



Czy fizyk medyczny potrzebny jest w diagnostyce?

Obliczenia zapotrzebowań kadrowych dla fizyków medycznych w obrazowaniu w oparciu o algorytm przedstawiony w raporcie IAEA nr 15 z 2018 roku

Tomasz Kraśnicki, Roksana Pływaczyk, Elżbieta Pater, Katarzyna Gatecka

tel. +48 600 358 133, e-mail: tomasz.krasnicki@gmail.com

Wprowadzenie

W ciągu ostatnich kilku dekad medycyna radiologiczna stała się narzędziem nowoczesnego leczenia. Dzięki ciągłemu postępowi technologicznemu rozwijają się trzy główne nurty wykorzystujące promieniowanie jonizujące [1]:

- diagnostyka obrazowa, w tym radiologia zabiegowa,
- medycyna nuklearna,
- radioterapia.

Jednym z najistotniejszych elementów medycyny radiacyjnej jest nadzór nad dawką. Aby zmniejszyć ryzyko wystąpienia u pacjenta powikłań popromiennych, należy korzystać z nowoczesnej, wysokospecjalistycznej aparatury radiologicznej. Kolejnym elementem zapewniającym bezpieczną i skuteczną diagnostykę pacjenta jest odpowiednio wykształcony personel. Ogromną rolę pełnią tu fizycy medyczni. Do obowiązków fizyka należy między innymi stała kontrola dawki przy odpowiednim zapewnieniu jakości obrazowania oraz zachowanie bezpieczeństwa podczas stosowania promieniowania jonizującego.

Rola fizyka medycznego w radioterapii została ukształtowana na przestrzeni wielu lat ze względu na wysokie dawki stosowane w leczeniu. Specjaliści z tej dziedziny zajmują się przede wszystkim planowaniem leczenia, obliczaniem dawek terapeutycznych, zapewnieniem wysokiej jakości sprzętu i sprawowanie nadzoru nad całym procesem napromieniania pacjenta. Specjaliści w tej dziedzinie zajmują się także analizą przypadków, w których dawka została przekroczona [2].

W medycynie nuklearnej zastosowanie wysokospecjalistycznego sprzętu, takiego jak SPECT, PET/CT musi być nadzorowane przez zespół fizyków medycznych, którzy zapewnią z jednej strony prawidłowe działania wspomnianego sprzętu, z drugiej strony odpowiednie działania związane z procesem leczenia [2-6].

Działania fizyków medycznych w diagnostyce obrazowej są najmniej doceniane ze wszystkich działów medycyny wykorzystujących promieniowanie. Jest to bardzo zastanawiające ze względu na różnorodność podejmowanych działań i badań z zastosowaniem promieniowania jonizującego w diagnostyce, jak również olbrzymiej liczby pacjentów poddawanych tym procedurom.

Świetnym przykładem są badania przesiewowe w mammografii, gdzie właściwa diagnostyka oraz odpowiedni nadzór nad sprzętem pozwala uniknąć niekontrolowanej dawki, przez co badania takie mogą być bezpieczne i wielokrotnie mogą uratować życie pacjentki [7].

Niestety w większości przypadków rola fizyka medycznego w placówkach medycznych, wyłączając onkologię, ogranicza się do wykonywania jedynie testów podstawowych, w tym kontroli jakości ekspozycji. Taka sytuacja wymaga odpowiednich regulacji prawnych, które szczegółowiej określiłyby konieczność obecności fizyka w placówkach, gdzie wykonywana jest diagnostyka i jednocześnie określiłyby precyzyjnie jego zadania. Regulacje te zaspokoilyby potrzebę nadzoru nad błyskawicznie rozwijającą się diagnostyką obrazową.

W publikacji naukowej *International Basic Safety Standards and IAEA Human Health Series No. 25* [4] zawarto wytyczne dotyczące wymogów kadrowych fizyka medycznego w placówce dla takich działów radiologii, jak diagnostyka obrazowa, medycyna nuklearna czy terapia radionuklidami. Publikacja ta jest spójna z raportem *IAEA Human Health Reports No. 13*, który z kolei zawiera informację na temat zatrudnienia fizyka medycznego w dziedzinie radioterapii [2].

Zalecana liczba fizyków medycznych na podstawie zakresu ich obowiązków w danej placówce została opisana w *IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 3, International Basic Safety Standards, and Roles and Responsibilities, and in IAEA Human Health*



Series No. 25, Education and Training Requirements for Clinically Qualified Medical Physicists [4].

