



# Retrospektywna analiza wybranych parametrów jakości radiografii kręgosłupa w odcinku lędźwiowo-krzyżowym

## Retrospective analysis of selected quality parameters lumbar-sacral spine radiography

Ewa Pasięka<sup>1</sup>, Piotr Nowak<sup>2</sup>, Diana Martonik<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pełnomocnik ds. systemu zarządzania jakością w radiologii i medycynie nuklearnej, Uniwersytecki Szpital Kliniczny w Białymstoku, Marii Skłodowskiej-Curie 24A, 15-276 Białystok

<sup>2</sup>Studenckie Koło Naukowe przy Zakładzie Statystyki i Informatyki Medycznej, Uniwersytet Medyczny w Białymstoku, Wydział Nauk o Zdrowiu, ul. Szpitalna 37, 15-295 Białystok, tel. +48 728 872 615, e-mail: p.nowak2706@gmail.com

### Streszczenie

### Abstract

**Wprowadzenie:** Radiografia kręgosłupa w odcinku lędźwiowo-krzyżowym (RTG LS) należy do najczęściej wykonywanych procedur diagnostyki obrazowej. W 2010 roku współczynnik częstości na 1000 mieszkańców Unii Europejskiej wynosił 40,6.

**Cel:** Celem pracy była retrospektywna analiza parametrów jakości radiografii kręgosłupa w odcinku lędźwiowo-krzyżowym.

**Materiały i metodyka:** Analizie retrospektywnej poddano 420 losowo wybranych zdjęć kręgosłupa lędźwiowo-krzyżowego (210 w projekcji przednio-tylnej, AP oraz 210 w projekcji bocznej, LAT). Analiza obejmowała: miejsce padania promienia centralnego, zakres badania, symetrię radiogramu, fazę oddechową, w jakiej wykonano radiografię boczną, poprawność pozycjonowania względem komory automatycznej ekspozycji, częstość stosowania lateralizacji oraz przygotowanie pacjenta. Za punkt padania promienia centralnego przyjęto miejsce przecięcia przekątnych radiogramu. Ocenę zakresu badania wykonano, porównując z zakresem anatomicznym opisanym w procedurze wzorcowej. Zebrane dane poddano analizie statystycznej przy użyciu programu Statistica 13.3 przy zastosowaniu poziomu istotności  $p = 0,05$ .

**Wyniki:** Promień centralny najczęściej (58; 27,62%) na zdjęciach AP padał na środkową część czwartego kręgu lędźwiowego, natomiast na zdjęciach bocznych (53; 25,24%) na trzon trzeciego kręgu lędźwiowego. Na zaledwie 15 (7,14%) radiogramach obszar objęty badaniem był zgodny z opisanym w procedurze wzorcowej. Symetrię pozycjonowania pacjenta w zakresie zachowania płaszczyzny strzałkowej i czołowej charakteryzowało się 120 (57,14%) zdjęć AP, natomiast zachowaniem symetrii w linii pośrodkowej 102 (48,57%) rentgenogramów. W znaczącej większości radiografii (198; 94,29%) przednio-tylnych system automatycznej ekspozycji został wykorzystany poprawnie. W przypadku projekcji bocznych odsetek zdjęć z prawidłowym pozycjonowaniem względem komory automatycznej ekspozycji był niższy (116; 55,24%). Większość (120; 57,14%) zdjęć bocznych wykonanych zostało na wydechu, 74 (35,24%) na wdechu, a w przypadku 30 (14,29%) radiogramu ocena fazy oddechowej nie była możliwa. Określenie strony badanej pacjenta znalazło się na 208 (99,05%) zdjęć przednio-tylnych oraz 62 (29,59%) bocznych. Przygotowanie pacjenta do badania ocenione zostało jako poprawne w przypadku 4 (1,90%) zdjęć AP oraz 24 (11,43%) radiogramów bocznych. Projekcja radiogramów wpływała w istotny statystycznie sposób na częstość oceny przygotowania pacjenta za poprawny ( $p < 0,001$ ).

**Wnioski:** Ocena miejsca padania promienia centralnego wiązki promieniowania i obszaru objętego badaniem są cennymi czynnikami oceny jakości radiogramów. Analiza materiału własnego wskazuje na konieczność ciągłego doskonalenia z zakresu pozycjonowania pacjenta.

**Słowa kluczowe:** radiografia, kręgosłup lędźwiowo-krzyżowy, promień centralny, kolimacja, automatyczna kontrola ekspozycji, pacjent, przygotowanie, jakość

**Introduction:** Radiography of the lumbosacral spine is one of the most frequently performed diagnostic imaging procedures. In 2010, the frequency ratio per 1000 inhabitants of the European Union was 40,6.

**Aim:** The aim of the study was a retrospective analysis of the quality parameters of the spine radiography in the lumbosacral segment.

**Material and methods:** 420 randomly selected X-rays of the lumbosacral spine (210 in anterior-posterior projection and 210 in lateral projection) were retrospectively analyzed. Included in the analysis was: the place of central radius incidence, the scope of the examination, symmetry of the radiograph, the respiration phase in which the lateral radiography was performed, correctness of positioning relative to the automatic exposure control chamber, frequency of lateralization and patient preparation. The intersection of the radiographs was taken as the point of incidence of the central ray. The assessment of the scope of the examination was made by comparison with the anatomical scope described in the reference procedure. The collected data was subjected to statistical analysis using Statistica 13.3 with the significance level  $p = 0,05$ .

**Results:** In the AP X-rays the central ray most often (58; 27,62%) was directed on the middle part of the fourth lumbar vertebra, while on the lateral views it was most often (53; 25,24%) directed on the body of the third lumbar vertebra. The area covered by the examination was consisted with that described in the reference procedure only on 15 (7,14%) radiographs. The symmetry of patient positioning in terms of maintaining the sagittal and frontal planes was described in 120 (57,14%) AP images, while maintaining symmetry of the median line was described in 102 (48,57%) of the radiographs. In the vast majority of the anteroposterior radiographs (198; 94,29%) automatic exposure control system was used correctly. However, in lateral views the percentage of X-rays with correct positioning relative to the automatic exposure chamber was lower (116; 55,24%). The majority (120; 57,14%) of the lateral views were taken with exhalation, 74 (35,24%) with inspiration, and in case of 30 (14,29%) radiographs respiratory phase assessment was not possible. Lateralization was present in 208 (99,05%) anteroposterior views and in 62 (29,59%) lateral views. Patient preparation for the examination was assessed as correct for 4 (1,90%) AP radiographs and 24 (11,43%) lateral radiographs. Radiographic projection had a statistically significant effect on the frequency of assessing patient preparation as correct ( $p < 0,001$ ).

**Conclusions:** The evaluation of the place of central radius incidence and the area covered by the exam are valuable factors in the quality assessment of radiographs. The analysis of our own material indicates the need for continuous improvement in patient positioning.

