

## WPŁYW WARUNKÓW PRZECHOWYWANIA I CZASU UŻYTKOWANIA NA JAKOŚĆ GUMY OŁOWIANEJ

INFLUENCE OF STORAGE CONDITIONS AND USAGE TIME ON THE QUALITY OF LEAD RUBBER

Sandra M. Modlińska, Joanna Bosowska, Maciej Cebula

Śląski Uniwersytet Medyczny / Medical University of Silesia, Katowice, Poland  
Wydział Nauk Medycznych, Katedra Radiologii i Medycyny Nuklearnej, Zakład Radiodiagnostyki, Radiologii Zabiegowej i Medycyny Nuklearnej / Faculty of Medicine, Department of Radiology and Nuclear Medicine, Department of Radiodiagnosics, Interventional Radiology and Nuclear Medicine

### STRESZCZENIE

**Wstęp:** Fartuchy ołowiane – jako jeden z typów indywidualnych osłon radiologicznych – mają za zadanie chronić ciało przed szkodliwym działaniem promieniowania jonizującego. Aby osłony indywidualne spełniały swoje zadanie, wartość osłabienia wiązki promieniowania rentgenowskiego (RTG) powinna być jak najwyższa. Dotychczasowe doniesienia wskazują na możliwość występowania istotnych defektów nawet w nowo zakupionych fartuchach. Celem tej pracy była analiza wpływu warunków przechowywania i czasu użytkowania fartuchów ołowianych na wartość osłabienia przez nie wiązki promieniowania RTG. **Materiał i metody:** Analizie poddano 11 fartuchów ołowianych wykorzystywanych przez personel i pacjentów Zakładu Radiodiagnostyki i Radiologii Zabiegowej Uniwersyteckiego Centrum Klinicznego im. prof. K. Gibińskiego w Katowicach. Zmienną zależną była średnia wartość piksela, a za zmienne grupujące przyjęto sposób przechowywania fartucha, jego wiek i grubość oraz typ jego użytkownika. **Wyniki:** Wykazano istotne statystycznie różnice pomiędzy wartością osłabienia wiązki promieniowania RTG poszczególnych fartuchów a ich warunkami przechowywania i wiekiem. **Wnioski:** Fartuchy przechowywane w pozycji wiszącej wykazują większy stopień osłabienia wiązki promieniowania RTG, a tym samym lepszą ochronę pracownika, w stosunku do fartuchów składowanych w inny sposób. Wiek fartucha wpływa na jego właściwości ochronne. Med. Pr. 2022;73(1):13–17

**Słowa kluczowe:** promieniowanie rentgenowskie, ochrona radiologiczna, odzież ochronna, osłony radiologiczne, metody redukcji i monitoringu, dawka promieniowania

### ABSTRACT

**Background:** Lead aprons, as a type of individual radiological shields, are designed to protect the body against the negative effects of ionizing radiation. In order for the individual shields to fulfill their task, the weakening of the X-ray beam should be as high as possible. Previous reports have indicated the possibility of significant defects even among newly purchased aprons. The aim of the study was to analyze the influence of storage conditions and usage time on the permeability of lead aprons. **Material and Methods:** The analysis covered 11 lead aprons used by the staff and patients of the Department of Radiodiagnosics and Interventional Radiology of the Central Clinical Hospital in Katowice, Poland. The dependent variable was the average pixel value, and the grouping variables included the storage method, age and thickness of the apron, and the type of its user. **Results:** Statistically significant differences were found between the weakening value of the X-ray beam of individual aprons, and their storage conditions and age. **Conclusions:** Aprons stored in a hanging position show a greater degree of weakening of the X-ray beam, and thus a higher degree of worker protection, compared to aprons stored otherwise. The age of the apron affects its protective properties. Med Pr. 2022;73(1):13–17

**Key words:** X-ray, radiation protection, protective clothing, radiation shielding, methods of reduction and monitoring, radiation dosage

Autor do korespondencji / Corresponding author: Maciej Cebula, Śląski Uniwersytet Medyczny, Wydział Nauk Medycznych, Katedra Radiologii i Medycyny Nuklearnej, Zakład Radiodiagnostyki, Radiologii Zabiegowej i Medycyny Nuklearnej, ul. Medyków 14, 40-754 Katowice, e-mail: mcebula@sum.edu.pl  
Nadesłano: 10 lutego 2021, zatwierdzono: 5 października 2021

