



# Analiza dawek promieniowania podczas zabiegów rewaskularyzacji tętnic kończyn dolnych techniką angioplastyki balonowej

## Analysis of radiation doses during revascularization of the arteries of the lower extremities using the balloon angioplasty technique

Karolina Włodyka<sup>1</sup>, Aleksandra Pusz-Sapa<sup>2</sup>, Sylwester Stachyra<sup>2,3</sup>, Adam Uryniak<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Studenckie Koło Naukowe „Młoda Elektroradiologia”, Instytut Nauk Medycznych, Kolegium Nauk Medycznych Uniwersytetu Rzeszowskiego, ul. Warzywna 4a, 35-310 Rzeszów, tel.+48 601 294 606, e-mail: a.pusz.sapa@gmail.com,

<sup>2</sup> Zakład Diagnostyki Obrazowej i Medycyny Nuklearnej, Instytut Nauk Medycznych, Kolegium Nauk Medycznych Uniwersytetu Rzeszowskiego, ul. Warzywna 4a, 35-310 Rzeszów

<sup>3</sup> Rzeszowskie Centrum Chirurgii Naczyniowej i Endowaskularnej, ul. ks. Józefa Jątowego 10, 35-010 Rzeszów

### Streszczenie

### Abstract

**Wprowadzenie:** Miażdżycowa choroba sercowo-naczyniowa (ASCVD) zaliczana jest do chorób cywilizacyjnych. Jest chorobą przewlekłą i polega na odkładaniu się blaszki miażdżycowej w świetle tętnic, powodując ich zwężenie. W przypadku, gdy nie jest leczona, może doprowadzić do niedokrwienia danej części ciała poprzez całkowite zamknięcie światła tętnicy. Jednym z ważniejszych rodzajów ASCVD jest choroba tętnic obwodowych w zależności od wybranych parametrów (PAD).

**Cel:** Celem pracy jest analiza wielkości dawek promieniowania jonizującego generowanych podczas zabiegów rewaskularyzacji tętnic podkolanowych i tętnic podudzia techniką angioplastyki balonowej w zależności od wybranych parametrów.

**Materiał i metoda:** Wykonano analizę retrospektywną zebranych danych 60 pacjentów, u których rozpoznano zwężenia bądź niedrożności tętnicy podkolanowej i tętnic podudzia w przebiegu miażdżycy. Analizie poddane zostały następujące dane: wiek, płeć, BMI, czas fluoroskopii, DAP, AK oraz ilość podanego środka kontrastującego.

**Wyniki:** W obu grupach stwierdzono statystycznie istotną różnicę wartości AK, DAP i ilości podanego środka kontrastującego w zależności od czasu fluoroskopii, a także wartości DAP w zależności od ilości podanego środka kontrastującego. Istotną statystycznie dodatnią korelację zanotowano pomiędzy ilością podanego środka kontrastującego a wartością AK, ale tylko w grupie mężczyzn. Wszystkie istotne statystycznie zależności są wprost proporcjonalne, tzn. że wraz ze wzrostem wartości jednej zmiennej wzrastają wartości drugiej zmiennej.

W obu grupach nie stwierdzono statystycznie istotnej zależności wartości AK, DAP, ilości środka kontrastującego i czasu fluoroskopii w zależności od BMI. Ponadto w grupie kobiet nie stwierdzono statystycznie istotnej zależności pomiędzy ilością podanego środka kontrastującego a wartością AK.

**Wnioski:** Czas fluoroskopii wpływa na AK, DAP i ilość podanego środka kontrastującego oraz ilość podanego środka kontrastującego na DAP, ale nie zależą od BMI.

**Słowa kluczowe:** BMI, Dose Area Product, Air Kerma, fluoroskopia, środek kontrastujący

**Introduction:** Atherosclerotic cardiovascular disease (ASCVD) is classified as a civilization disease. It is a chronic disease where plaque builds up in the lumen of the arteries causing them to narrow. If left untreated, it can lead to ischemia of that part of the body by completely occluding the lumen of the artery. One of the more important types of ASCVD is peripheral arterial disease of the lower extremities (PAD).

**Aim:** The aim of the study is to analyze the size of ionizing radiation doses generated during the revascularization procedures of the popliteal arteries and the arteries of the lower leg using the balloon angioplasty technique depending on the selected parameters.

**Material and methods:** A retrospective analysis of the collected data of 60 patients diagnosed with stenosis or obstruction of the popliteal artery and the arteries of the lower leg in the course of atherosclerosis was performed. The following data were analyzed: age, sex, BMI, duration of fluoroscopy, DAP, AK and the amount of contrast agent administered.