**Key words:** radiography, lumbosacral spine, central radius, collimation, automatic exposure control, patient, preparation, quality

otrzymano / received:

10.08.2019

poprawiono / corrected:

09.10.2019

zaakceptowano / accepted:

19.10.2019



## Wprowadzenie

Radiografia kręgosłupa w odcinku lędźwiowo-krzyżowym (RTG LS) należy do najczęściej wykonywanych procedur diagnostyki obrazowej. W 2010 roku współczynnik częstości na 1000 mieszkańców Unii Europejskiej wynosił 40,6 [1]. W tabeli 1 przedstawiono dane z wybranych krajów świata. Wykazane różnice mogą wynikać ze struktury demograficznej (wiek i płeć) populacji osób diagnozowanych, organizacji opieki zdrowotnej i standardu postępowania diagnostycznego np. w przypadku dolegliwości bólowych okolicy lędźwiowej.

**Tabela 1** Częstość wykonywania radiografii odcinka lędźwiowo-krzyżowego kręgosłupa w wybranych krajach

Kraj (rok uzyskania danych)	Ilość na 1000 mieszkańców	Piśmiennictwo
Szwajcaria (1998)	39	[2]
Yazd – prowincja w Iranie (2005/2006)	18	[3]
Wielka Brytania (2008)	14,90	[4]
Mazowieckie – województwo w Polsce (2009)	70	[5]
Macedonia (2010)	12,30	[6]
Słowenia (2011)	121	[7]

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [2-7].

Narażenie radiacyjne pacjenta podczas diagnostyki rentgenowskiej odcinka lędźwiowo-krzyżowego kręgosłupa jest znaczne. Przyjmuje się, że średnia dawka efektywna wynosi 0,8 mSv (odchylenie standardowe 0,7), co stanowi ekwiwalent około 65 radiografii klatki piersiowej [8, 9]. Szacuje się, iż średnio 40 osób na milion może zachorować na chorobę nowotworową związaną z wykonaniem radiografii kręgosłupa LS [10].

Jednym z podstawowych wskazań do wykonania radiografii odcinka lędźwiowo-krzyżowego kręgosłupa są dolegliwości bólowe zlokalizowane w dolnej części pleców oraz zaburzenia ruchomości tułowia [11]. Ból w tej lokalizacji to najczęstszy po bólach głowy dyskomfort [12]. Pojedynczy epizod zdarza się przynajmniej raz w życiu 60-90% ludzi [13].

Celem radiografii kręgosłupa w odcinku lędźwiowo-krzyżowym jest ocena krzywizny kręgosłupa, wysokości trzonów i przestrzeni pomiędzy nimi, struktury kostnej oraz tkanek miękkich badanej okolicy. Zdjęcie rentgenowskie pozwala na ocenę procesu zaawansowania choroby zwyrodnieniowej poprzez uwidocznienie osteofitów, zwężeń przestrzeni międzykręgowych (świadczących pośrednio o zmianach zwyrodnieniowych krążków międzykręgowych), a również kręgozmyku zwyrodnieniowego. Badanie wykonuje się także u osób z rozpoznaną osteoporozą i leczonych przewlekłe sterydami oraz z procesem nowotworowym. Radiografia często wykonywana jest jako podstawa planowania leczenia chirurgicznego oraz po jego przeprowadzeniu, kiedy można

uzupełnić podstawowe dwie projekcje o badanie czynnościowe (w pochyleniu do przodu i odchyleniu do tyłu i/lub w prawo i lewo) [11, 14, 15].

Prawidłowo wykonany radiogram kręgosłupa w odcinku lędźwiowo-krzyżowym powinien obejmować wszystkie kręgi lędźwiowe wraz z dwunastym kręgiem piersiowym i kością krzyżową wraz ze stawami krzyżowo-biodrowymi [16, 17, 18]. Uzyskanie dokładnego obrazu struktur kostnych należy poprzedzić przygotowaniem pacjenta z zastosowaniem diety ubogoresztkowej mającej na celu usunięcie z dolnego odcinka przewodu pokarmowego gazów jelitowych oraz mas kałowych [19, 20].

Badanie może być wykonywane zarówno w pozycji stojącej, jak i leżącej, rzadziej w siedzącej. Podczas radiografii w projekcji przednio-tylnej (anterior-posterior, AP) promień centralny (PC) wiązki promieniowania pada na przednią ścianę jamy brzusznej w linii pośrodkowej przedniej, na wysokości dwóch palców ponad górnym zarysem grzebieni biodrowych. Natomiast w projekcji bocznej (lateralis, LAT) punkt PC znajduje się na wysokości około 2-4 palców powyżej górnego zarysu grzebieni biodrowych i około 4-5 palców od zarysu pleców [16, 21]. Aby uwidocznić wszystkie struktury anatomiczne i radiogram spełniał kryteria jakości obrazu, konieczne jest prawidłowe pozycjonowanie oraz dobór parametrów ekspozycji, przykładowo: wartości napięcia anodowego, rozmiaru pola kolimacji. W tabeli 2 przedstawiono warunki wykonania radiografii kręgosłupa lędźwiowo-krzyżowego zalecane przez Komisję Europejską i Ministerstwo Zdrowia w Polsce.

**Tabela 2** Porównanie parametrów technicznych radiografii kręgosłupa lędźwiowo-krzyżowego zalecanych przez Komisję Europejską i Ministerstwo Zdrowia

Wytyczne	Projekcja	Napięcie anodowe [kV]	Czas [ms]	Filtracja całkowita	Ognisko	AEC	FFD [cm]	Kratka przeciwrozproszeniowa	Czułość rejestratora obrazu
Polska [16]	AP/LAT	75-95	<400	≥3,00 mm Al	≤1,3	Komora środkowa**	100-115	tak	400
Unia Europejska [22]	AP/PA	75-95	<400	≥3,00 mm Al*	≤1,3	Komora środkowa	115 (100-115)	tak r = 10; 40/cm	400
	LAT	80-95	<1000	≥3,00 mm Al*	≤1,3	Komora środkowa	115 (100-115)	tak r = 10; 40/cm	400

AEC (automatic exposure control) – system automatyki ekspozycji, FFD (focus-film distance) – odległość między lampą rentgenowską a detektorem obrazu, r – współczynnik wypełnienia kratki, \* lub ekwiwalent aluminium, \*\* użycie systemu automatyki nie jest obligatoryjne.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [16, 22].

Prawidłowo wykonany radiogram charakteryzuje się [16, 22-24]:

1. W projekcji przednio-tylnej:

- ostrym uwidocznieniem górnych i dolnych powierzchni stawowych jako pojedynczych linii oraz nasad łuków kręgow, a także stawów międzykręgowych oraz wyrostków poprzecznych i kolczastych;
- uwidocznieniem stawów krzyżowo-biodrowych;
- uwidocznieniem otaczających tkanek miękkich, zwłaszcza zarysu mięśnia lędźwiowego.