## WSTĘP

Pierwsze doniesienia naukowe dotyczące szkodliwości promieniowania jonizującego pojawiły się w 1896 r. [1]. Od tego czasu kładziony jest silny nacisk na racjonalne stosowanie tego promieniowania w diagnostyce i maksymalną ochronę osób narażonych przed niepożądanymi skutkami ekspozycji. Fartuchy ołowiane – będące podstawowym typem indywidualnych osłon radiologicznych – są stosowane przez zarówno pacjentów, jak i personel medyczny w celu ochrony tkanek przed szkodliwym działaniem promieniowania jonizującego. Udowodniono, że ich używanie podczas badań z wykorzystaniem fluoroskopii istotnie zmniejsza narażenie zawodowe na promieniowanie jonizujące [2] i pozwala zredukować średnią roczną dawkę skuteczną do porównywalnej z tłem naturalnym [3]. Skuteczne osłony indywidualne powinny charakteryzować się jak największym stopniem osłabienia promieniowania rentgenowskiego (RTG).

W dotychczasowych doniesieniach zwracano uwagę na ryzyko występowania istotnych defektów nawet fartuchów nowo zakupionych, nieużywanych [4], a także używanych od dłuższego czasu [5]. Ze względu na rozbieżności w warunkach przechowywania fartuchów ołowianych w poszczególnych zakładach diagnostyki obrazowej zasadna wydaje się analiza wpływu tych warunków na stopień osłabienia promieniowania przez osłony indywidualne.

Celem niniejszej pracy była analiza wpływu warunków przechowywania i czasu użytkowania fartuchów ołowianych na stopień osłabiania przez nie promieniowania RTG.

## MATERIAŁ I METODY

Analizie poddano 11 fartuchów wykonanych z gumy ołowianej wykorzystywanych przez personel oraz pacjentów Zakładu Radiodiagnostyki i Radiologii Zabiegowej Uniwersyteckiego Centrum Klinicznego im. prof. K. Gibińskiego w Katowicach.

Procedurę pomiarową przeprowadzono za pomocą aparatu RTG Connexity Telecomando (GE Medical, Polska) w technologii cyfrowej radiografii pośredniej. Rozpocząła się ona od ustawienia stołu w pozycji pionowej i lampy w pozycji zdjęć przyłóżkowych oraz ułożenia pojedynczej przedniej części fartucha ołowianego na środku kasety w taki sposób, aby na analizowanej części fartucha nie powstawały zagięcia ani nierówności. Po ułożeniu fartucha na kasecie RTG włączano pole świetlne, wybierając ręcznie ustawienia 80 kV i 6,3 mAs.

Wielkość pola świetlnego dostosowano do protokołu badania RTG głowy. Następnie wykonywano zdjęcie RTG z odległości lampy wynoszącej 1 m przy wyłączonym systemie automatycznej kontroli ekspozycji. Analizowano wykonane zdjęcie pojedynczej warstwy fartucha przy jego maksymalnym rozciągnięciu i wygładzeniu. W przypadku zaobserwowania nierówności materiału na uzyskanym obrazie dokonywano repozycji fartucha i jego ponownego wygładzenia, aż do jej eliminacji.

W kolejnym kroku uzyskane obrazy analizowano w programie RadiAnt DICOM Viewer wersja 2020.2.3 (Medixant, Polska). Każdy obraz podzielono na kwadraty o boku długości 5 cm (łącznie 36 kwadratów), a w ich obręb wpisano obszar zainteresowania (*region of interest* – ROI) o kształcie koła i polu powierzchni wynoszącym 17,82 cm<sup>2</sup>. Odnotowano średnią wartość piksela w jednostkach Hounsfielda (HU) oraz odchylenie standardowe dla każdego z ROI. Wartości zaokrąglano do 2 miejsc po przecinku.

W związku z charakterem i tematyką pracy nie wymagała ona uzyskania zgody komisji bioetycznej.

Uzyskane dane poddano analizie statystycznej w programie Statistica 12.0 (Statsoft, Polska). Zmienną zależną była średnia wartość piksela, a za zmienne grupujące przyjęto numer fartucha, grubość gumy ołowianej, sposób przechowywania, typ użytkownika i czas użytkowania wyrażony w latach. Do oceny normalności rozkładu wykorzystano test Kołomogorowa-Smirnowa i test Lilleforca, a wariancji – test Levene'a. W związku z niejednorodnością wariancji do porównania liniowego współczynnika osłabienia względem zmiennej dwustanowej wykorzystano test Manna-Whitneya, a względem zmiennych wielostanowych – test Kruskalla-Wallisa wraz z testami *post hoc*. Jako poziom istotności przyjęto wartość 0,05.