**Results:** In both groups, there was a statistically significant difference in the values of AK, DAP and the amount of contrast agent administered depending on the duration of fluoroscopy, as well as the DAP value depending on the amount of contrast agent administered. A statistically significant positive correlation was found between the amount of contrast agent administered and the AK value, but only in the group of men. All statistically significant relationships are directly proportional, i.e. as the value of one variable increases, the values of the other variable increase.

In both groups there was no statistically significant correlation between AK and DAP values, the amount of contrast agent and the duration of fluoroscopy in relation to BMI. Moreover, in the group of women, no statistically significant correlation was found between the amount of contrast agent administered and the AK value.

**Conclusions:** The duration of fluoroscopy affects AK, DAP, and the amount of contrast agent administered and the amount of contrast agent administered on DAP, but is not related to BMI.

**Key words:** BMI, Dose Area Product, Air Kerma, fluoroscopy, contrast agent

otrzymano / received:

26.03.2021

poprawiono / corrected:

31.03.2021

zaakceptowano / accepted:

12.04.2021

## Wprowadzenie

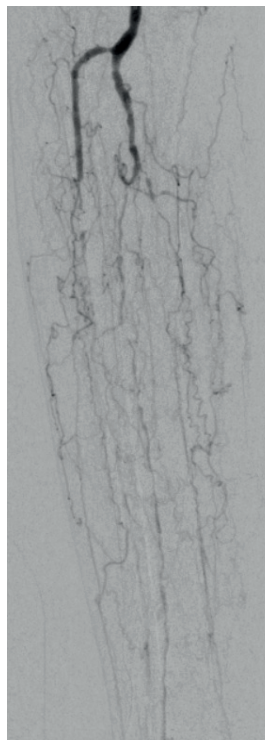
Miażdżycowa choroba sercowo-naczyniowa ASCVD (*Atherosclerotic Cardiovascular Disease*) została uznana główną przyczyną zachorowalności i śmiertelności na całym świecie [1]. Istotnymi czynnikami ryzyka wpływającymi na tę sytuację są: otyłość, cukrzyca typu 2, nadciśnienie tętnicze oraz dyslipidemia. Są one konsekwencją zmian stylu życia i preferencji ludzi – w szczególności niezdrowego sposobu odżywiania i zmniejszonej aktywności fizycznej [2]. ASCVD jest chorobą przewlekłą i polega na odkładaniu się blaszek miażdżycowych w świetle tętnic, powodując ich zwężenie. Tworzenie się blaszek miażdżycowych, które charakteryzują się: nagromadzeniem lipidów, miejscowym stanem zapalnym, proliferacją komórek mięśni gładkich (SMC), apoptozą komórek, martwicą i zwłóknieniem, jest główną przyczyną zwężenia tętnic [3]. W zaawansowanym stadium polega na pogrubieniu i stwardnieniu błony wewnętrznej tętnicy, wskutek gromadzenia się złogów. W przypadku braku leczenia może dojść do niedokrwienia danej części ciała poprzez całkowite zamknięcie światła tętnicy. Szczególnym rodzajem ASCVD jest choroba tętnic obwodowych kończyn dolnych (PAD – *Peripheral Arterial Disease*) [4], które ulegają stwardnieniu, zwężeniu lub zablokowaniu. PAD staje się powszechnym problemem – uważa się, że dotyczy ponad 200 mln ludzi na całym świecie [5]. Częstość występowania wynosi około 13% dorosłych w wieku > 50 lat [6]. Najbardziej klasycznym objawem PAD jest chromanie przestankowe (IC – *Intermittent Claudication*). Jest to ból niedokrwienno-mięśni, który zwykle objawia się w tygodach (ale może obejmować uda lub pośladki), nasila się w czasie wysiłku i ustępuje po odpoczynku [7]. Uważa się, że ból ten jest spowodowany niedopasowaniem między zapotrzebowaniem na tlen (pracującego mięśnia) a niedostatecznym dopływem krwi (z powodu zwężenia drogi tętniczej) [8]. Zaawansowana postać miażdżycy, wielopoziomowe zmiany i niedrożności tętnic mogą w skrajnych przypadkach doprowadzać do niedokrwienno-mięśni i martwicy kończyny.

W przeszłości PAD leczono wyłącznie metodami chirurgicznymi. Aktualnie najpowszechniejszą metodą leczenia jest rewaskularyzacja metodami radiologii zabiegowej [9]. W ciągu ostatnich dwóch dekad interwencje wewnątrznaczyniowe w przypadku choroby tętnic obwodowych (PAD) wykonywane są 3 razy częściej niż np. wszczępienie bypassu [10, 11].

W porównaniu z otwartą rewaskularyzacją chirurgiczną z powodu PAD, rewaskularyzacja metodami radiologii zabiegowej znacznie zmniejsza ryzyko okotooperacyjne oraz umożliwia szybszy powrót do zdrowia. Technologiczne ulepszenia sprzętu używanego w procedurach radiologicznych zwiększyły możliwości leczenia także złożonych zmian, które kiedyś były leczone wyłącznie metodą otwartą [12].