Do wymienionych w artykule obowiązków należą między innymi: uczestnictwo fizyka podczas instalacji nowej aparatury, wykonywanie technicznej specyfikacji urządzeń, kalibracja i weryfikacja działania sprzętu pomiarowego, nadzór techniczny nad eksploatacją i obsługą aparatury, zarządzanie jakością fizycznych i technicznych aspektów radioterapii, nadzór nad dawką promieniowania – dozymetria, tworzenie nowych procedur i optymalizacja już istniejących, nadzór nad bezpieczeństwem radiacyjnym personelu oraz pacjentów, uczestnictwo w badaniach klinicznych i pracach badawczych oraz wykonywanie szkoleń personelu medycznego w placówce. Wytyczne te określają również kluczową rolę fizyka medycznego w ochronie radiologicznej. Fizyk medyczny jest odpowiedzialny za ww. czynności, a jego bezpośrednie zaangażowanie rośnie wraz z ilością sprzętu, czynnościami o dużej złożoności oraz większym ryzyku narażenia na promieniowanie. Za aparaturę objętą nadzorem przez fizyka medycznego można uznać między innymi: tomografy komputerowe, angiografy, mammografy i wszelkiego rodzaju aparaty RTG [8].

Niniejsza publikacja zawiera kompleksowe metody oceny ilościowego zapotrzebowania kadry fizyków medycznych w zakresie diagnostyki obrazowej, w jednostkach klinicznych. Informacje tu zawarte pomogą wesprzeć inicjowanie zespołów fizyków medycznych w placówce lub pomóc w modernizacji zadań i obowiązków już istniejących grup specjalistów. Publikacja oraz algorytmy w niej zawarte zostały opracowane przez komisję, w skład której wchodzi: D. McLean (Australia), S. Holm (Dania), M. Brambilla (Włochy) i M.C. Martin (Stany Zjednoczone) [1].

Przed wydaniem dzieła artykuł został poddany analizie fizyków medycznych z całego świata, których zdanie oraz opinie pozwoliły na udoskonalenie treści artykułu.

Publikacja została zatwierdzona przez międzynarodową organizację fizyki medycznej (International Organization for Medical Physics (IOMP)).

Artykuł został dostosowany przez zespół fizyków: E. Pater, R. Pływaczyk i T. Kraśnicki z uwzględnieniem warunków istniejących w szpitalach na terenie Polski w roku 2019, przed wprowadzeniem dyrektywy unijnej regulującej ten temat.

Wstęp

Poszczególne elementy algorytmu kadrowego IAEA oparte są na roli oraz obowiązkach fizyka medycznego i wynikają one z wymagań „dobrej praktyki klinicznej”, co podkreślają wytyczne międzynarodowe [2-6]. Jednakże nie zawsze wymagania zawarte w międzynarodowych wytycznych mają odzwierciedlenie w przepisach krajowych, zwłaszcza tych, które dotyczą bezpieczeństwa radiologicznego.

W Polsce obowiązki fizyka medycznego uregulowane są prawnie jedynie w dziale radioterapii i medycynie nuklearnej. Nie ma również wymagań dotyczących obecności fizyka medycznego w szeroko rozumianej diagnostyce obrazowej. Najczęściej można

się spotkać z sytuacjami, w których obowiązki oraz uprawnienia fizyka medycznego w danej placówce nie są jednoznacznie i jasnie sprecyzowane zarówno przez jednostkę, jak i wymogi przepisów krajowych. Niestety nie spełnia to wymagań związanych z tzw. dobrą praktyką kliniczną. Dlatego rola fizyka w obrazowaniu medycznym nie jest jednoznacznie określona.

Wymagania kadrowe dla fizyków medycznych w diagnostyce obrazowej były trudne do oszacowania, ponieważ nie istniały wcześniej żadne regulacje prawne ani dokumentacje na ten temat. Pierwsza znana publikacja dotycząca tego obszaru została wydana przez *American Association of Physicists in Medicine (AAPM)* [9]. W tym dokumencie zostały opracowane algorytmy, których dane wejściowe oparte były o liczbę i rodzaj sprzętu radiologicznego. Mimo tego, że w artykule wspomniano o innych czynnikach, takich jak: liczba pacjentów, badania naukowe czy szkolenia – nie określono ich roli ilościowej w samym algorytmie. Ważniejszym aspektem samej publikacji było uświadomienie czytelnikowi roli fizyka jako specjalisty w swojej dziedzinie.