## WYNIKI

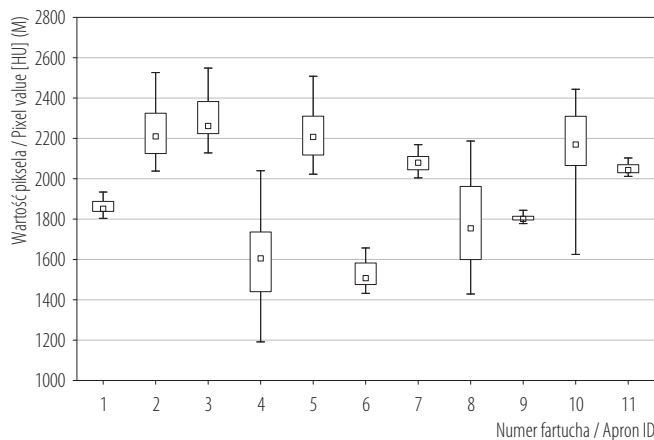
Charakterystykę poddanych analizie fartuchów przedstawiono w tabeli 1.

Uzyskana średnia wartość piksela wyniosła 1965±285 HU. Analiza wszystkich fartuchów wykazała istotne różnice w ich przepuszczalności ( $p < 0,001$ ), które zostały zaprezentowane na rycinie 1.

Analogiczna analiza wykonana w obrębie grup fartuchów grubości 0,35 mm Pb i 0,5 mm Pb także wykazała istotne różnice (w obydwu przypadkach:  $p < 0,001$ ), które zostały przedstawione, odpowiednio, na rycinach 2 i 3. Średnia wartość piksela dla fartuchów 0,35 mm Pb wyniosła 2017±305 HU, a dla fartuchów 0,5 mm Pb – 1984±183 HU.

**Tabela 1.** Charakterystyka analizowanych fartuchów (Katowice, wrzesień 2021)  
**Table 1.** Characteristics of analyzed aprons (Katowice, September 2021)

Lp. No.	Oznaczenie fartucha Apron ID	Użytkownik fartucha User	Grubość (przód) Frontal thickness	Rok produkcji Year of production	Wiek fartucha [lata] Apron age [years]	Warunki przechowywania Storage conditions
1	fartuch 1 / apron 1	pracownik / employee	0,5 mm Pb	2019	2	ogólnodostępny wieszak do przechowywania fartuchów w pozycji wiszącej / generally-accessible hanger, aprons in a vertical position
2	fartuch 2 / apron 2	pracownik / employee	0,35 mm Pb	2011	10	ogólnodostępny wieszak do przechowywania fartuchów w pozycji wiszącej / generally-accessible hanger, aprons in a vertical position
3	fartuch 3 / apron 3	pracownik / employee	0,35 mm Pb	2011	10	ogólnodostępny wieszak do przechowywania fartuchów w pozycji wiszącej / generally-accessible hanger, aprons in a vertical position
4	fartuch 4 / apron 4	pacjent / patient	0,75 mm Pb	1994	27	pracownia diagnostyczna, pozycja leżąca / / exam room, aprons in a horizontal position
5	fartuch 5 / apron 5	pracownik / employee	0,5 mm Pb	2019	2	indywidualna szafa, pozycja wisząca / / individual wardrobe, aprons in a vertical position
6	fartuch 6 / apron 6	pracownik / employee	0,35 mm Pb	2007	14	indywidualna szafa, pozycja wisząca / / individual wardrobe, aprons in a vertical position
7	fartuch 7 / apron 7	pacjent / patient	0,35 mm Pb	1994	27	pracownia diagnostyczna, pozycja leżąca / / exam room, aprons in a horizontal position
8	fartuch 8 / apron 8	pacjent / patient	0,35 mm Pb	1994	27	pracownia diagnostyczna, pozycja leżąca / / exam room, aprons in a horizontal position
9	fartuch 9 / apron 9	pracownik / employee	0,5 mm Pb	2019	2	ogólnodostępny wieszak do przechowywania fartuchów w pozycji wiszącej / generally-accessible hanger, aprons in a vertical position
10	fartuch 10 / apron 10	pracownik / employee	0,35 mm Pb	2011	10	ogólnodostępny wieszak do przechowywania fartuchów w pozycji wiszącej / generally-accessible hanger, aprons in a vertical position
11	fartuch 11 / apron 11	pracownik / employee	0,5 mm Pb	2019	2	indywidualna szafa, pozycja wisząca / individual wardrobe, aprons in a vertical position