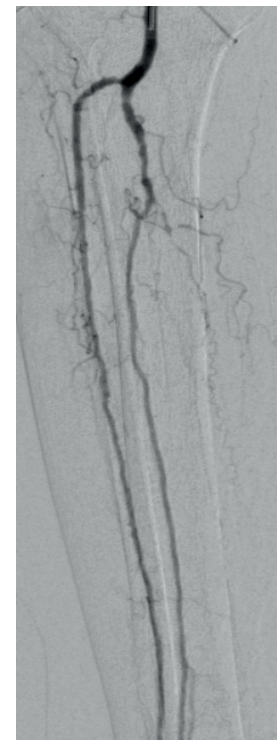
Angioplastyka balonowa jest najczęstszą metodą przezskórnego rozszerzania zwężeń i udrażniania tętnic za pomocą balonów umieszczonych na końcu cewników naczyniowych.

Balon po wprowadzeniu pod kontrolą fluoroskopii w zwężony odcinek tętnicy jest napęczniony rozcieńczonym środkiem kontrastującym pod ciśnieniem od kilku do kilkunastu atmosfer, co na skutek nacisku na ściany naczynia powoduje pęknięcie blaszek miażdżycowych, „wciśnięcie” w ścianę i poszerzenie naczynia. Angioplastyka może być uzupełniana użyciem stentów.



**Ryc. 1.** Obraz z badania angiograficznego niedrożnej tętnicy piszczelowej przedniej, piszczelowej tylnej i strzałkowej po podaniu środka kontrastującego

Źródło: Rzeszowskie Centrum Chirurgii Naczyniowej i Endowaskularnej.



**Ryc. 2.** Obraz z badania angiograficznego po rewaskularyzacji. Udrożniono tętnicę piszczelową przednią i strzałkową. Próba udrożnienia tętnicy piszczelowej tylnej nie powiodła się

Źródło: Rzeszowskie Centrum Chirurgii Naczyniowej i Endowaskularnej.

Konieczność użycia promieniowania jonizującego w zabiegach wewnątrznaczyniowych jest niedogodnością tej metody, wiąże się bowiem z narażeniem pacjenta, a także personelu medycznego. Ponieważ stale rośnie liczba i różnorodność procedur wewnątrznaczyniowych pod kontrolą fluoroskopii, dlatego też takie narażenie występuje częściej [13]. Z tego powodu niezwykle ważna jest optymalizacja dawek [14]. Aby to osiągnąć, konieczne jest poznanie wpływu różnych czynników na wielkość dawek generowanych podczas procedur wewnątrznaczyniowych.

## Cel

Celem pracy jest analiza wielkości dawek promieniowania jonizującego generowanych podczas zabiegów rewaskularyzacji tętnic podkolanowych i tętnic podudzia techniką angioplastyki balonowej w zależności od wybranych parametrów.



## Materiał i metoda

Wykonano analizę retrospektywną danych 60 pacjentów Rzeszowskiego Centrum Chirurgii Naczyniowej i Endowaskularnej PAKS IX, u których rozpoznano zwężenia bądź niedrożności tętnicy podkolanowej i tętnic podudzia w przebiegu miażdżycy. Analiza dotyczyła dwóch grup pacjentów: 30 mężczyzn w wieku od 41 do 103 lat, średnia wieku 69,7 lat i 30 kobiet w wieku od 58 do 92 lat – średnia wieku 78,7 lat. Dane przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Charakterystyka badanych grup

Zmienna	Wiek [lata]				
	$\bar{x}$	Me	SD	min	max
Mężczyźni	69,7	71	11,8	41	103
Kobiety	78,8	79,5	8,4	58	92

Źródło: Opracowanie własne.

Zabiegi angioplastyki balonowej były przeprowadzone pomiędzy styczniem 2019 a czerwcem 2020 r. W procedurze naczyniowej wykorzystano angiograf Philips Allura Xper FD20 (parametry: 60 kV, 8 mAs). W 26 przypadkach zabieg wykonano na tętnicy podkolanowej, w 24 przypadkach na tętnicy podkolanowej i tętnicy goleni. 10 zabiegów dotyczyło tętnic goleni, które zostały przeprowadzone tylko u mężczyzn.

Zbrane dane obejmowały: płeć, wartość BMI, czas fluoroskopii (FT – *Fluoroscopy Time*) i ilość podanego środka kontrastującego. Oceniano wpływ powyższych parametrów na wartości dawek mierzonych jako Dose Area Product (DAP) i Air Kerma (AK).