Ponadto napisano, że aby fizyk medyczny mógł sprawnie funkcjonować w jednostce, wymaga się zatrudnienia minimum tyle samo osób określanych jako personel pomocniczy (np. osoby pracujące jako fizycy medyczni, ale nie posiadający specjalizacji w tym kierunku).

Najnowsze publikacje poruszające temat zatrudnienia fizyka medycznego określają ilościowo wcześniej pomijane składniki algorytmu, tj. nakłady etatowe związane z ilością wykonanych badań oraz samych pacjentów, udział fizyka w badaniach naukowych czy też szkolenia personelu w zakresie promieniowania. Ponadto informacje zawarte w *EUROPEAN COMMISSION, European Guidelines on Medical Physics Expert* określają, że na każdego fizyka medycznego ze specjalizacją przypada 1,5 personelu pomocniczego. Dane te poparto badaniami klinicznymi [2-6].

Stusznosc uwzględnienia wyżej wspomnianych dodatkowych danych w algorytmie została potwierdzona w publikacji *European Federation of Organisations for Medical Physics* [5]. Również australijskie modele obliczeniowe dotyczące liczby fizyków w danej jednostce bazowały na wymaganiach regulacyjnych oraz dodatkowych danych dotyczących *dobrej praktyki klinicznej* [8].

Niniejsza publikacja opisuje charakterystykę algorytmu, na bazie którego określa się zalecane poziomy zatrudnienia (etaty). Liczba etatów fizyka medycznego specjalisty i personelu pomocniczego (np. osób po studiach fizyki medycznej, ale bez specjalizacji) określona jest na podstawie tych obliczeń, które z kolei obliczane są w oparciu o wymagania dla *dobrej praktyki klinicznej*. Ta z kolei opisana jest przez międzynarodowe wytyczne.

Dodatkowe obowiązki fizyka medycznego, takie jak: prowadzenie szkoleń, udział w badaniach naukowych oraz prace związane z produkcją radionuklidów, są rozpatrywane jako osobna część obliczeń. Mogą one nie być brane pod uwagę, jeśli w danej jednostce nie ma takich potrzeb.

Podobna sytuacja ma się z obowiązkami, jakie pełni w instytucjach inspektor ochrony radiologicznej. Często jego zadania są podejmowane przez fizyków medycznych.



Niniejsza publikacja ma na celu przedstawienie optymalnej liczby fizyków dla danej placówki, by prowadzono tam diagnostykę o najwyższym poziomie bezpieczeństwa i jakości.

Obliczanie algorytmu

W tej części artykułu przedstawiono szczegółowo składowe opracowanego algorytmu służącego do szacowania wymaganej liczby etatów fizyków medycznych w placówce. Przytoczono kilka przykładowych scenariuszy. Do składowych algorytmu zalicza się zmienne wejściowe, współczynniki wagowe oraz zmienne wyjściowe. Wynikiem obliczeń jest liczba specjalistów z fizyki wymagana do świadczenia danej usługi medycznej. Określana jest jako FTE (*Full Time Equivalent*) – równoważnik pełnego etatu pracy, w skrócie – etat [1].

Uznaje się, że fizycy medyczni ze specjalizacją nie mogą skutecznie wykonywać swojej pracy bez wsparcia ze strony personelu pomocniczego. W skład takiego zespołu wchodzi osoby, których obowiązki związane są z ochroną radiologiczną, rutynową kontrolą jakości czy wykonywaniem analizy pracy aparatury. Wszystkie zadania personelu pomocniczego powinny być jednak wyznaczone i nadzorowane przez odpowiednią liczbę specjalistów z dziedziny fizyki medycznej.

Znaczne udogodnienia dla szpitali można osiągnąć w momencie, gdy istnieje przynajmniej jeden ośrodek zrzeszający specjalistów fizyki medycznej, który nadzoruje jednocześnie kilka placówek klinicznych znajdujących się w niewielkiej odległości od tego ośrodka. W samych jednostkach zadania związane z diagnostyką obrazową pełni personel pomocniczy, nadzorowany właśnie przez zespół fizyków medycznych specjalistów.

