony radiologicznej wykonano komorę rozproszeniową o objętości 650 cm³.

Introduction

The first dosimeter designed for the routine measurements in clinical radiotherapy was constructed by J. A. Victoreen in 1927. The first versions were described as Fricke and Glasser dosimeters. Numerous modifications lead to the appearance of a number of models, out of which the model "The Victoreen Condenser r-Meter Glasser-Seits type" [1], manufactured in series since 1930, is described here. The principle of functioning of this dosimeter is based on a string electrometer with an electrostatic source creating electrical charge. It is equipped with condenser ionization chambers, disconnected from the electrometer during the exposition to the ionization radiation. The chambers condenser allows for measurement of large doses, up to 250 R, for the radiation energy range 60-900 kV, and for the gamma radiation of radium sources [2].

Unique construction, optimally adapted to the measurements in clinical radiotherapy, the ease of handling and transport, made it a common dosimetry device after 1930. In the post second WW2 period these dosimeters appeared in Poland in the framework of the UNRRA programme

(United Nations Relief and Rehabilitation Administration) during the years 1950-1953. The dosimeters were manufactured by "The Victoreen Instrument Co" in Cleveland, USA.

In the Medical Physics Department of the Centre of Oncology in Warsaw there are three units of the Victoreen dosimeters, some partly incomplete. Since 1951 the 1970s these dosimeters were used for calibration of other dosimeters, from regional radiotherapy centers from all over Poland. Calibrations were done against the Victoreen dosimeter used for clinical measurements which possessed calibration certificate from the USA, dated February 1947. The Medical Physics Department also performed repairs of the dosimeters, including mounting of the electrometer string. Additionally, a scatter ionization chamber, 650 ccm in volume, was constructed for radiation protection purposes.

Budowa

Wygląd zewnętrzny dawkomierza "Victoreen" oraz komór jonizacyjnych przedstawia *rycina 1*. Komora jonizacyjna wyposażona jest dodatkowo w tuleję bakelitową chroniącą naparstek komory przed uszkodzeniem mechanicznym oraz w nasadkę metalową zakładaną na tylną część obudowy w czasie przenoszenia i ekspozycji komory na promieniowanie X. Obie części tego wyposażenie uwidoczniło na *rycinie 1*.

Zewnętrzna obudowa dawkomierza o wymiarach 7 x 17 x 10 cm wykonana jest z grubej niklowanej blachy wyłożonej wewnątrz osłoną ołowianą grubości 6 mm.

Przekrój podłużny dawkomierza ze schematycznie zaznaczonymi częściami urządzenia ilustruje *rycina 2* [1,3,4]. Wnętrze podzielono poziomą przegrodą ołowianą. Nad przegrodą, znajduje się elektrometr składający się z meta-



Rycina 1. Wygląd zewnętrzny dawkomierza "Victoreen" wraz z komorami jonizacyjnymi i ich wyposażeniem ochronnym (tuleją bakelitową i nasadką metalową).

Figure 1. View of the Victoreen dosimeter, its ionization chambers and accessories for chamber protection (bakelite tube and metal cap).

lowego stojaka z rozpiętą na nim struną platynową grubości 0,05 mm, urządzenie do wytwarzania ładunków elektrostatycznych oraz mikroskop do obserwacji odchylenia struny od jej położenia zerowego.

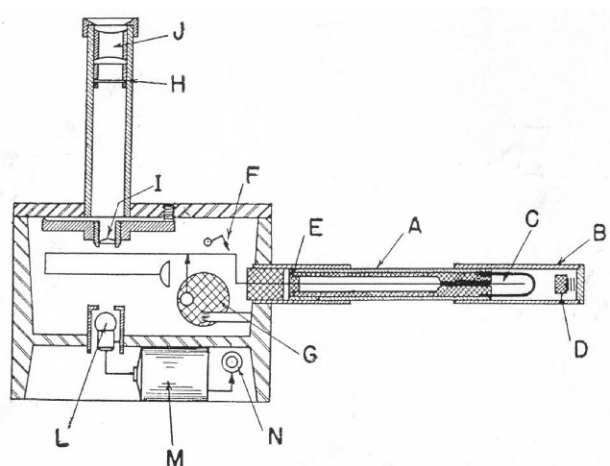
Szczegóły budowy stojaka widoczne są na *rycynie 3*. Podstawę stanowi płytka ołowiana ustawiona pionowo w stosunku do ścianek bocznych osłony dawkomierza. Przechodzący przez środek płytki pręt mosiężny oddzielony jest od niej izolatorem bursztynowy. Część środkową płytki z prętem mosiężnym można przesuwac w płaszczyźnie poziomej celem ustawienia struny w polu widzenia mikroskopu. Naciąg struny nadający jej wymaganą sprężystość regulowany jest obrotem śruby umieszczonej na końcu pręta. Pręt połączony jest z maszynką elektrostatyczną i elektrodą wewnętrzną komory jonizacyjnej.