Wskaźnik BMI (*body mass index*, indeks masy ciała) to wzór matematyczny, który w sposób pośredni opisuje zawartość tkanki tłuszczowej w organizmie na podstawie proporcji masy ciała mierzonej w kilogramach do wzrostu w metrach. Stosowany jest dla dorosłych kobiet i mężczyzn [15].

AK i DAP to zmierzone dawki, które są wykorzystywane do oszacowania ryzyka promieniowania.

Air Kerma – AK [Gy] to pomiar dawki promieniowania w określonym punkcie na skórze pacjenta.

Dose Area Product – DAP [Gy x cm<sup>2</sup>] definiuje się jako dawkę pochłoniętą pomnożoną przez powierzchnię napromieniowaną [16]. Odzwierciedla nie tylko dawkę w polu promieniowania, ale także obszar napromieniowanej tkanki w dowolnej płaszczyźnie między lampą rentgenowską a detektorem [17].

Oceniane parametry poddano analizie wybranymi metodami statystyki opisowej (średnia, mediana, odchylenie standardowe, wartość minimalna i wartość maksymalna) oraz testów zgodności  $\chi^2$ , Manna-Whitneya i korelacji rang Spearmana. Analizę wykonano z wykorzystaniem pakietu *Statistica 13.3*.

## Wyniki

Wartości ocenianych parametrów przedstawiono w grupie mężczyzn – w tabeli 2, w grupie kobiet – w tabeli 3.

Tabela 2. Oceniane parametry – mężczyźni

Oceniane parametry – mężczyźni	$\bar{x}$	Me	SD	min	max
BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	27,87	28,0	5,08	21,0	38,0
Ilość środka kontrastującego [ml]	71,33	70,0	29,56	30,0	150,0
Air Kerma [mGy]	58,10	43,5	54,07	7,00	218,0
Dose Area Product [Gy x cm <sup>2</sup> ]	87,65	45,22	85,34	14,10	308,06
Czas fluoroskopii [min]	13,68	12,34	8,929	4,16	40,28

Źródło: Opracowanie własne.

Tabela 3. Oceniane parametry – kobiety

Oceniane parametry – kobiety	$\bar{x}$	Me	SD	min	max
BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	24,9	25,5	4,03	16,0	33,0
Ilość środka kontrastującego [ml]	64,18	60,0	21,66	30,0	100,0
Air Kerma [mGy]	36,47	29,5	22,19	9,0	76,0
Dose Area Product [Gy x cm <sup>2</sup> ]	74,04	53,54	49,21	15,77	179,64
Czas fluoroskopii [min]	13,28	13,715	5,22	2,25	25,19

Źródło: Opracowanie własne.

Porównanie średnich wartości ocenianych parametrów pomiędzy grupą mężczyzn i grupą kobiet przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Porównanie ocenianych parametrów pomiędzy grupą mężczyzn i grupą kobiet

Oceniane parametry	$\bar{x}$ mężczyźni	$\bar{x}$ kobiety	P
BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	27,87	24,9	0,0429 *
Ilość środka kontrastującego [ml]	71,33	64,18	0,489
Air Kerma [mGy]	58,10	36,47	0,379
Dose Area Product [Gy x cm <sup>2</sup> ]	87,65	74,04	0,137
Czas fluoroskopii [min]	13,68	13,28	0,684

Źródło: Opracowanie własne.

Analizując średnie wartości BMI w grupie mężczyzn i w grupie kobiet, stwierdzono wyższą średnią BMI w grupie mężczyzn (27,9) w porównaniu ze średnią BMI w grupie kobiet (24,9). Różnica ta była istotna statystycznie.

Postępując się klasyfikacją według norm opracowanych przez WHO, w obu grupach zaobserwowano znaczącą liczbę osób z nadwagą i otyłością – w grupie mężczyzn 70% i w grupie kobiet 55%, przy czym otyłych mężczyzn było dwa razy więcej niż otyłych kobiet.

Oceniając ilości podanego środka kontrastującego w czasie wykonywania procedur, stwierdzono nieco wyższe wartości średnie w grupie mężczyzn w porównaniu z grupą kobiet, jednak bez istotności statystycznej.

Analizując wartości Air Kerma (AK), stwierdzono wyższą średnią w grupie mężczyzn w porównaniu ze średnią w grupie kobiet. Nie stwierdzono przy tym istotności statystycznej tej różnicy.

Oceniając wartości Dose Area Product (DAP), zaobserwowano nieco wyższą średnią wartość w grupie mężczyzn w porównaniu z grupą kobiet. Nie stwierdzono przy tym istotności statystycznej tej różnicy.

Analizując średni czas fluoroskopii, dla wykonania procedury, stwierdzono w obu grupach podobne wartości. Nie stwierdzono przy tym istotności statystycznej tej różnicy.