Należy mieć też na uwadze fakt, że jeśli dana jednostka dopiero tworzy miejsca pracy dla fizyków, jasne sprecyzowanie ich obowiązków będą wymagały więcej czasu i wysiłku. Jeśli z kolei placówka korzysta z usług fizyków, którzy tylko nadzorują pracę personelu pomocniczego, należy również brać pod uwagę czas dojazdu, jako jedną ze składowych algorytmu.

Do algorytmu należy również doliczyć czas związany z badaniami naukowymi, samokształceniem każdego fizyka, uczestnictwo w kursach i szkoleniach, a także wykonywanie okresowych szkoleń personelu.

W swojej najprostszej formie algorytm oblicza całkowitą liczbę etatów fizyków medycznych N_{FM} , obliczaną jako:

$$N_{FM} = N_{sum} \cdot \varepsilon = \left(\sum_{x=1}^6 N_x \right) \cdot \varepsilon \quad [1]$$

gdzie N_1 do N_6 to szacowana liczba etatów fizyka medycznego wymagana dla każdego z sześciu czynników składowych. Do czynników tych zaliczamy:

N_1 – współczynnik dotyczący aparatury

N_2 – czynnik zależny od liczby pacjentów

N_3 – czynnik związany z ochroną radiologiczną

N_4 – czynnik związany z serwisem i testami

N_5 – czynnik związany ze szkoleniami personelu oraz samokształceniem

N_6 – czynnik związany z badaniami naukowymi i nauczaniem w uczelniach.

Współczynnik ε daje możliwość zredukowania liczby etatów. Gdy szacowana liczba etatów specjalistów – fizyków medycznych jest większa niż 4, współczynnik ε oblicza się w następujący sposób [1]:

$$\varepsilon = \begin{cases} 1 & \text{jeśli } N_{sum} \leq 4 \\ \frac{4 + (N_{sum} - 4) \times R}{N_{sum}} & \text{jeśli } N_{sum} > 4 \end{cases}$$

gdzie R jest współczynnikiem redukcji, który zależy od umiejętności i wiedzy zespołu fizyków medycznych. Współczynnik ten może wynosić od 0,6 w przypadku doświadczonego i dobrze współpracującego zespołu do 0,8 w przypadku zespołu o mniejszym doświadczeniu. Uznaje się, że dla dużych zakładów fizyki medycznej z obrazowaniem i radioterapią istnieje efekt skali, dlatego należy zachować ostrożność przy stosowaniu odpowiedniej redukcji, aby prawidłowo odzwierciedlać efektywność uzyskaną dzięki mieszance umiejętności personelu.

Każda z wartości N_x obliczana jest indywidualnie według wzoru:

$$N_x = \sum_i \omega_i \times n_i$$

gdzie ω_i jest wagowym współczynnikiem w przeliczeniu na ilość FTE, z kolei n_i to powiązany parametr wejściowy [1].

W algorytmie uwzględniono dodatkowe korekty wynikające z samej pracy fizyka medycznego. Korekty te szczegółowo wyjaśniono poniżej.

Składowe algorytmu

Do wyróżnionych w algorytmie sześciu czynników składowych wpływających na liczbę etatów fizyka medycznego należą [1]:

- liczba urządzeń diagnostycznych,
- liczba procedur wykonywanych na pacjentach w ciągu roku,
- liczba szacowanych dawek przeliczanych dla pacjentek w ciąży oraz dawki powierzchniowej w ciągu roku,
- liczba oddziałów i pracowni obsługiwanych przez fizyka medycznego,
- liczba pracowników nadzorowanych przez fizyka, którzy pracują w narażeniu na promieniowanie jonizujące,
- uczestnictwo w zakupie sprzętu medycznego oraz jego instalacja w ciągu roku,
- uczestnictwo w szkoleniach zawodowych w ciągu roku w przeliczeniu na fizyka,
- liczba godzin przeprowadzonych szkoleń rocznych dla personelu,
- liczba specjalistów – fizyków medycznych w stosunku do personelu pomocniczego.



Współczynniki wagowe

Współczynniki wagowe zależą od liczby etatów fizyka medycznego w placówce. W tabeli poniżej opisano typowe założenia wynoszące średnio 250 dni robocze.

Biorąc pod uwagę ograniczoną dokładność w zastosowanych wartościach algorytmu dla wyznaczenia etatu fizyka medycznego FTE, można przy niewielkich odstępstwach od wyżej wymienionych założeń uznać wzór za właściwy [1].