Maszynka elektrostatyczna składa się z polistyrenowego krążka oraz okrągłej podkładki skórzonej nasączonej amalgamatem rtęci i przyklejonej do sprężynującej blaszki. Krążek umieszczony jest na przesuwnej osi wyprowadzonej na zewnątrz i zakończonej dużym pokrętkiem widocznym

na *rycynie 1*. Obrót pokrętła przy jednoczesnym jego wciśnięciu powoduje docisk krążka do podkładki skórzonej. Ładunki elektrostatyczne powstają w wyniku tarcia podkładki skórzonej o obracający się krążek. Ładunki te rozprzodane są do stojaka i struny elektrometru oraz do elektrody wewnętrznej komory. Rozładowanie elektrometru uzyskuje się przekręcając umieszczony na obudowie uchwyt, którego oś od strony wewnętrznej zakończona jest bolcem uziemiającym (*rycina 2, F*).

Na górnej pokrywie obudowy dawkomierza ustawiony jest pionowo mikroskop. W jego polu widzenia znajduje się struna na tle obrazu skali z zakresami dostosowanymi do każdej z trzech komór jonizacyjnych dawkomierza. Ustawienie struny elektrometru w polu widzenia układu optycznego oraz ustawienie ostrości obrazu przeprowadza się regulatorami oznaczonymi na obudowie przyrządu przez "zero adj." i "focus adj."

Pod przegrodą ołowianą znajduje się żarówka oświetlająca skalę, dwie baterie po 1,5V z wyłącznikiem oraz otwór

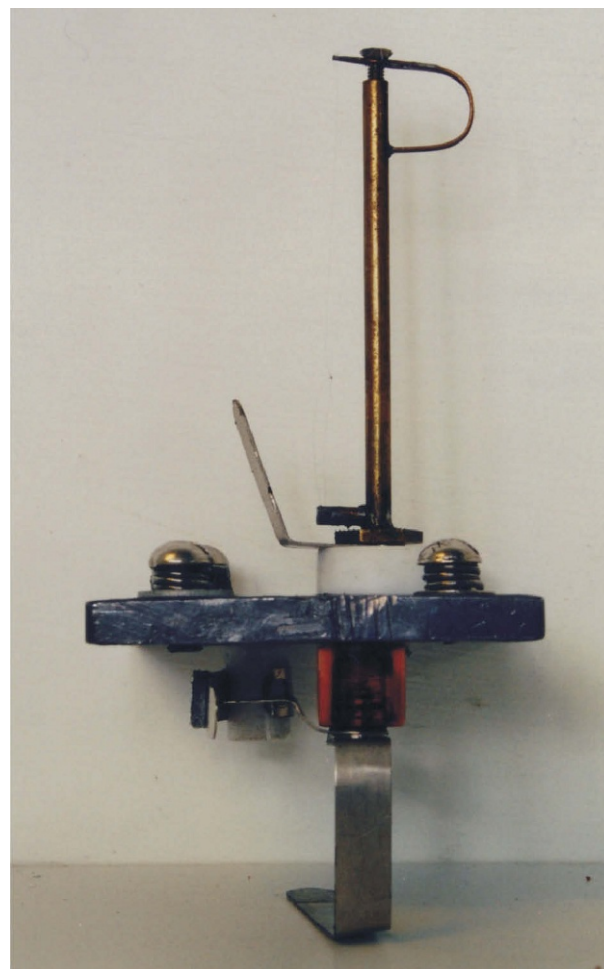


Rycina 2. Przekrój dawkomierza "Victoreen":