## 2. W projekcji bocznej:

- ostrym uwidocznieniem górnych i dolnych powierzchni stawowych oraz nasady łuków kręgow, wyrostków kolczastych i otworów międzykręgowych;
- tylne krawędzie kręgów powinny się w pełni nakładać;
- struktura korowa i beleczkowa powinny być ostro zarysowane;
- kość krzyżowa powinna być uwidoczniiona w rzucie dokładnie bocznym.

Zebrane dane poddano analizie statystycznej przy użyciu programu Statistica 13.3. Wyliczone zostały częstości występowania poszczególnych zmiennych, ich frakcje (procenty z całości), wartości modalne, a także częstości występowania wartości modalnych. Następnie przeprowadzony został szereg testów  $\chi^2$  celem ustalenia zależności między zmiennymi. Jeśli nie zostały spełnione warunki testu, wykonane zostały testy  $\chi^2$  z poprawką Yatesa. Przy wykonaniu obliczeń statystycznych przyjęto poziom istotności  $p = 0,05$ .

## Cel

Celem pracy była retrospektywna analiza wybranych parametrów jakości radiografii kręgosłupa w odcinku lędźwiowo-krzyżowym. Ocenie poddano następujące cechy:

- 1) punkt padania promienia centralnego i zakres anatomiczny,
- 2) symetrię radiogramu,
- 3) fazę oddechową – zdjęcie boczne,
- 4) pozycjonowanie względem komory automatyki ekspozycji,
- 5) brak możliwości oceny struktur kostnych z powodu gazów i mas kałowych,
- 6) stosowanie lateralizacji.

## Materiały i metody

Analizę retrospektywną objęto 420 losowo wybranych zdjęć kręgosłupa lędźwiowo-krzyżowego, wykonano w okresie od marca do sierpnia 2017 roku. Połowę analizowanych radiogramów stanowiły zdjęcia w projekcji przednio-tylnej, natomiast drugą – rentgenogramy w projekcji bocznej. Wszystkie radiografie wykonano przy użyciu aparatu rentgenowskiego Axiom Aristos FX plus Siemens w Zakładzie Radiologii Uniwersyteckiego Szpitala Klinicznego w Białymstoku. W materiale nie uwzględniono zdjęć rentgenowskich z edycją wielkości pola (z kolimacją poekspozycyjną).

Cechy radiogramów objęte analizą wraz z kryteriami ich oceny przedstawiono w tabeli 2.

**Tabela 2** Elementy oceny radiogramów

Cecha	Projekcja	Kryteria oceny
Miejsce padania promienia centralnego wiązki promieniowania	AP/LAT	Punkt przecięcia przekątnych radiogramu identyfikowany właściwą strukturą anatomiczną*.
Zakres badania	AP	Krawędź górna – przesunięcie względem przestrzeni międzykręgowej Th 11/12 **. Krawędź dolna – przesunięcie względem górnej krawędzi spojenia tonowego**.
Symetria pozycjonowania pacjenta	AP	I Zachowanie równych odległości między stawami krzyżowo-biodrowymi a linią strzałkową środkową ciała pacjenta. II Zachowanie linii pośrodkowej kręgosłupa względem linii środkowej radiogramu.
Automatyka ekspozycji (AEC)	AP/LAT	Subiektywna ocena kontrastowości.
Faza oddechowa	LAT	Radiografia na wydechu – uniesiona przepona i odstonięty L1.
Lateralizacja	AP/LAT	Zastosowanie znacznika strony badanej.
Przygotowanie pacjenta	AP/LAT	Masy kałowe i gazy jelitowe nie utrudniają oceny struktur kostnych.

\* Wykreślenia przekątnych dokonano na stacji przeglądowej z oprogramowaniem syngo 2017 Siemens, \*\* identyfikacja anatomiczna krawędzi radiogramu zgodnie z [16]

Źródło: Opracowanie własne.

## Wyniki

Pośród 210 radiografii znaczącą większość – 135 (64,29%) – stanowiły zdjęcia wykonane kobietom. Zatem mężczyźni stanowili 35,71% ( $n = 75$ ) osób, których radiogramy objęto analizą.

W przypadku 11 (5,24%) radiogramów wykonanych w projekcji przednio-tylnej promień centralny wiązki promieniowania nie padał na żadną ze struktur kostnych, ale na tkanki miękkie. Szczegółową analizę dotyczącą identyfikacji anatomicznej przecięcia przekątnych radiogramów AP przedstawiono w tabeli 3.

**Tabela 3** Retrospektywna analiza miejsca padania promienia centralnego wiązki promieniowania na radiogramach przednio-tylnych kręgosłupa LS

Struktura kostna		Część trzonu kręgu i kości krzyżowej					
		Lewa		Środkowa		Prawa	
		n	%	n	%	n	%
Trzon kręgu lędźwiowego	I	0	0,00%	1	0,48%	0	0,00%
	II	1	0,48%	3	1,43%	3	1,43%
	III	14	6,67%	28	13,33%	13	6,19%
	IV	32	15,24%	58	27,62%	19	9,05%
	V	4	1,90%	12	5,71%	6	2,86%
Kość krzyżowa		2	0,95%	2	0,95%	1	0,48%

Źródło: Opracowanie własne.

W przypadku zdjęć wykonanych w projekcji bocznej w 20 (9,52%) promień centralny wiązki promieniowania nie padał na żadną ze struktur kostnych, ale na otaczające tkanki miękkie. Szczegółową analizę dotyczącą identyfikacji anatomicznej przecięcia przekątnych radiogramów

LAT przedstawiono w tabeli 4. Promień centralny wiązki promieniowania został zidentyfikowany na wysokości kości krzyżowej w 9 (4,29%) przypadkach.

Nie wykazano istotnej statystycznie zależności między płcią pacjenta a miejscem padania promienia centralnego wiązki promieniowania zarówno w przypadku zdjęć przednio-tylnych ( $p = 0,714$ ), jak i bocznych ( $p = 0,136$ ). Stosunek procentowy radiografii wykonywanych przy centrowaniu w określonym miejscu był znacząco zbliżony u kobiet i mężczyzn.

**Tabela 4** Retrospektywna analiza miejsca padania promienia centralnego wiązki promieniowania na radiogramach bocznych kręgosłupa LS

Część kręgu	Trzon		Wyrostek kolczysty	
	Kręg	n	%	n
I	2	0,95%	0	0,00%
II	1	0,48%	2	0,95%
III	53	25,24%	16	7,62%
IV	49	23,33%	47	22,38%
V	8	3,81%	11	5,24%

Źródło: Opracowanie własne.

W przypadku zdjęć rentgenowskich w projekcji przednio-tylnej obszar objęty badaniem był zgodny z referencyjnym w przypadku 15 (7,14%) radiogramów. Analizę zgodności badanego obszaru anatomicznego w odniesieniu do zalecanego w procedurze wzorcowej przedstawiono w tabeli 5.