Ocenie poddano wpływ wartości BMI na wartości AK, DAP, ilość środka kontrastującego oraz czas fluoroskopii. Uzyskane dane przedstawiono w tabeli 5.

**Tabela 5.** Wpływ wartości BMI na wartości AK, DAP, ilość środka kontrastującego i czas fluoroskopii

Grupa badana	BMI &	R Spearman	T(N-2)	p
Mężczyźni	Air Kerma	-0,0585	-0,3101	0,759
Kobiety		-0,0041	-0,0219	0,983
Mężczyźni	Dose Area Product	-0,0546	-0,2892	0,774
Kobiety		-0,0204	-0,1079	0,915
Mężczyźni	Ilość środka kontrastującego	0,1101	0,5863	0,562
Kobiety		-0,1933	-1,0426	0,306
Mężczyźni	Czas fluoroskopii	-0,1002	-0,5329	0,598
Kobiety		0,1613	0,8648	0,394

Źródło: Opracowanie własne.

Analizując uzyskane wyniki, nie stwierdzono istotnej statystycznie zależności pomiędzy wartością BMI a wartościami AK, DAP, ilością środka kontrastującego i czasem fluoroskopii w obu grupach.

Ocenie poddano korelację pomiędzy wartością czasu fluoroskopii a wartościami AK, DAP i ilością środka kontrastującego w obu grupach. Wyniki przedstawiono w tabeli 6.

**Tabela 6.** Korelacja pomiędzy czasem fluoroskopii a wartościami AK, DAP i ilością środka kontrastującego w grupie mężczyzn i grupie kobiet

Grupa badana	Czas fluoroskopii &	R Spearman	T(N-2)	p
Mężczyźni	Air Kerma	0,6140	4,1158	0,0003 *
Kobiety		0,5458	3,4468	0,0018 *
Mężczyźni	Dose Area Product	0,6184	4,1643	0,0003 *
Kobiety		0,4639	2,7707	0,0098 *
Mężczyźni	Ilość środka kontrastującego	0,5178	3,2024	0,0034 *
Kobiety		0,3781	2,1610	0,0394 *

Źródło: Opracowanie własne.

Analizując korelację pomiędzy wartością czasu fluoroskopii a wartościami AK, DAP i ilością środka kontrastującego, stwierdzono dodatnie statystycznie istotne zależności w obu grupach. Zależności te były wprost proporcjonalne, tzn. wraz ze wzrostem czasu fluoroskopii wzrastały wartości wszystkich ocenianych parametrów.

Dodatkowo ocenie poddano korelację pomiędzy ilością środka kontrastującego a wartościami AK, DAP w obu grupach. Wyniki przedstawiono w tabeli 7.

**Tabela 7.** Korelacja pomiędzy ilością środka kontrastującego a wartościami AK, DAP w grupie mężczyzn i grupie kobiet

Grupa badana	Ilość środka kontrastującego &	R Spearman	T(N-2)	p
Mężczyźni	Air Kerma	0,5979	3,94679	0,0008 *
Kobiety		0,22159	1,20199	0,2394
Mężczyźni	Dose Area Product	0,61669	4,14439	0,0003 *
Kobiety		0,36659	2,08449	0,0464 *

Źródło: Opracowanie własne.

Analizując wyniki, stwierdzono w grupie mężczyzn statystycznie istotną różnicę wartości AK i DAP w zależności od ilości podanego środka kontrastującego. Natomiast w grupie kobiet istotną statystycznie dodatnią zależność stwierdzono tylko pomiędzy ilością podanego środka kontrastującego i DAP. Zależności te były wprost proporcjonalne, tzn. wraz ze wzrostem wartości jednej zmiennej wzrastała wartość drugiej zmiennej. Nie stwierdzono istotnej statystycznie zależności pomiędzy ilością środka kontrastującego a wartością AK w grupie kobiet.

Zabiegi wewnątrznaczyniowe wykorzystywane są coraz częściej w leczeniu chorób tętnic obwodowych zarówno w przypadku chromania przestankowego, jak i w krytycznym niedokrwieniu kończyny. Zabiegi te wykonywane pod kontrolą fluoroskopii mogą skutkować stosunkowo wysokimi dawkami promieniowania. Dlatego stosowana dozymetria kliniczna jest ważnym elementem prawidłowego postępowania z pacjentem. Monitorowanie dawki w czasie rzeczywistym pozwala lekarzowi osiągnąć kompromis pomiędzy oczekiwaną korzyścią kliniczną dla pacjenta a ryzykiem napromieniania w przypadku długotrwałego zabiegu [18].