- A - kondensatorowa komora jonizacyjna
- C - elektroda wewnętrzna komory jonizacyjnej
- E - gniazdo łączące elektrodę wewnętrzną z elektrometrem
- B - nasadka metalowa zakładana na komorę
- D - sprężynujący korek zabezpieczający naparstek komory przed uszkodzeniem
- G - krążek polistyrenowy maszyny elektrostatycznej
- F - bolec uziemiający elektrometr
- Części mikroskopu: I - obiektyw, J - okular, H - skala
- L - żarówka oświetlająca pole widzenia mikroskopu
- M - bateria zasilająca żarówkę
- N - przycisk do oświetlania skali

Figure 2. Schematic view of the dosimeter construction:

- A - condenser ionization chamber
- C - central electrode of the chamber
- E - the docking end of the chamber
- B - metal cap protecting the chamber tip
- D - safety spring plug protecting the chamber from squeezing
- G - polystyrene wheel of the electrostatic generator
- F - crank discharging the electrometer
- Parts of the microscope: I - lenses, J - ocular, H - scale
- L - bulb illuminating the field of view of the optical system
- M - battery supplying the bulb
- N - press-button for the scale illumination



Rycina 3. Wygląd zewnętrzny wyjętej części elektrometru (stojak metalowy ze struną platynową niewidoczną na zdjęciu).

Figure 3. View of the inner part of the electrometer (metal holder of the platinum string, invisible on the photograph).

na pojemnik szklany z pochłaniaczem wilgoci.

Dawkomierz "Victoreen" wyposażony jest w trzy komory jonizacyjne typu kondensatorowego o zakresach pomiarowych 25R, 100R i 250R [1,2]. Fotografii poszczególnych elementów komory przedstawia *rycina 4*. Naparstek komory jonizacyjnej wkręcany jest w zewnętrzną metalową rurkę osłonową. Izolator polistyrenowy w kształcie walca o ściankach pokrytych warstwą grafitu stanowi kondensator komory. Elektroda wewnętrzna w postaci drutu aluminiowego grubości 1 mm z dwiema sprężynującymi blaszkami zapewniającymi dobry kontakt z grafitowaną wewnętrzną powierzchnią walca. Elektroda zakończona jest izolowanym gniazdem do połączenia z elektrometrem. Schemat budowy komory jonizacyjnej typu kondensatorowego ilustruje *rycina 5*. Części zewnętrzne komory to obudowa metalowa (D), komora jonizacyjna (A) i gniazdo kontaktowe (F). Ładunki elektrostatyczne zgromadzone na elektrodzie wewnętrznej (E) i grafitowanych powierzchniach (G) izolatora polistyrenowego (C) tworzą kondensator o pojemności zależnej od objętości powietrza (B) w komorze [4,5,6].

Elektrometr wraz komorami mieści się w szczelnym przenośnym blaszanym futerale wyłożonym miękkim materiałem zabezpieczającym dawkomierz i komory jonizacyjne przed mechanicznymi uszkodzeniami. Znajduje się tam również duża puszka z materiałem osuszającym wnętrze futerału.

Działanie

Przed rozpoczęciem pomiarów komorę umieszcza się w metalowej tulei znajdującej się z przodu dawkomierza, aż do połączenia jej z elektrometrem i zablokowaniu uchwytem bagietowym. Obracając wciśnięte pokrętkę maszyny elektrostatycznej ładuje się komorę tak długo, aż widoczny w mikroskopie obraz struny pokryje się z zerem podziałki obrazu skali. Naładowaną komorę po wyjęciu jej z uchwytu i nałożeniu na nią od strony gniazda kontaktowego meta-



Rycina 4. Komora jonizacyjna dawkomierza "Victoreen" (części składowe).
Figure 4. Parts of the ionization chamber assembly.