**Tabela 5** Ocena obszaru objętego badaniem na zdjęciach przednio-tylnych

Krawędź górna	Krawędź dolna	n	%
Przesunięta doogonowo	Przesunięta doogonowo	1	0,48%
Zgodna z procedurą wzorcową	Zgodna z procedurą wzorcową	15	7,14%
Przesunięta doogonowo	Przesunięta doogonowo	23	10,95%
Przesunięta doogonowo	Przesunięta doogonowo	127	60,48%
Przesunięta doogonowo	Przesunięta doogonowo	1	0,48
Przesunięta doogonowo	Zgodna z procedurą wzorcową	1	0,48%
Zgodna z procedurą wzorcową	Przesunięta doogonowo	10	4,76%
Przesunięta doogonowo	Zgodna z procedurą wzorcową	32	15,24%

Źródło: Opracowanie własne.

Płeć nie wpływała w sposób istotny statystycznie na częstość przesunięcia górnej krawędzi radiogramów w kierunku dogłowym ( $p = 0,559$ ) (K 88,15% vs. M 85,33%). Nie wykazano również istotnej statystycznie różnicy w częstości przesunięcia dolnej krawędzi radiogramu w kierunku dogłowym ( $p = 0,933$ ) w badanej grupie (K 60,64% vs. M 61,33%). Jednoczesne przesunięcie obydwu granic radiogramu w kierunku dogłowym występowało z podobną częstością u kobiet (60,00%) i mężczyzn (61,33%) objętych analizą ( $p = 0,850$ ).

Oba stawy krzyżowo-biodrowe były w zbliżonej odległości od linii pośrodkowej ciała pacjenta w przypadku 120 (57,14%) radiogramów. Brak symetrii ustawienia pacjenta widoczny był na 79 (37,62%) rentgenogramach, natomiast ocena symetrii ustawienia pacjenta nie była możliwa w przypadku 11 (5,24%) zdjęć rentgenowskich.

Zachowanie linii pośrodkowej kręgosłupa względem linii środkowej radiogramu, odnotowane zostało w przypadku 102 (48,57%) analizowanych zdjęć, brak symetrii w 78 (37,14%) przypadkach, natomiast ocena symetrii nie była możliwa dla 30 (14,29%) rentgenogramów.

Obszar objęty badaniem nie wpływał w sposób istotny statystycznie na symetrię radiogramu ( $p = 0,617$ ) i symetrię

pozycjonowania pacjenta ( $p = 0,545$ ). Zdjęcia wykonane kobietom i mężczyznom również nie różniły się od siebie pod względem symetrii (odpowiednio  $p = 0,829$ ,  $p = 0,166$ ).

Większa część 120 (57,14%) radiogramów wykonano na wydechu, 74 (35,24%) na wdechu, natomiast w przypadku pozostałych 16 (7,62%) ocena fazy oddechowej nie była możliwa.

Nie wykazano istotnej statystycznie zależności między fazą oddechową, w jakiej wykonano radiogram a płcią pacjentów ( $p = 0,059$ ). Jednakże spośród wszystkich zdjęć wykonanych kobietom 53,33% wykonano na wydechu, 40,47% na wdechu, natomiast w przypadku pozostałych 5,93% brak było możliwości fazy oddechowej, w jakiej dokonano ekspozycji. W przypadku mężczyzn analogiczne wyniki przyjęły kolejno wartości: 64,00%, 25,33% oraz 10,67%.

W przypadku znaczącej większości zdjęć (198; 94,29%) przednio-tylnych system automatyki ekspozycji został wykorzystany poprawnie. Natomiast w przypadku zdjęć bocznych odsetek zdjęć z poprawnie wykorzystanym systemem automatyki ekspozycji był niższy i wyniósł 116 (55,24%). Pozostałe 94 (44,76%) radiogramy miały niezadowalającą kontrastowość. Zdjęcia przednio-tylne i boczne nie różniły się od siebie w sposób istotny statystycznie pod względem poprawności wykorzystania systemu automatyki ekspozycji ( $p = 0,116$ ). Zbyt mała liczność grup nie pozwoliła na ustalenie zależności między miejscem padania promienia centralnego wiązki promieniowania a poprawnością wykorzystania systemu AEC. Jednakże w przypadku zdjęć AP, gdzie PC nie padał na żadną ze struktur kostnych, nie uwidocznił zarysu mięśni lędźwiowych w przypadku 18,18% radiografii.

Lateralizacja została określona w przypadku niemal wszystkich (208; 99,05%) zdjęć wykonanych w projekcji przednio-tylnej. Brak oznaczenia strony badanej pacjenta odnotowano jedynie w 2 (0,95%) badaniach. W przypadku zdjęć bocznych odsetek ten uległ znaczącej zmianie, bowiem lateralizację odnotowano w przypadku 62 (29,52%) radiogramów, pozostałe 148 (70,48%) nie posiadało markera. Różnica w częstości stosowania lateralizacji w zależności od projekcji nie wykazała się istotnością statystyczną ( $p = 0,358$ ).

W przypadku 177 (84,29%) zdjęć przednio-tylnych odnotowano brak przygotowania pacjenta do badania. Zaledwie 4 (1,90%) pacjentów przygotowało się do zdjęcia w taki sposób, że ilość gazów i mas kałowych w ich jelitach był znikomy, w 29 (13,81%) przypadkach przygotowanie pacjenta zostało określone jako mierne, tzn. na radiogramach widoczne były znaczące ilości mas kałowych i gazów, jednakże nie przysłaniały one struktur kostnych. Przygotowanie pacjenta jako mierne ocenione zostało w przypadku ponad połowy (108; 51,43%) radiogramów wykonanych w projekcji bocznej. Brak przygotowania pacjenta określony został w przypadku 78 (37,14%) radiogramów bocznych, właściwym przygotowaniem pacjenta charakteryzowało się 24 (11,43%) zdjęć bocznych. Różnice wpływu przygotowania pacjenta na możliwość oceny struktur kostnych w grupie zdjęć przednio-tylnych i bocznych wykazała się istotnością statystyczną ( $p < 0,001$ ).



## Dyskusja

S.I. Zafar i wsp. w publikacji dotyczącej przyczyn diagnostyki radiologicznej kręgosłupa lędźwiowego przeprowadzonej na początku drugiej dekady XXI wieku w Islamabadzie określili, że aż 60% radiogramów objętych analizą zostało wykonanych mężczyznom [25]. W materiale własnym RTG LS wykonane pacjentom płci męskiej stanowiły niecałe 40% badań. Według rocznika statystycznego w województwie podlaskim, w roku, w którym prowadzono analizę, na 100 mężczyzn przypadało statystycznie 105 kobiet [26]. Dysproporcja kobiet w stosunku do mężczyzn w opracowaniu własnym jest zatem większa niż ta wynikająca z proporcji mieszkańek do mieszkańców rejonu, w którym znajduje się szpital, gdzie pozyskano materiał.