Studując dostępną literaturę, stwierdzono, że w pracach najczęściej poddawane są analizie dawki promieniowania, jakie otrzymują pacjenci w trakcie zabiegów angioplastyki wieńcowej [19-21] oraz angioplastyki z implantacją stentów [22-24]. Publikacji dotyczących angioplastyki tętnic podudzia i kolanowych jest zdecydowanie mniej.

W przedstawionej pracy średnia wartość DAP w grupie mężczyzn wynosiła 87,65 Gy x cm<sup>2</sup>, a dla kobiet 74,03 Gy x cm<sup>2</sup>, natomiast średni czas fluoroskopii (FT – *Fluoroscopy time*) wynosił odpowiednio 13,68 min (u mężczyzn) i 13,28 min (u kobiet).

W pilotażowym badaniu w hiszpańskich szpitalach Vano i wsp. (2008) [25] oceniano dane z różnych zabiegów interwencyjnych i w przypadku angioplastyki kończyn dolnych średnia dawka DAP wynosiła 60,7 Gy x cm<sup>2</sup> i była niższa od wyników własnych. Odmienne wyniki przedstawiono w pracy Ruiz-Crucesa i wsp. (2016) [26], w której analizowano dane z dziewięciu różnych procedur zabiegowych. Średnia DAP w przypadku rewaskularyzacji podkolanowej (n = 62) wynosiła 119 Gy x cm<sup>2</sup> bez podziału na płeć, co jest wartością wyższą niż w przedstawianej pracy. W obu publikacjach analizie nie poddawano wartości FT.

Podobną pracę przedstawiła Etard i wsp. (2017) [27], w której przeanalizowano piętnaście rodzajów procedur interwencyjnych, w tym dla angioplastyki kończyn dolnych, której poddano 193 pacjentów. Średnia wartość DAP wynosiła 75 Gy x cm<sup>2</sup>, a średni FT to 6 min – w badaniu tym także nie zastosowano podziału na płeć. Wynik DAP był zbliżony do wartości uzyskanej w omawianej pracy, natomiast średni FT był o połowę krótszy.

Jeszcze niższe średnie wartości DAP przedstawili Boca i wsp. (2019) [28] (DAP 53,4 Gy x cm<sup>2</sup>) i Sigterman i wsp. (2016) [29] (DAP 45 Gy x cm<sup>2</sup>). W pracy Sigtermana natomiast uzyskano dłuższy FT (19 min) w porównaniu z omawianymi wynikami.

Odmienne wyniki przedstawili Kostova-Lefterova i wsp. (2018) [18], którzy analizowali średnie wartości DAP i FT w procedurach wewnątrznaczyniowych z podziałem na angioplastykę balonową oraz angioplastykę poszerzoną o stentowanie i/lub rekanalizację. Wprawdzie w przypadku angioplastyki balonowej (n = 190) średnia wartość DAP wynosiła 85 Gy x cm<sup>2</sup>, czyli porównywalnie do przedstawianych wyników, ale FT wyniósł tylko 1 min 13 sek. (zakres wartości 14 sek. – 7 min 50 sek.) – w przedstawianej pracy FT wyniósł odpowiednio 13,68 min (dla mężczyzn) i 13,28 min (dla kobiet).





W publikacji Segala i wsp. (2013) [30] przedstawiono DAP i FT jako wartości mediany i w przypadku DAP wynosiła 28,9 Gy x cm<sup>2</sup>, a FT 31 min, natomiast w omawianej pracy mediana DAP wynosiła 45,22 Gy x cm<sup>2</sup> dla mężczyzn i 53,54 Gy x cm<sup>2</sup> dla kobiet, natomiast FT wyniósł odpowiednio 12,34 min i 13,71 min. Analizując dane, w omawianej pracy uzyskane wartości DAP były wyższe, a FT był prawie o 1/3 krótszy w porównaniu z wynikami Segala.

W dostępnej literaturze nie odnotowano badań dotyczących korelacji pomiędzy BMI i FT a ilością podanego środka kontrastującego.


Korelacje pomiędzy BMI i FT, DAP i AK zostały przedstawione tylko w dwóch publikacjach. Dlatego też porównano uzyskane wyniki tylko z wynikami opisanymi w tych badaniach.

W badaniu (n = 192) przeprowadzonym przez Kostovą-Lefterovą i wsp. [18] odnotowano silną zależność między BMI i DAP (p = 0,002). Doniesienia te nie zgadzają się z wynikami uzyskanymi w niniejszej pracy, gdzie nie stwierdzono istotnie statystycznego wpływu wartości BMI na DAP (p = 0,774 w grupie mężczyzn, p = 0,915 w grupie kobiet).