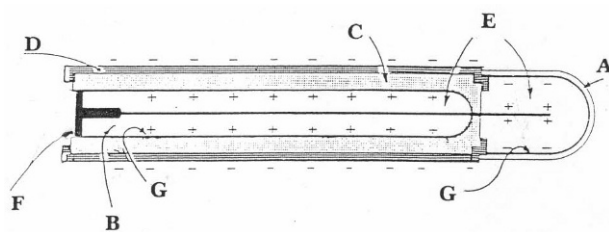
lowej nasadki, umieszcza się w polu wiązki promieniowania X. W czasie ekspozycji osłona bakelitowa chroniąca naparstek powinna być zdjęta. Po zakończeniu ekspozycji, komorę bez metalowej nasadki, powtórnie wkłada się do tulei nie doprowadzając do jej kontaktu z elektrometrem. W przypadku stwierdzenia upływności elektrometru, należy uzupełnić ładunek do wartości zerowej podziałki skali. Następnie wsuwając komorę do końca tulei i przekręcając ją w uchwycie bagietowym, można odczytać dawkę na skali odpowiadającej stosowanej komorze jonizacyjnej.

Czułość elektrometru ustawiana jest śrubą przechodzącą przez boczną zewnętrzną obudowę dawkomierza. Obrót śruby zmienia jej odległość od struny co wpływa na rozkład pola elektrostatycznego w elektrometrze a tym samym na jego czułość. Dostęp do śruby jest podwójnie zabezpieczony, a korzysta się niego wyłącznie przy kalibracji przyrządu. Widoczna jest ona na środkowej części bocznej obudowy dawkomierza (*rycina 1*).

Użytkowanie

Okresowa kontrola prawidłowości działania dawkomierza.

Włożyć komorę w tuleję metalową przekręcając ją w uchwycie bagietowym i naładować aż wychylenie struny osiągnie 0 podziałki skali. Komorę częściowo wysunąć z tulei rozłączając ją z elektrometrem. Usunąć ładunek elektrometru pokrętką uziemiającą. Obraz struny elektrometru powinien pokrywać się z linią podziałki oznaczoną przez "Z". W przypadku niezgodności, różnice położenia skorygować śrubą (zero adj.) i ponownie powtórzyć procedurę kalibracji z ładowaniem komory i uziemianiem elektrometru. Po uzyskaniu zgodności położenia nici z linią "Z" podziałki, należy uprzednio naładowaną komorę wsunąć



Rycina 5. Schemat budowy komory jonizacyjnej dawkomierza "Victoreen":

- A - komora jonizacyjna
- B - warstwa powietrza
- C - izolator polistyrenowy
- D - metalowa obudowa
- E - elektroda wewnętrzna komory
- F - gniazdo kontaktowe
- G - grafitowa warstwa przewodząca

Figure 5. Schematic view of the ionization chamber construction:

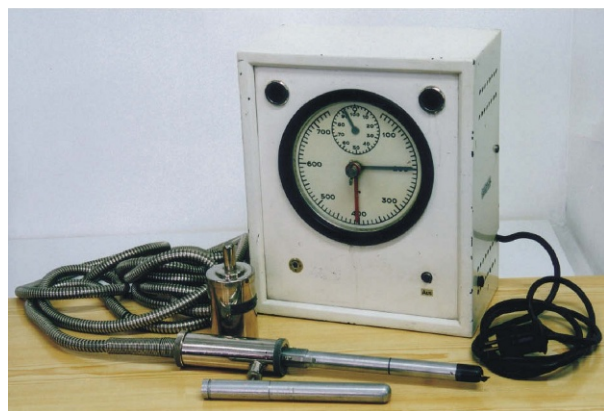
- A - thimble chamber
- B - air cavity
- C - polystyrene insulator
- D - metal casing
- E - central electrode of the chamber
- F - contact socket
- G - graphite conducting layer

several ionization chambers differing in construction, sensitivity and dose range, according to the needs of radiotherapy. The Mekapion dosimeter was widely used at the certain period due to its advantageous exploitation parameters. It was first manufactured by "Laboratorium Strauss Gesellschaft m.b.H." in Vienna in 1926 [2]. It was manufactured in several versions differing in cover shape, accessories and the selection of ionization chambers.

In the Medical Physics Department of the Centre of Oncology in Warsaw there is one Mekapion dosimeter (acquired in 1955) with a full set of ionization chambers and several spare triode tubes for repairs. The Medical Physics Department performed calibrations of other Mekapion dosimeters for a number of radiotherapy facilities in Poland.