Raport Komisji Europejskiej dotyczący ekspozycji na promieniowanie jonizujące ludności Europy podczas procedur medycznych wskazuje, że częściej zdjęcia rentgenowskie kręgosłupa lędźwiowego wykonywane są kobietom niż mężczyznom. Dla obu płci przedział 55-59 lat stanowi wartość modalną wieku wykonywania rentgenogramów tego odcinka [1]. W analizie W. Kułak i D. Kondzior, którą objęto pacjentów z dyskopatią kręgosłupa LS, większą część badanej grupy stanowili mężczyźni (59,68%). Badania epidemiologiczne wskazują, że występowanie bólów kręgosłupa dotyka głównie pracowników fizycznych oraz osób wykonujących prace związane z długotrwałym zachowaniem wymuszonej pozycji, np. podczas pracy przy komputerze, prac biurowych czy też pracy jako zawodowy kierowca [27]. Wykonywanie zadań zawodowych można łączyć z płcią, przykładowo kierowcy to głównie mężczyźni, a praca w biurze jest domeną kobiet.

Zdjęcie rentgenowskie kręgosłupa pozwala na ocenę zmian zwyrodnieniowych poprzez uwidocznienie wyrosła kostnych zwanych osteofitami, zwężeń przestrzeni międzykręgowych świadczących o występowaniu zmian w obrębie krążków międzykręgowych, wzajemnych przesunięć względem siebie kręgow (kręgozmyk). Wykonywane jest również celem potwierdzenia lub wykluczenia obecności złamań oraz gęstości i struktury kości, których zmiany mogą świadczyć o toczącym się procesie nowotworowym [28]. Do zmniejszenia gęstości kości oraz złamań patologicznych dochodzić może w przebiegu osteoporozy. Wśród czynników ryzyka jej wystąpienia wymieniana jest płeć żeńska. Zwiększona częstość osteoporozy u kobiet w stosunku do mężczyzn wynika z występowania u nich osteoporozy inwolucyjnej II typu będącej następstwem licznych zmian hormonalnych zachodzących podczas menopauzy. Natomiast kręgozmyki występują, jak podaje G. Wójcik, częściej u mężczyzn, którzy przeważali w opracowaniach S.I. Zafar i wsp. oraz W. Kułak i D. Kondzior [25, 27, 29]. W naszej analizie nie uwzględniliśmy wieku badanych pacjentów oraz wskazań do diagnostyki rentgenowskiej kręgosłupa w odcinku lędźwiowo-krzyżowym.

W badaniu B. Hofmann i wsp. wykazano, że błędy centrowania dotyczyły prawie 60% ekspozycji kręgosłupa [30]. Podczas pozycjonowania wykorzystuje się określone referencyjne punkty

kostne [32]. Należy przyjąć, że stanowią one raczej odnośnik możliwych modyfikacji wynikających ze stanu klinicznego pacjenta. Kształtowanie umiejętności postugiwania się kostnymi punktami referencyjnymi wymaga bezpośredniego kontaktu z chorym oraz analizy obrazów rentgenowskich. Wraz z wiekiem i procesem zwyrodnieniowym następują zmiany postawy ciała, np. skoliozy wyrównawcze oraz ugięcie kończyn dolnych w stawach biodrowych i kolanowych, aby utrzymać przebieg linii grawitacyjnej. Dodatkowo pozycja pacjenta podczas radiografii, szczególnie stojąca, wpływa na biomechanikę kręgosłupa i ma decydujący wpływ na ocenę profilu strzałkowego [33]. Tym samym określenie punktu padania promienia centralnego podczas pozycjonowania może stanowić znaczne wyzwanie. Szczególnie, że nie można rozpatrywać centrowania bez analizy zakresu badania.

Przesunięcie promienia centralnego w przypadku systemów z poruszającymi się symultanicznie parami kolimatora, z jakim mieliśmy do czynienia w materiale własnym, będzie skutkowało przesunięciem obszaru objętego badaniem, a w konsekwencji brakiem uwidocznienia wszystkich struktur anatomicznych, które wymienione zostały w procedurze wzorcowej lub zwiększeniem pola wiązki bezpośredniej, co powoduje wzrost dawki pochłoniętej. W analizie L.G. Zetterberg i A. Espeland radiogramów, których górna granica pola kolimacji była przesunięta w kierunku doogonowym, było 16,8%, doogonowym 7,00%, natomiast bocznie – w stronę lewą 5,00%, a prawą 12,5% [32]. Analiza własna obejmowała tylko przesunięcia cranialne i caudalne, a uzyskane wyniki wskazują, że zdecydowanie częściej wykonywano radiografię przy ustawieniu dolnej i górnej krawędzi kolimacji poza punktami referencyjnymi. W badaniu z użyciem antropomorficznego fantomu potwierdzono znaczny wzrost dawki pochłoniętej w tkance płucnej przy braku zastosowania kolimacji i ustawieniu jej górnej krawędzi na wysokości 6 kręgu piersiowego [34]. Duże pola wiązki bezpośredniej skutkują nie tylko zwiększeniem dawki promieniowania, ale także spadkiem jakości obrazu jako konsekwencją wzrostu ilości promieniowania rozproszonego. Dodatkowo prawidłowość zastosowanego pola kolimacji należy rozpatrywać jako spełnienie warunku wizualizacji obszaru klinicznego zainteresowania [35]. W naszej analizie nie uwzględniliśmy przyczyn kierowania pacjentów do RTG LS. W niektórych ośrodkach wykonuje się radiografię AP kręgosłupa w odcinku lędźwiowo-krzyżowym u pacjentów po urazie z polem kolimacji obejmującym jamę brzuszną do zewnętrznych obrysów ciała. Zapewnia to dodatkowe informacje, np. ułożenie poziomów płyn/gaz [17].

Symetria radiogramu jest jednym z podstawowych parametrów jego jakości, który ma znaczenie w prawidłowej interpretacji klinicznej. Jeśli podczas radiografii płaszczyzna czołowa i/lub strzałkowa pośrodkowa pacjenta będzie pod pewnym kątem do detektora obrazu wymiary i położenia badanych struktur odbiegać będą od warunków rzeczywistych w wyniku zjawiska paralaksy (ZP). Zjawisko wykorzystywane jest powszechnie w radiologii stomatologicznej, to w radiologii ogólnodiagnostycznej



stanowi efekt niepożądany. Podczas obrazowania pacjentów z nieprawidłowym przebiegiem osi kręgosłupa, np. skoliozy, w radiografii bocznej w konsekwencji paralaksy uzyskiwane są obrazy pozornie zniekształconych trzonów. Efekt wiąże się również z kształtem wiązki promieniowania. Przestrzeń między kręgami przy krawędziach radiogramu może wydawać się węższa [36, 37].