W badaniu Segala i wsp. [30] (n = 62) nie stwierdzono natomiast istotnych różnic pomiędzy FT i DAP oraz AK. Stwierdzenie to nie zgadza się z uzyskanymi wynikami w niniejszej pracy, gdzie odnotowano istotną dodatnią korelację pomiędzy FT i DAP (p = 0,0003 w grupie mężczyzn i p = 0,0098 w grupie kobiet) oraz pomiędzy FT i AK (p = 0,0003 w grupie mężczyzn i p = 0,0018 w grupie kobiet).

Dostępne badania, w których oceniono korelacje pomiędzy BMI, DAP, AK i FT dotyczą innego rodzaju zabiegów wewnątrznaczyniowych – leczenia tętniaków aorty [31-33].

## Wnioski

1. W grupie mężczyzn i w grupie kobiet odnotowano istotność statystyczną wpływu:
  - czasu fluoroskopii na wartości AK, DAP i ilości podanego środka kontrastującego,
  - ilości podanego środka kontrastującego na wartość DAP.
2. Statystyczną zależność wartości AK od ilości podanego środka kontrastującego stwierdzono tylko w grupie mężczyzn.
3. W grupie mężczyzn i w grupie kobiet nie odnotowano istotnie statystycznej zależności pomiędzy BMI a wartością AK, DAP, ilością podanego środka kontrastującego i czasem fluoroskopii.
4. W grupie kobiet nie stwierdzono istotnej korelacji pomiędzy ilością podanego środka kontrastującego i wartością AK.
5. Uzyskane w niniejszej pracy wyniki mogą być wykorzystane w codziennej praktyce klinicznej, co może pozwolić na ograniczenie wielkości dawek promieniowania jonizującego w trakcie zabiegów wewnątrznaczyniowych. 

## Piśmiennictwo

1. S.S. Virani, A. Alonso, E.J. Benjamin et al.: *American Heart Association Council on Epidemiology and Prevention Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee. Heart Disease and Stroke Statistics-2020 Update: A Report From the American Heart Association*, *Circulation*, 141(9), 2020, 139-596.