Budowa

Wygląd zewnętrzny dawkomierza "Mekapion" przedstawia *rycina 1*. W metalowej obudowie o wymiarach 34 x 29 x 16 cm znajduje się zasilacz sieciowy oraz mechanizm rejestrujący impulsy w przeliczeniu na dawkę dla podstawowej komory jonizacyjnej oraz system alarmowy sygnalizujący zakończenie napromieniowania. Na przedniej płycie obudowy umieszczone są dwie tarcze ze skalami: duża o zakresie od 100 r do 700 r i podziałką co 10 r oraz mała o zakresie 100 r z podziałką co 2,5 r odpowiadającą jednemu impulsowi dla podstawowej komory jonizacyjnej dawkomierza. Na przedniej płycie umieszczony jest również wyłącznik sieciowy, światła sygnalizacyjne "zielone" i "czerwone" oraz otwór z dostępem do znajdującego się wewnątrz obudowy potencjometru do kalibracji dawkomierza. Tarcza mechanizmu rejestrującego mierzoną dawkę posiada dwie wskazówki "białą" i "czerwoną". Obie nastawiane są ręcznie



Rycina 1. Ogólny widok dawkomierza "Mekapion" z podłączoną komorą jonizacyjną, standardowym źródłem uranowym i nasadką aluminiową zabezpieczającą komorę przed uszkodzeniem. Przewody łączące komorę z urządzeniem pomiarowym znajdują się w elastycznym ochronnym oplocie metalowym.

Figure 1. View of the Mekapion dosimeter with an attached ionization chamber, with a standard uranium source and an aluminium safety cover tube. The ionization chamber cables are contained in a protective flexible metal tube.

na zaplanowaną wartość dawki. W czasie trwania ekspozycji wskazówka "biała" przesuwa się skokowo do początku skali. "czerwona" pozostaje nieruchoma wskazując cały czas nastawioną początkowo wartość dawki. Światło "zielone" zapala się po włączeniu dawkomierza do sieci. Światło „czerwone” zapala się z chwilą gdy wskazówka "biała" znajdzie się na pozycji zerowej kończącej ekspozycję uruchamiając jednocześnie sygnał akustyczny. Oba sygnały (światłowy i akustyczny) są ciągłe i wskazują na zakończenie procedury napromieniowania pacjenta i konieczność wyłączenia aparatu rentgenowskiego.

Dawkomierz połączony jest kablem długości 3 m z impulsowym przekaźnikiem lampowym. Przekaznik umieszczony jest w tulei metalowej zakończonej gniazdem do podłączenia komory. Na tulei znajduje się przycisk uziemniający, używany do kontroli przekaźnika. Miejsce po wykreślonym z tulei przycisku służy do założenia źródła uranowego wyznaczającego czas między dwoma impulsami. *Rycina 2* przedstawia przekaźnik lampowy po zdjęciu metalowej osłony, obok widoczne jest źródło uranowe.



Rycina 2. źródło uranowe oraz przekaźnik lampowy ze zdjętą osłoną metalową.

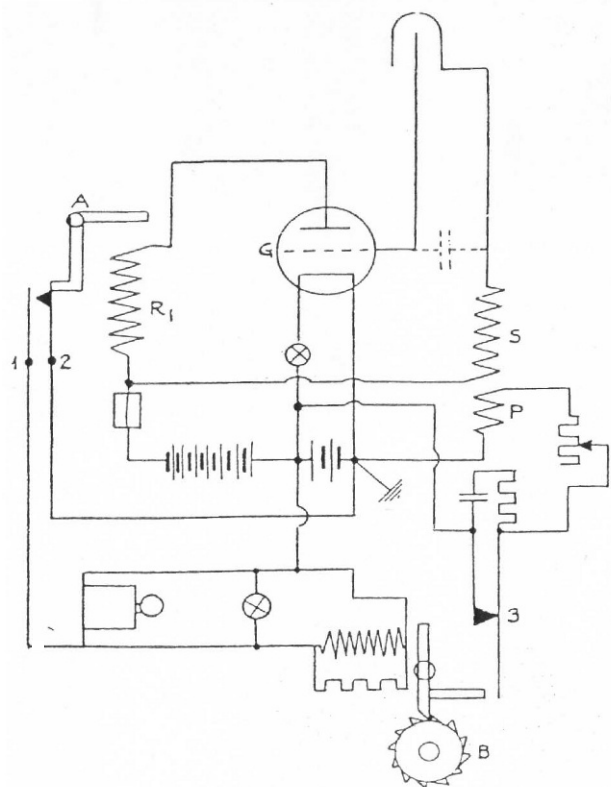
Figure 2. Uranium radiation source and an electronic valve transmitter with the metal cover taken off.