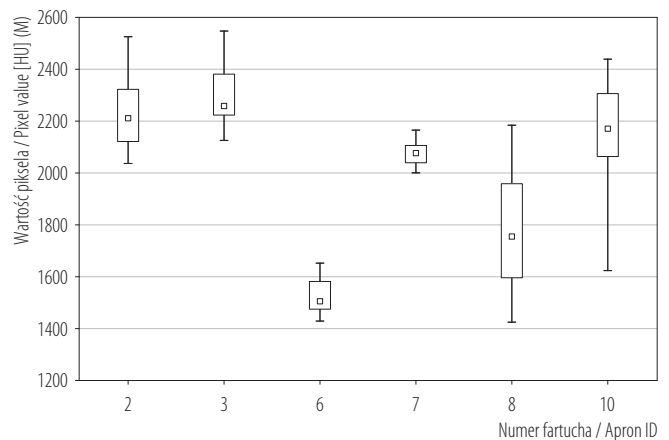


□ Me □ 25–75% I zakres min.–maks. / min.–max range

HU – jednostki Hounsfielda / Hounsfield units.

**Rycina 1.** Rozkład średniej wartości piksela dla wszystkich fartuchów (Katowice, wrzesień 2021)

**Figure 1.** Mean pixel value for all of the aprons (Katowice, September 2021)

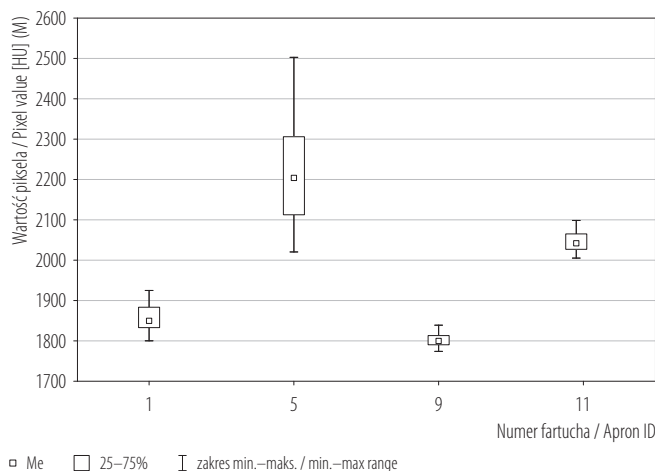


□ Me □ 25–75% I zakres min.–maks. / min.–max range

HU – jednostki Hounsfielda / Hounsfield units.

**Rycina 2.** Średnia wartość piksela dla fartuchów grubości 0,35 mm Pb (Katowice, wrzesień 2021)

**Figure 2.** Mean pixel value for 0.35 mm Pb aprons (Katowice, September 2021)



HU – jednostki Hounsfielda / Hounsfield units.

**Rycina 3.** Średnia wartość piksela dla fartuchów grubości 0,5 mm Pb (Katowice, wrzesień 2021)

**Figure 3.** Mean pixel value for 0.5 mm Pb aprons (Katowice, September 2021)

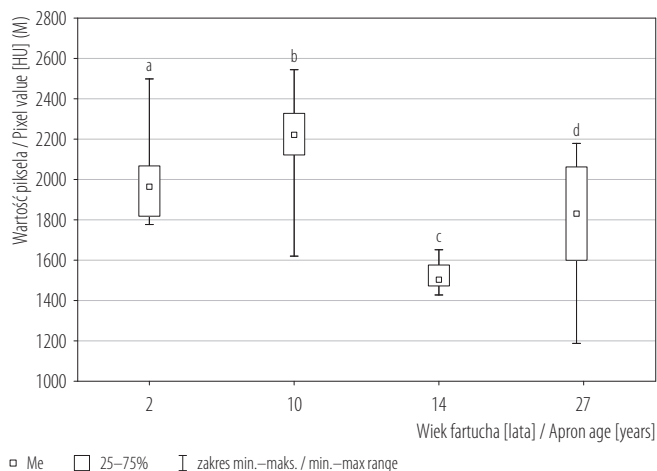
Wykazano także istotne różnice podczas grupowania fartuchów zgodnie z ich wiekiem ( $p < 0,001$ ), co pokazano na rycinie 4.