2. D. Mauricio, E. Castelblanco, N. Alonso: *Cholesterol and Inflammation in Atherosclerosis: An Immune-Metabolic Hypothesis*, *Nutrients*, 12(8), 2020, 1-4.
3. D.G. Kokkinidis, E.J. Armstrong: *Current developments in endovascular therapy of peripheral vascular disease*, *J Thorac Dis*, 12(4), 2020, 1681-1694.
4. M.M. McDermott: *Peripheral arterial disease: epidemiology and drug therapy*, *Am J Geriatr Cardiol*, 11(4), 2002, 258-266.
5. F.G. Fowkes, D. Rudan, I. Rudan et al.: *Comparison of global estimates of prevalence and risk factors for peripheral artery disease in 2000 and 2010: a systematic review and analysis*, *Lancet*, 382(9901), 2013, 1329-1340.
6. R.L. Morley, A. Sharma, A.D. Horsch, R.J. Hinchliffe: *Peripheral artery disease*, *BMJ*, 360, 2018, 58-62.
7. G.A. Ose: *The diagnosis of ischaemic heart pain and intermittent claudication in field surveys*, *Bull World Health Organ*, 27(6), 1962, 645-658.
8. N.M. Hamburg, G.J. Balady: *Exercise rehabilitation in peripheral artery disease: functional impact and mechanisms of benefits*, *Circulation*, 123(1), 2011, 87-97.
9. D.G. Kokkinidis, E.J. Armstrong: *Emerging and Future Therapeutic Options for Femoropopliteal and Infrapopliteal Endovascular Intervention*, *Interv Cardiol Clin*, 6(2), 2017, 279-295.
10. M.S. Hong, A.W. Beck, P.R. Nelson: *Emerging national trends in the management and outcomes of lower extremity peripheral arterial disease*, *Ann Vasc Surg*, 25(1), 2011, 44-54.
11. M.R. Jaff, C.J. White, W.R. Hiatt et al.: *An Update on Methods for Revascularization and Expansion of the TASC Lesion Classification to Include Below-the-Knee Arteries: A Supplement to the Inter-Society Consensus for the Management of Peripheral Arterial Disease (TASC II): The TASC Steering Committee*, *Ann Vasc Dis*, 8(4), 2015, 343-357.
12. A.K. Thukkani, S. Kinlay: *Endovascular intervention for peripheral artery disease*, *Circ Res*, 116(9), 2015, 1599-1613.
13. E.R. Ketteler, K.R. Brown: *Radiation exposure in endovascular procedures*, *J Vasc Surg*, 53(1), 2011, 35-38.
14. E.L. Mitchell, P. Furey: *Prevention of radiation injury from medical imaging*, *J Vasc Surg*, 53(1), 2011, 22-27.
15. <https://www.poradnikzdrowie.pl/sprawdz-sie/kalkulatory/kalkulator-wagi-bmi-aa-4Q8M-4h3E-dtKD.html>, data dostępu: 12.03.2020.
16. <https://www.Radiationdoses.ininterventionalfluoroscopy>, data dostępu: 12.03.2020.
17. A. Mohapatra, R.K. Greenberg, T.M. Mastracci, M.J. Eagleton, B. Thornsberry: *Radiation exposure to operating room personnel and patients during endovascular procedures*, *J Vasc Surg*, 58(3), 2013, 702-709.
18. D.D. Kostova-Lefterova, N.N. Nikolov, S.S. Stanev, B.B. Stoyanova: *Patient doses in endovascular and hybrid revascularization of the lower extremities*, *Br J Radiol*, 91(1091), 2018, 1-8.
19. J.T. Cusma, M.R. Bell, M.A. Wondrow, J.P. Taubel, D.R. Holmes Jr: *Real-time measurement of radiation exposure to patients during diagnostic coronary angiography and percutaneous interventional procedures*, *J Am Coll Cardiol*, 33(2), 1999, 427-435.
20. D. Bor, T. Oljář, T. Toklu, A. Çağlan, E. Onal, R. Padovani: *Patient doses and dosimetric evaluations in interventional cardiology*, *Phys Med*, 25(1), 2009, 31-42.
21. S. van de Putte, F. Verhaegen, Y. Taeymans, H. Thierens: *Correlation of patient skin doses in cardiac interventional radiology with dose-area product*, *Br J Radiol*, 73(869), 2000, 504-513.
22. N. Majewska, M.A. Blaszkak, R. Juszkak, M. Frankiewicz, M. Makalowski, W. Majewski: *Patients' radiation doses during the implantation of stents in carotid, renal, iliac, femoral and popliteal arteries*, *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 41(3), 2011, 372-377.
23. C. Walsh, A. O'Callaghan, D. Moore et al.: *Measurement and optimization of patient radiation doses in endovascular aneurysm repair*, *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 43(5), 2012, 534-539.
24. R.J. Vossen, A.C. Vahl, V.J. Leijdekkers, A.D. Montauban van Swijndregt, R. Balm: *Long-Term Clinical Outcomes of Percutaneous Transluminal Angioplasty with Optional Stenting in Patients with Superficial Femoral Artery Disease: A Retrospective, Observational Analysis*, *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 56(5), 2018, 690-698.
25. E. Vano, A. Segarra, J.M. Fernandez, J.M. Ordiales et al.: *A pilot experience launching a national dose protocol for vascular and interventional radiology*, *Radiat Prot Dosimetry*, 129(1-3), 2008, 46-49.
26. R. Ruiz-Cruces, E. Vano, F. Carrera-Magariño et al.: *Diagnostic reference levels and complexity indices in interventional radiology: a national programme*, *Eur Radiol*, 26(12), 2016, 4268-4276.
27. C. Etard, E. Bigand, C. Salvat, V. Vidal, J.P. Beregi, A. Hornbeck, J. Grefier: *Patient dose in interventional radiology: a multicentre study of the most frequent procedures in France*, *Eur Radiol*, 27(10), 2017, 4281-4290.
28. V. Boc, A. Boc, U. Zdešar, A. Blinc: *Patients' radiation doses during percutaneous endovascular procedures in arteries of the lower limbs*, *Vasa*, 48(2), 2019, 167-174.
29. T.A. Sigterman, L.J. Bolt, M.G. Snoeijns et al.: *Radiation Exposure during Percutaneous Transluminal Angioplasty for Symptomatic Peripheral Arterial Disease*, *Annals of Vascular Surgery*, 33, 2016, 167-172.
30. E. Segal, I. Weinberg, I. Leichter, A. Klimov, J. Giri, A.I. Bloom: *Patient radiation exposure during percutaneous endovascular revascularization of the lower extremity*, *J Vasc Surg*, 58(6), 2013, 1556-1562.
31. G. Kalender, M. Lisy, U.A. Stock, A. Endisch, A. Kornberger: *Identification of Factors Influencing Cumulative Long-Term Radiation Exposure in Patients Undergoing EVAR*, *Int J Vasc Med*, 9763075, 2017, 1-10.
32. G. Panuccio, R.K. Greenberg, K. Wunderle, T.M. Mastracci, M.G. Eagleton, W. Davros: *Comparison of indirect radiation dose estimates with directly measured radiation dose for patients and operators during complex endovascular procedures*, *J Vasc Surg*, 53(4), 2011, 885-894.
33. N.V. Dias, H. Billberg, B. Sonesson, P. Törnqvist, T. Resch, T. Kristmundsson: *The effects of combining fusion imaging, low-frequency pulsed fluoroscopy, and low-concentration contrast agent during endovascular aneurysm repair*, *J Vasc Surg*, 63(5), 2016, 1147-1155.