Dawkomierz „Mekapion” posiada następujący zestaw komór jonizacyjnych: 1. Do terapii głębokiej (80-150) kV - dwie komory: podstawowa o małej objętości i czułości 2,5 r/imp. oraz komora o dużej objętości 0,5 r/imp. 2. Do terapii kontaktowej (50-60) kV - komorę o czułości (44-67) r/imp. 3. Do terapii dermatologicznej (7-12) kV - komorę o czułości 32 r/imp. 4. Do promieniowania rozproszonego komorę o średnicy 30 cm. i czułość 0,0015 r/imp. Zestaw wszystkich komór przedstawiono na *rycinie 3*.

Wposażenie dodatkowe obejmuje: 1. Stoper sterowany elektrycznie do dokładnych pomiarów czasu między impulsami. 2. Drukarkę rejestrującą w postaci punktów impulsy



Rycina 3. Zestaw komór jonizacyjnych do dawkomierza „Mekapion”.
Figure 3. A set of ionization chambers of the Mekapion dosimeter.



Rycina 4. Schemat działania dawkomierza „Mekapion”:

- A - kotwica zwierająca styki 1 i 2
- 1-2 - styki obwodu rejestracji impulsów
- B - kółko zapadkowe mechanizmu rejestracji impulsów
- G - lampa elektronowa trójelektrodowa
- P - pierwotne uzwojenie transformatora
- 3 - styk rozwierany obrotem kółka zapadkowego B
- S - wtórne uzwojenie transformatora
- R₁ - elektromagnes uruchamiający kotwicę A

Figure 4. Schematic drawing explaining functioning of the Mekapion dosimeter:

- A - lever forcing contacts 1 and 2 to close the circuit
- 1-2 - contacts of pulse registering circuit
- B - ratchet-and-pawl pulse registering mechanism
- G - triode electronic valve
- P - primary coil of the transformer
- 3 - contact disconnected by the ratchet mechanism B
- S - secondary coil of the transformer
- R₁ - electromagnet attracting the lever A

pojawiające się po rozładowaniu komory jonizacyjnej dawką 2,5 r. Odstęp między punktami pozwalają na kontrolę całkowitej dawki podanej pacjentowi. 3. Automatyczny wyłącznik sieciowy aparatu rentgenowskiego po zakończeniu napromieniowania pacjenta. 4. Zestaw filtrów ze statywem do pomiarów warstwy pochłonnej. 5. Fantom wodny do fizycznych pomiarów dawek.

Działanie

Schemat działania dawkomierza „Mekapion” podano na rycinie 4. Najistotniejszym elementem w pomiarze dawki jest trójelektrodowa lampa elektronowa (G) stanowiąca część przekaznika sterującego impulsową pracą układu. Siatka lampy połączona z wewnętrzną elektrodą komory jonizacyjnej znajduje się na ujemnym potencjale blokując przepływ prądu przez lampę. Prąd jonizacji komory umieszczonej w wiązce promieniowania X powoduje zmniejszenie się ujemnego ładunku na elektrodzie komory oraz na połączonej z nią siatce lampy. Rezultatem jest odblokowanie lampy i przepływ prądu anodowego. Znajdujący się w obwodzie anodowym elektromagnes (R₁) przyciąga kotwicę (A) zwierając styki (1 i 2) co uruchamia mechanizm pomiaru dawki (B). Przesunięcie zegara o jedną działkę roz-

LABORATORIUM STRAUSS
 Gesellschaft m. b. H.
 Telefon B 39 4 95 Wien VII, Neustiftgasse 36 Telegr.-Adr. Nutzfeldt

EICHSCHEIN
 für Normal-Kammer

zu dem Röntgendosimeter Mekapion Nr. 1320 für Wechselstrombetrieb, über die Eichung in internationalen Röntgeneinheiten („r“) gemäß dem Beschlusse des II. Internationalen Röntgenkongresses in Stockholm.

Die Eichung erfolgte durch Vergleich mit einem geeichten wellenlängenunabhängigen Geräte. Unter der Konstanten K des Mekapions wird diejenige Anzahl von internationalen „r“-Einheiten der Röntgenstrahlung verstanden, die während zweier Signale die Kammer durchsetzt. Die zu applizierende Dosis wird vor der Bestrahlung am Zifferblatt eingestellt.