Istotną różnicę zaobserwowano także podczas grupowania fartuchów względem warunków ich przechowywania ( $p = 0,005$ ), co przedstawiono na rycinie 5.

## OMÓWIENIE

Ołów jest metalem, którego jedną z właściwości jest pochłanianie (blokowanie) promieniowania RTG. Szacuje się, że ołów o grubości 0,35 mm Pb zapewnia 97% ochrony dla wiązki promieniowania wytworzonej przez aparat RTG przy napięciu 80 kV. Wartość ta może się jednak znacząco różnić ze względu na uszkodzenia występujące w osłonach indywidualnych [6]. Jakość gumy ołowianej przekłada się więc na stopień ochrony pracownika i pacjenta przed szkodliwym działaniem promieniowania jonizującego. Mechaniczne uszkodzenia spowodowane nieprawidłowym przechowywaniem fartucha oraz kumulacja uszkodzeń wynikająca z jego wieku bezpośrednio wpływają na zwiększanie przepuszczalności gumy ołowiowej [7].

Analiza warunków przechowywania fartuchów wykazała, że te spośród nich, które były mniej narażone na uszkodzenia mechaniczne, charakteryzują się większą ochronnością przed promieniowaniem RTG. Potwierdza to teorię, że uszkodzenia mechaniczne w znaczący sposób wpływają na jakość gumy ołowianej i zapewnianą przez nią radioprotekcję. Fartuch nr 4, mający 27 lat, który mimo swojej grubości wykazywał bardzo dużą



HU – jednostki Hounsfielda / Hounsfield units.

<sup>a</sup> Numer fartucha / Apron ID: 1, 5, 9, 11.

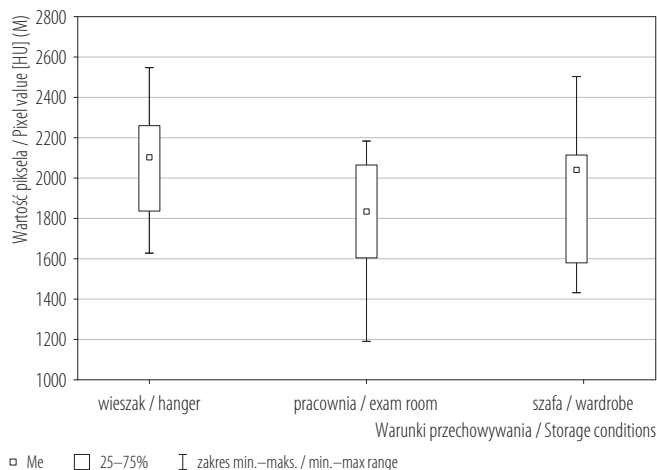
<sup>b</sup> Numer fartucha / Apron ID: 2, 3, 10.

<sup>c</sup> Numer fartucha / Apron ID: 6.

<sup>d</sup> Numer fartucha / Apron ID: 4, 7, 8.

**Rycina 4.** Rozkład średniej wartości piksela w zależności od wieku fartucha (Katowice, wrzesień 2021)

**Figure 4.** Distribution of the mean pixel value by apron age (Katowice, September 2021)



HU – jednostki Hounsfielda / Hounsfield units.

**Rycina 5.** Średnia wartość piksela w zależności od warunków przechowywania (Katowice, wrzesień 2021)

**Figure 5.** Mean pixel value by apron storage conditions (Katowice, September 2021)

niejednorodność, a przez to najmniejszy stopień ochronności, jest tutaj bardzo dobrym przykładem. Czynnikiem, którego w ten sposób nie można wyeliminować, są niestety uszkodzenia powstałe na skutek długiego lub niewłaściwego użytkowania fartucha. Stosowanie przez personel zabiegowy za dużych fartuchów ołowianych wymusza ich dopasowanie do sylwetki „na siłę”, co może powodować ich uszkodzenia mechaniczne.

Stwierdzony w niniejszej analizie znaczny rozrzut średnich wartości pikseli w przypadku części nowych

fartuchów może sugerować, że są one mniej jednorodne, a tym samym wykazują mniejszą ochronność przed promieniowaniem RTG. Warto podkreślić, że nie jest to odosobniona obserwacja [7].