Oprócz symetrii radiogramu wynikającej z zachowania płaszczyzny strzałkowej pośrodkowej (PŚ) i czołowej (PĆ) względem detektora obrazu, mówić możemy o symetrii względem linii środkowej. Zgodnie ze standardową techniką pozycjonowania w radiografii przednio-tylnej PŚ pokrywa się z przebiegiem linii pionowej centratora [38]. Przesunięcia płaszczyzny strzałkowej pośrodkowej względem pośrodkowej radiogramu, który odnotowano w materiale własnym, w przypadku prawie 40% zdjęć AP wiąże się z nieprawidłowym centrowaniem i opisanymi jego konsekwencjami.

Błędy pozycjonowania wymagają szczególnej uwagi, gdyż najczęściej dotyczą niezachowania należytej staranności. Z reguły nie wymagają powtarzania radiografii, poza sytuacjami, gdy w zakresie badania nie uwzględniono właściwego obszaru anatomicznego. W analizie zdjęć odrzuconych kategoria zdefiniowana jako „pozycjonowanie” powinna obejmować następujące składowe [39]:

- 1) radiogram niesymetryczny,
- 2) za duża lub za mała kolimacja,
- 3) niewłaściwe centrowanie.

Jednym z najczęstszych działań zapobiegawczych podejmowanych w ramach wniosków z analizy zdjęć odrzuconych są szkolenia. Warto wprowadzać ewaluację działań edukacyjnych z zakresu techniki radiografii w celu określenia ich efektywności. Dodatkowo Nol i wsp. rekomendują analizy coroczne, jak i kilkulatnie trendów wyników w danych kategoriach odrzuceń [39].

Radiografię boczna kręgosłupa lędźwiowego należy wykonywać z zachowaniem odpowiedniej fazy oddechowej, tzw. zdjęcie na wydechu. Pacjent zatrzymuje oddech po wykonaniu wydechu. Taki zabieg przyczynia się do lepszej wizualizacji pierwszych kręgów lędźwiowych, gdyż przepona badanego uniesiona jest ku górze [40, 41]. W praktyce pozycjonowania do radiografii bocznej kręgosłupa LS stosowana jest również tzw. technika oddechowa. W omawianej sytuacji pacjent podczas ekspozycji płynnie oddycha. W technice tej wykorzystuje się fakt, że podczas radiografii bocznej czas emisji promieniowania rentgenowskiego jest długi, przez co uzyskiwany jest zatarty obraz dolnych fragmentów pól płucnych, przepony i żeber, ale także i gazów w jelitach. Stąd zaleca się zastosowanie tego rozwiązania w przypadku diagnostyki w stanach nagłych, gdzie przygotowanie odpowiednią dietą nie było możliwe [42, 43].

Zgodnie z procedurą wzorcową przy wykonywaniu zdjęcia kręgosłupa lędźwiowo-krzyżowego należy zastosować środkową komorę automatycznej kontroli ekspozycji [16]. Prawidłowe użycie AEC wymaga umieszczenia struktury badanej w polu aktualnie włączonej komory w danym programie narządowym.

Szczególnie jest to ważne w przypadku obrazowania kręgosłupa LS w projekcji bocznej. Niezachowanie tego warunku powoduje, że zbyt mała ilość promieniowania rentgenowskiego dociera do detektora obrazu i otrzymywane są radiogramy z wysoką komponentą szumu. Prawidłowo wykonany radiogram cechuje wysoki kontrast [44, 45].

Lateralizacja jest to oznaczenie strony badanej pacjenta. W materiale własnym wykazano bardzo niską ilość radiografii w projekcji przednio-tylnej bez markera. Natomiast w przypadku zdjęć rentgenowskich LAT brakiem lateralizacji charakteryzowało się nieco ponad dwie trzecie rentgenogramów. Podobnie w badaniu Attard i wsp., prawie dwa razy częściej markery stosowano przy oznaczaniu projekcji przednio-tylnych i tylnoprzodnych niż bocznych [46]. Analiza P. Sulińskiego i wsp. wykazała istotny statystycznie związek pomiędzy częstością stosowania markerów strony badanej a projekcją, w jakiej został wykonany radiogram. Częściej lateralizacja dotyczyła zdjęć w projekcji AP/PA niż LAT określonego obszaru rentgenodiagnostyki [47]. Ballinger i wsp. wskazują, że w przypadku projekcji bocznych głowy i tułowia, marker identyfikujący bok pacjenta najbliższy detektora obrazu należy zawsze stosować przed ekspozycją. Autorzy dopuszczają stosowanie lateralizacji tylko w przypadku jednej projekcji, ale tylko gdy dwie ekspozycje wykonywane są na jednej błonie rentgenowskiej [48].


W materiale własnym odnotowano niski udział radiografii, gdzie obrazy potwierdzały przygotowanie pacjentów. Większy odsetek zdjęć bocznych, gdzie uznano, że pacjent był przygotowany do radiografii, wynikać może z ułożenia jelita grubego w jamie brzusznej. Przygotowanie pacjenta do badania jest niezwykle ważne, aby uzyskać w pełni diagnostyczne zdjęcia kręgosłupa lędźwiowo-krzyżowego. Prawidłowe przygotowanie wymaga stosowania diety ubogoresztkowej na dwa dni przed badaniem oraz pozostania na czczo w dniu badania i opróżnienia jelita z mas katowych [19]. W przypadku, gdy pacjent przyjmuje stale leki, należy w dniu badania przyjmując je jak zazwyczaj, popijając niewielką ilością niegazowanej wody lub gorzkiej herbaty. W celu zmniejszenia ilości gazów obecnych w jelitach lekarz kierujący może zalecić zastosowanie środków zawierających symetykon, który zmienia elastyczność pokrytych śluzem baniek powietrza w świetle jelita i powoduje ich zlewanie ze sobą [49]. Informację z zaleceniami, jak prawidłowo przygotować się do badania, powinien przekazać lekarz kierujący na radiografię LS. Część placówek wprowadza specjalne ulotki, które zawierają napisane w przystępny sposób wytyczne dotyczące przygotowania do badania, w tym proponowany jadłospis diety ubogoresztkowej [50]. Dodatkowo trzeba zwrócić uwagę, że w standardach akredytacyjnych z diagnostyki obrazowej rozpowszechnianie wśród osób zgłaszających się do diagnostyki tak przygotowanych informacji jest obowiązkowe [51].

Ciągły rozwój diagnostyki obrazowej stwarza konieczność ustawicznego kształcenia personelu medycznego wykonującego procedury z wykorzystaniem promieniowania jonizującego. Należy wyciągać także wnioski z prowadzonych analiz zdjęć



odrzuconych. Doskonalenie jest procesem ciągłym, wymagającym zaangażowania, ale i zrozumienia, że uzyskane informacje są wsparciem w wykonywaniu codziennych czynności zawodowych.