Jednak jeśli występują znaczne różnice w przedstawionym planie etatu z tym, jaki istnieje dla fizyka w placówce, należy odpowiednio dostosować wyniki zgodnie z poniższą tabelą.

Przykłady wartości FTE i jego równoważników w dniach i godzinach

FTE	LICZBA DNI	LICZBA GODZIN	
		ośmiogodzinny dzień pracy	pięciogodzinny dzień pracy
0,1	22	176	110
0,01	2,2	17,6	11
0,005	1,1	8,8	5,5
0,001			

Zmienna wyjściowa

Opracowany na podstawie algorytmu wynik podaje liczbę pełnych etatów fizyka medycznego w diagnostyce obrazowej i radiologii interwencyjnej.

Liczba etatów obliczona na podstawie algorytmu jest graniczna, aby jednostka mogła sprawnie i bezpiecznie działać na rzecz pacjenta. Fizycy powinni być wspierani przez personel pomocniczy złożony z fizyków medycznych bez specjalizacji, osób zajmujących się promieniowaniem, informatyków medycznych oraz przedstawicieli administracji.

Algorytm zakłada również, że najczęstsze podstawowe testy kontroli jakości promieniowania wykonywane są przez wyznaczony w jednostce personel, np. techników elektroradiologii lub lekarzy radiologów. Jednakże nadzór nad całą tą działalnością należy do fizyków medycznych.

Liczba osób składających się na personel pomocniczy powinna być równa lub większa od liczby fizyków medycznych ze specjalizacją.

Obliczenia

Wykonano obliczenia dla średniej wielkości szpitala, w którym zatrudnionych jest ok. 1400 osób. Zainstalowana jest duża liczba nowoczesnego sprzętu (w 80% wyprodukowany po 2010). Jednostka hospitalizuje rocznie około 24 tys. pacjentów.

Czynnik N_1 – liczba urządzeń diagnostycznych

Zmienne zależne od liczby urządzeń i współczynniki wagowe zastosowane w algorytmie są opisane w dokumencie IAEA dla radiologii diagnostycznej i interwencyjnej [1].

Powiązane obowiązki fizyka medycznego obejmują:

- pełen zakres okresowych badań wydajności sprzętu wraz z towarzyszącą dokumentacją przeprowadzanych co najmniej raz w roku;
- testowanie po głównych procedurach konserwacji, które mogłyby wpłynąć na odpowiednie parametry oceny dawki pacjenta i jakości obrazu (wymiana lampy, detektora itp.),
- przegląd lub ocena rutynowych kontroli jakości.

We wspomnianym szpitalu znajduje się następująca liczba urządzeń:

LISTA URZĄDZEŃ W SZPITALU – RADIOLOGIA OGÓLNA I ZABIEGOWA				
APARAT	CZYNNIK WAGOWY	LICZBA URZĄDZEŃ	PRZELICZNIK NA FTE	UWAGI
CT	0,040	2	0,080	
urządzenie radiograficzne	0,010	3	0,030	Detektory rozdzielne oddzielnie
mammograf	0,020	2	0,040	Zarówno analogowe, jak i cyfrowe, biopsja, jak i tomosynteza
pokój zabiegowy do przeprowadzania biopsji	0,001	1	0,001	
fluoroskop	0,010	5	0,050	Zawiera zarówno złożone, jak i przenośne ramiona C używane do podstawowej fluoroskopii
fluoroskop zabiegowy	0,020	3	0,060	Zarówno urządzenia złożone, jak i ramiona C używane w tym celu
aparaty przenośne RTG	0,004	2	0,008	Detektory cyfrowe oddzielnie
detektor CR	0,001	28	0,028	
detektor DR	0,004	5	0,020	
Urządzenia do wyświetlania obrazu (np. para monitorów)	0,001	30	0,030	
rezonans magnetyczny	0,040	2	0,080	Nie uwzględnia zadań związanych z bezpieczeństwem pracy w polu magnetycznym
USG	0,002	50	0,100	Uwzględnia cały zestaw USG (wszystkie dotychczasowe głowice)
Drukarki klisz i czytniki kaset	0,002	6	0,012	Uwzględnia czytniki kaset CR i drukarki klisz
SUMA			0,539	

Szacowana liczba etatów dla fizyków medycznych dla ww. jednostki na podstawie posiadanych przez szpital urządzeń oraz ich liczby wynosi $N_1 = 0,539$.