Die Ionenkammer ist laut Prüfungsergebnis weitestgehend wellenlängenunabhängig. Infolgedessen gilt die Konstante für alle Strahlen beliebiger Härte bis zur weichsten Strahlung von 80 kV 1 mm Al-Filter, entsprechend einer HWS von 0,04 mm Cu.

Die Eichung ergab beispielsweise für:

Kilovolt	Filter	HWS	Eichkonstante K
150	5 mm Al	0,35 mm Cu	2,5

Das zugehörige Kontrollstandard ergab einen Ablauf von 52,7 sec.

Dieses Zeitintervall kann durch atmosphärische Einflüsse – dem ionometrischen Prinzip entsprechend – geringfügig schwanken. Die Justiereinrichtung ermöglicht jeweils die Einstellung auf obigen Wert.

Während der Eichung betrug die Temperatur 21 °C, der Barometerstand 759 mm Hg.

Die angezeigte Dosis gilt am Ort der Kammer.

Das Al-Schutzhrohr erhöht die Konstante bei einer HWS von 0,3 mm Cu um 6 %, bei einer HWS von 0,48 mm Cu nur mehr um 2 %.

Das Prinzip des Mekapions bürgt für einwandfreie Arbeiten. Seine Angaben sind richtig, wenn das Gerät vorschriftsmäßig und schonend behandelt wird. Eine Haftung für etwaige Röntgenschiedigungen auf Grund nicht sachgemäßer Behandlung des Mekapions kann aber beispielsweise nicht übernommen werden.

Wien, am 22. Mai 1955.

LABORATORIUM STRAUSS
 GESELLSCHAFT M. B. H.

Rycina 5. Protokół kalibracji komory jonizacyjnej o czułości 2,5 r/imp. dawkomierza „Mekapion” nr 1320 z dnia 22.05.1955.

Figure 5. Calibration protocol of an ionization chamber of the Mekapion dosimeter No 1320, dated 22.05.1955; chamber sensitivity 2.5 r/pulse.

wiera styk (3) rozłączając obwód pierwotnego uzwojenia transformatora (P). Indukuje to we wtórnym uzwojeniu tegoż transformatora impuls napięciowy, który poprzez ładowanie kondensatora przenosi na siatkę lampy (G) ładunek ujemny blokując działanie lampy. Przedstawiony cykl ulega kolejnym powtórzeniom dopóki komora jonizacyjna znajduje się w wiązce promieniowania [3,4,5].

Użytkowanie

Kontrolę dawkomierza przeprowadza się standardowym źródłem uranowym. Sprawdzenie polega na porównaniu czasu między dwoma pomierzonymi impulsami z czasem podanym w protokole dołączonym do każdej komory (*rycina 5*) [5,6]. W przypadku rozbieżności wymagana jest korekcja potencjometrem umieszczonym na przedniej obudowie dawkomierza. Pomiary przeprowadza się przy wyłączonych źródłach promieniowania X, mierząc czas sprawdzonym stoperem, najlepiej dołączonym do dawkomierza.

Przycisk uziemiający znajdujący się na tulei służy wyłącznie do sprawdzania dawkomierza i nie może być używany w czasie pomiaru dawek.

Piśmiennictwo

1. Tołwiński J, Gwiazdowska B, Bulski W. Dawkomierze radioterapeutyczne stosowane w Centrum Onkologii w Warszawie. Reports of Practical Oncology and Radiotherapy, 2004;9,5,187-95.
2. Victoreen JA. Roentgen rays: Measurement of quantity by thimble chambers, in Glasser O. ed. Medical Physics. The year book publisher, inc. USA, 1944;1370-82.
3. Mayneord WH, The physics of X ray therapy. J&A Churchill, London, 1929;84-5.
4. Liechti A, Roentgenphysik. Springer Verlag, Wien, 1955;238-40.
5. Mekapion Der universelle Roentgendosiszähler für exakte integrierende Dosierungen. Laboratorium Strauss editor, 1937;1-19.
6. Gebrauchsanweisung und Eichscheine für Mekapion Nr 1320. Laboratorium Strauss, Wien, 1955.