## Wnioski

1. Nie wykazano zależności między płcią pacjentów a miejscem padania promienia centralnego podczas radiografii odcinka lędźwiowo-krzyżowego kręgosłupa w obu projekcjach, fazą oddechową oraz przesunięciem górnej i dolnej krawędzi kolimacji względem punktów referencyjnych.
2. Najczęściej w radiografii przednio-tylnej jako punkt padania promienia centralnego zdefiniowano środkową część czwartego trzonu kręgu lędźwiowego, a na zdjęciach bocznych – trzon trzeciego kręgu.
3. Bardzo mały odsetek rentgenogramów wykonano z zachowaniem referencyjnego obszaru anatomicznego. Najczęściej krawędź dolna i górna były przesunięte w kierunku dogłowymym.
4. Nieco ponad jedna trzecia radiografii nie została wykonana symetrycznie.
5. Większą część zdjęć rentgenowskich w projekcji bocznej wykonano na wydechu.
6. Znaczny odsetek radiografii charakteryzował obraz wskazujący o braku lub miernym przygotowaniu pacjenta do radiografii pod kątem usunięcia gazów i mas kałowych z jelit.
7. Częściej brakiem lateralizacji charakteryzowały się zdjęcia rentgenowskie wykonane w projekcji bocznej niż przednio-tylnej.
8. Ocena pola kolimacji w odniesieniu do obrazowanych struktur anatomicznych oraz retrospektywna ocena punktu padania promienia centralnego wiązki promieniowania są cennymi czynnikami służącymi do oceny jakości wykonywanych radiogramów.
9. Właściwe centrowanie wiązki promieniowania oraz poprawne wykorzystanie systemu automatyki ekspozycji jest bardziej problematyczne w przypadku zdjęć bocznych niż przednio-tylnych.
10. Zmiana warunków pozycjonowania na podstawie wniosków z analizy zdjęć odrzuconych powinna być podstawą doskonalenia zawodowego. 

## Literatura

1. Contract ENER/2010/NUCL/SI2.581237 DDM2 project report on European population dose estimation, [online] [http://ddmed.eu/\\_media/news/ddm2\\_project\\_report\\_population\\_dose\\_estimation\\_final\\_draft\\_for\\_web\\_page\\_28\\_jan\\_2013.pdf](http://ddmed.eu/_media/news/ddm2_project_report_population_dose_estimation_final_draft_for_web_page_28_jan_2013.pdf) [data dostępu: 7.04.2019].
2. J.-P. Vader, O. Terraz, L. Perret, A. Aroua, J.-F. Valley, B. Burnand: *Use of and irradiation from plain lumbar spine radiography in Switzerland*, SWISS MED WKLY, 134, 2004, 419-422.
3. F. Bouzarjomehri, M.H. Dashti, M.H. Zare: *Radiation exposure of the Yazd population from medical conventional X-ray examinations*, Iran. J. Radiat. Res., 4(4), 2007, 195-200.
4. R.D. Hart, B.F. Wall: *Radiation exposure of the UK population from medical and dental X-ray examinations*, HPA-CRCE-012, Health Protection Agency Centre of Radiation, Chemical and Environmental Hazards, 2008.
5. M. Bekas, A.K. Gajewski, K. Pachocki: *How often are X-ray used as diagnostic tool by healthcare providers in the Mazovian province of Poland*, Rocznik Państw Zakł Hig, 64(2), 2013, 155-160.
6. V. Gershan, S. Nestoroska Madjunaarova, E. Stikova: *Survey on the frequency of typical x-ray examinations and estimation of associated population doses in the Republic of Macedonia*, Third Conference on Medical Physics and Biomedical Engineering, At Skopje, 2013.
7. D. Zontar, U. Zdesar, D. Kuhelj, D. Pekarovic, D. Skrk: *Estimated collective effective dose to the population from radiological examinations in Slovenia*, Radiol Oncol, 49(1), 2015, 99-106.
8. *The 2007 recommendations of the international commission on radiological protection*, ICRP publication 103 Ann. ICRP, 37 2007, 2-4.
9. F. Shannoun, M. Blettner, H. Schmidberger, H. Zeeb: *Radiation protection in diagnostic radiology*, Dtsch Arztebl Int., 2008, 105(3), 41-46.
10. A.B. de González, S. Darby: *Risk of cancer from diagnostic X-rays: estimates for the UK and 14 other countries*, THE LANCET, 363, 2004, 345-351.
11. American College of Radiology ACR Appropriateness Criteria®, 2015, *Low back pain*, [online] <https://acsearch.acr.org/docs/69483/Narrative/> [data dostępu: 8.04.2019].
12. A. Dobrzeniecka, A.M. Pogorzała: *Wybrane zagadnienia profilaktyki i postępowania w zespołach bólowych odcinka lędźwiowo-krzyżowego kręgosłupa*. Horyzonty współczesnej fizjoterapii, Wyższa Szkoła Edukacji i Terapii im. Prof. Kazimierzy Milanowskiej, Poznań 2016, 239-252.
13. K. Kubicka, K. Pierzchała: *Bóle krzyża rozpatrywane w kategorii chorób związanych z wykonywaniem pracy*, Aktualności Neurologiczne, 9(1), 2009, 11-16.
14. *ACR-ASSR-SPR-SSR Practice Parameter for the performance of spine radiography 2017*, [online] <https://www.acr.org/-/media/ACR/Files/Practice-Parameters/rad-spine.pdf?la=en> [data dostępu: 09.04.2019].
15. M. Sasiadek, B. Hendrich: *Diagnostyka obrazowa kręgosłupa z uwzględnieniem nowych technik obrazowania*, Polski Przegląd Neurologiczny, 6, 2010, 38-45.
16. Obwieszczenie Ministra Zdrowia z dnia 10 listopada 2015 r. w sprawie ogłoszenia wykazu wzorcowych procedur radiologicznych z zakresu radiologii – diagnostyki obrazowej i radiologii zabiegowej (Dz. Urz. Min. Zdr. 2015.78).
17. N. Ahmad: *X-Ray Patient Positioning Manual*. 2008, [online] [http://cdn.auntminnie.com/user/documents/content\\_documents/X-Ray\\_Patient\\_Positioning\\_Manual\\_080402.pdf](http://cdn.auntminnie.com/user/documents/content_documents/X-Ray_Patient_Positioning_Manual_080402.pdf) [data dostępu: 10.10.2015].