W grupie fartuchów o równoważniku ołowiu 0,35 mm Pb największą radioprotekcję wykazywał fartuch nr 6 użytkowany przez 1 osobę i przechowywany w pozycji wiszącej w indywidualnej szafie. Mimo wieku (14 lat) na tle pozostałych fartuchów charakteryzował się on niskim stopniem przepuszczania promieniowania RTG. Podobnie wśród fartuchów o równoważniku 0,5 mm Pb – fartuchy nr 1 i 5, przechowywane na wieszakach, wykazywały największy stopień ochrony w analizowanej podgrupie.

Analizując wykres na rycinie 1, może zastanawiać, że fartuch nr 4 mimo większej grubości ołowiu wykazywał mniejszą ochronność niż fartuch 6. Wytlumaczeniem może być to, że fartuch nr 4 był najstarszy (miał 27 lat), przechowywany w pracowni diagnostycznej w pozycji leżącej i wykorzystywany jako osłona dla pacjentów, przez co był narażony na uszkodzenia mechaniczne. Fartuch nr 6 miał natomiast 14 lat, był przechowywany w pozycji wiszącej w indywidualnej szafie i w ramach swojej grupy również wykazywał wysoką radioprotekcję. Biorąc więc pod uwagę, że udowodniono statystyczną zależność pomiędzy wiekiem fartucha i miejscem jego przechowywania a ochronnością, uzasadnione wydaje się to, że fartuch nr 4 mimo większej grubości chronił słabiej niż fartuch nr 6.

Przedstawione analizy przemawiają za koniecznością szkolenia personelu w zakresie użytkowania osłon osobistych, co jest zgodne z aktualnymi doniesieniami [8–10]. Ponadto wynika z nich potrzeba wprowadzenia okresowej kontroli jakości wykorzystywanych fartuchów, co także jest przedmiotem obecnych badań [11].

## WNIOSKI

Fartuchy przechowywane w pozycji wiszącej wykazują mniejszą przepuszczalność promieniowania, a tym samym wyższy stopień ochrony pracownika, w stosunku do fartuchów składowanych w inny sposób.

Wiek fartucha wpływa na jego radioprotekcję.

## PIŚMIENNICTWO

1. Clarke R, Valentin J, International Commission on Radiological Protection Task Group. ICRP publication 109. Application of the Commission's Recommendations for the protection of people in emergency exposure situations. *Ann ICRP*. 2009;39(1):1–110. <https://doi.org/10.1016/j.icrp.2009.05.004>.
2. Hubbert TE, Vucich JJ, Armstrong MR. Lightweight aprons for protection against scattered radiation during fluoroscopy. *AJR Am J Roentgenol*. 1993;161(5):1079–1081.
3. Niklason LT, Marx MV, Chan HP. Interventional radiologists: occupational radiation doses and risks. *Radiology*. 1993;187(3):729–733.
4. Glaze S, LeBlanc AD, Bushong SC. Defects in new protective aprons. *Radiology*. 1984;152(1). <https://doi.org/10.1148/radiology.152.1.6729117>.
5. Finnerty M, Brennan PC. Protective aprons in imaging departments: Manufacturer stated lead equivalence values require validation. *European radiology*. 2005;15(7):1477–84. <https://doi.org/10.1007/s00330-004-2571-2>.
6. Centrum Ochrony Radiologicznej. Laboratorium kontroli RTG. Procedura testowania osłon ołowianych Pb. [Internet]. [cytowany 6 lutego 2021]. Adres: <https://ochrona-radiologiczna.home.pl/page5.php>.
7. Oyar O, Kislalioglu A. How protective are the lead aprons we use against ionizing radiation? *Diagn Interv Radiol*. 2012;18(2):147–152.
8. Livingstone RS, Varghese A, Keshava SN. A study on the use of radiation-protective apron among interventionalists in radiology. *J Clin Imaging Sci*. 2018;8:34.
9. Le Heron J, Padovani R, Smith I, Czarwinski R. Radiation protection of medical staff. *Eur J Radiol*. 2010;76(1):20–23.
10. Mirowski MM. Nowe-stare metody redukcji i monitoringu narażenia na promieniowanie rentgenowskie w środowisku zabiegowym. *Med Pr*. 2021;72(1):49–59.
11. Stam W, Pillay M. Inspection of lead aprons: a practical rejection model. *Health Phys*. 2008;95, Suppl 2:S133–S136. <https://doi.org/10.1097/01.HP.0000314763.19226.86>.