18. T.B. Moeller, E. Reif: *Pocket atlas of radiographic positioning*, Thieme Verlag, Nowy Jork 2000.
19. M. Czerżyńska, M. Jastrzębska-Mierzyńska, E. Pasieka, U. Łebkowska: *Jak przygotować pacjenta do rentgenodiagnostyki klasyknej odcinka lędźwiowo-krzyżowego kręgosłupa?*, Forum Medycyny Rodzinnej, 9(5), 2015, 471-476.
20. M. Czerżyńska, E. Pasieka, A.J. Milewska, U. Łebkowska: *Wpływ przygotowania pacjenta na wartość diagnostyczną radiogramów odcina lędźwiowo-krzyżowego kręgosłupa*, Forum Medycyny Rodzinnej, 9(1), 2015, 30-37.
21. K.L. Bontrager, J. Lampignano: *Textbook of radiographic positioning and related anatomy*, Elsevier, St. Louis 2014.
22. *European guidelines on quality criteria for diagnostic radiographic images*. Office for Official Publications of the European Communities, Bruksela 1996.
23. H. Ostensen, H. Pettersson (red.): *The WHO manual of diagnostic imaging*, World Health Organization, 2002.
24. K. Brown, D.G. King: *Musculoskeletal X-rays for medical students and trainees*, Wiley Blackwell, 2017.
25. S.I. Zafar, A.A. Shah, U.F. Ghani, A.N. Zafar: *Lumbar spine radiography: Are we overradiating the patients?*, Pak Armed Forces Med J, 65(supplement 2), 2015, 213-217.
26. Szeszko (red.): *Rocznik Statystyczny Województwa Podlaskiego*, Urząd Statystyczny w Białymstoku, Białystok 2017.
27. W. Kutak, D. Kondzior: *Dyskopatia kręgosłupa odcinka lędźwiowo-krzyżowego w korelacji z natężeniem bólu, depresją i akceptacją choroby*, Probl Hig Epidemiol, 91(1), 2010, 153-157.
28. M. Szaśiadek, B. Hendrich: *Diagnostyka obrazowa kręgosłupa z uwzględnieniem nowych technik obrazowania*, Polski Przegląd Neurologiczny, 2010, 6(1), 38-45.
29. W. Gustaw: *Epidemiologia i klasyfikacja kręgosłupów odcinka lędźwiowo-krzyżowego*, Journal of Education, Health and Sport, 2017, 7(7), 572-579.
30. B. Hofmann, T.B. Rosanowsky, C. Jansen, K.H.C. Wah: *Image rejects in general direct digital radiography*, Acta Radiol Open, 4(10), 2015, 2058460115604339.
31. B. Pruszyński (red.): *Diagnostyka obrazowa. Podstawy teoretyczne i metodyka badań*, PZWL, Warszawa 2014.
32. L.G. Zetterberg, A. Esperand: *Lumbar spine radiography- poor collimation practices after implementation of digital technology*, The British Journal of Radiology, 84, 2011, 566-569.
33. K.-M. Sieh, Y.-Y. Chan, P.-Y. Ho, K.-Y. Fung: *What is the best lateral radiograph positioning technique for assessment of sagittal balance: a biomechanical study on influence of different arm positions*, Journal of Orthopaedic Surgery, 26(2), 2018, 1-6. DOI: 10.1177/2309499018770932.
34. J.B. Robinson, R.M. Ali, A.K. Tootell, P. Hogg: *Does collimation affect patient dose in antero-posterior thoraco-lumbar spine?*, Radiography, 23(3), 2017, 211-215. DOI: 10.1016/j.radi.2017.03.012.
35. M. Zabihzadeh, V. Karami: *Poor collimation in digital radiology: a growing concern*, Internet Journal of Medical Update, 11(2), 2016, 29-30. DOI: 10.4314/ijmu.v11i2.7.
36. C.E. Buckle, V. Udawatta, C.M. Straus: *Now you see it, now you don't: visual illusions in radiology*, 33(7), 2013, 2087-2102. DOI: 10.1148/rg.337125204.
37. K.E. Ensrud, J.T. Schousboe: *Vertebral fractures*, N Engl J Med., 364, 2011, 1634-1642.
38. E. Davey, A. England: *AP versus PA positioning in lumbar spine computed radiography: Image quality and individual organ doses*, Radiography, 21(2), 2015, 188-196. DOI: 10.1016/j.radi.2014.11.003.
39. J. Nol, G. Isouard, J. Mirecki: *Uncovering the causes of unnecessary repeated medical imaging examinations, or part of, in two hospital department*, The Radiographer, 52 (3), 2005, 26-31.
40. G.P. Thomas: *Basic radiographic procedures. The „GPT” method*, 2002, [online] <https://chiro.org/radiology/ABSTRACTS/procedures.pdf> [data dostępu: 13.07.2019].
41. B.W. Long, J.H. Rollins, B.J. Smith: *Merrill's atlas of radiographic positioning and procedures*, T. 1, Elsevier MOSBY, St. Louis 2016.
42. *Lateral lumbar spine breathing technique*, [online] <http://www.wikiradiography.net/page/Lateral+Lumbar+Spine+Breathing+Technique> [data dostępu: 13.07.2019].
43. I. Quintana, J.M. Mellado, N. Yanguas, J. Martin, D. Ibañez Muñoz, S. Solanas: *Lumbar spine radiography in the emergency room: pearls and pitfalls for the radiologist on call*, C-1831, ECR 2014.
44. A.S. Whitley, C.S. Graham, H. Adrian, D. Moore, C.W. Alsop: *Clark's positioning in radiography*, Oxford University Press Inc., Londyn 2005.
45. R. Kowski, E. Sierko, I. Sackiewicz, E. Pasieka: *Ochrona radiologiczna z elementami fizyki współczesnej. Skrypt dla studentów elektroradiologii*, [online] <http://www.biblioteka.umb.edu.pl/pliki/radiologia.pdf> [data dostępu: 10.07.2019].
46. S. Attard, J.G. Couto, S. MacKay, F. Zarb: *Anatomic site markers: evaluation of their use among Maltese radiographers*, Journal of Medical Imaging and Radiation Sciences, 2016, 1-9. DOI: 10.1016/j.jmir.2016.08.006.
47. P. Sulmiński, K. Polak, P. Nowak, E. Pasieka: *Czy zawsze stosuje się oznaczenie strony badanej pacjenta w rentgenodiagnostyce klasyknej?*, Inżynier i Fizyk Medyczny, 4(5), 2016, 185-189.
48. P. Ballinger, E. Frank, E.V. Merrill: *Merrill's atlas of radiographic positions and radiologic procedures*, St. Louis 2013, Mosby.
49. M. Słomka, E. Matecka-Panas: *Wzdęcia i odbijania*, Pediatra Med., 7(1), 2011, 30-34.
50. *Bowel preparation (diet) for a small bowel examination. Information for patient. Oxford Radcliffe Hospitals. Radiology Department*, [online] <https://www.ouh.nhs.uk/patient-guide/leaflets/files/100211smallbowelprep.pdf> [data dostępu: 10.07.2019].
51. E. Dudzik-Urbaniak, H. Kutaj-Wąsikowska, B. Kutryba, M. Piotrowski (red.): *Zestaw standardów akredytacyjnych. Szpitale*, Centrum Monitorowania Jakością w Ochronie Zdrowia, Kraków 2009.