Czynnik N_2 – liczba procedur wykonywanych na pacjentach w ciągu roku

Współczynniki wagowe danych wejściowych zależnych od pacjenta zastosowane w algorytmie obejmuje wszystkie obowiązki



fizyka medycznego, które są proporcjonalne do liczby procedur klinicznych [1].

Powiązane obowiązki obejmują:

- dozymetria pacjenta i ocena ryzyka dla poszczególnych pacjentów (niezamierzone ekspozycje oraz pacjenci pediatryczni, kobiety ciężarne i karmiące piersią);
- rozwiązywanie problemów technicznych i klinicznych związanych z badaniami pacjentów (np. nieoptymalna jakość obrazu, artefakty).

We wspomnianym szpitalu wykonywanych jest sporo procedur rocznie:

RADIOLOGIA OGÓLNA I ZABIEGOWA					
APARAT	Ilość jednostkowa procedur	Czynnik wagowy	Ilość procedur w szpitalu	Przelicznik na FTE	Uwagi
Procedury CT	1000	0,010	14000	0,140	(na 1000 procedur)
Procedury zabiegowe i kardiologiczne	1000	0,020	3000	0,060	(na 1000 procedur)
Procedury RTG: radiografia, fluoroskopia, mammografia etc.	1000	0,001	40000	0,040	(na 1000 procedur)
Ocena ryzyka narażenia kobiet w ciąży lub karmiących mlekiem (na jedno obliczenie)	1	0,002	Inspektor ochrony radiologicznej	Niewliczane w zadania fizyka	ocena dawki i raportowanie wyników
SUMA				0,240	

Szacowana liczba etatów dla fizyków medycznych dla ww. jednostki na podstawie posiadanych danych odnośnie procedur przeprowadzonych na pacjentach w szpitalu wynosi $N_1 = 0,240$.

Czynnik N_3 – liczba oddziałów i pracowni obsługiwanych przez fizyka medycznego oraz działania związane z ochroną radiologiczną

Współczynniki wagowe związane z ochroną przed promieniowaniem stosowane w algorytmie są opisane w kategoriach czynników zależnych od oddziału/komórki i czynników zależnych od personelu. Czynniki te zakładają, że obowiązki ochrony przed promieniowaniem mają być wykonywane przez fizyka medycznego. Jeśli tak nie jest, należy dokonać zmiany w ostatecznym wyliczeniu wymaganego personelu [1].

Powiązane obowiązki obejmują:

- opracowanie odpowiednich planów zarządzania promieniowaniem;
- ogólne aspekty ochrony związanej zarówno z promieniowaniem jonizującym, jak i niejonizującym w szpitalu, w tym oceny ryzyka i badania ochrony przed promieniowaniem;
- doradztwo w zakresie działań niezbędnych do przestrzegania przepisów krajowych;
- administracja związana z licencjonowaniem i rejestracją promieniowania itp.;
- kontrola i kalibracja urządzeń monitorujących i pomiarowych.

W placówce znajdują się:

- 2 aparaty CT oraz ok. 10 urządzeń radiograficznych
- 3 pracownie zabiegowe
- 2 aparaty MR

LICZBA ODDZIAŁÓW I PRACOWNI OBSŁUGIWANYCH PRZEZ FIZYKA MEDYCZNEGO ORAZ DZIAŁANIA ZWIĄZANE Z OCHRONĄ RADIOLOGICZNĄ					
Rodzaj	Ilość jednostkowa	Czynnik wagowy	Ilość	Przelicznik na FTE	Uwagi
Zakład diagnostyki obrazowej	1	0,050	1,0	0,050	W przypadku tego przelicznika zakład posiada 2 CT, 10 RTG. Dla większych bądź mniejszych zakładów odpowiednio powiększony/pomniejszony
Zakład radiologii zabiegowej	1	0,050	1,5	0,075	Dwa zabiegowe aparaty (odpowiednio powiększyć/pomniejszyć)
Bezpieczeństwo pracy w polu magnetycznym	1	0,010	2,0	0,020	Dla jednego aparatu MR
SUMA				0,145	

Szacowana liczba etatów dla fizyków medycznych dla ww. jednostki na podstawie posiadanych danych odnośnie liczby oddziałów i pracowni obsługiwanych przez fizyka medycznego oraz działań związanych z ochroną radiologiczną w szpitalu wynosi $N_3 = 0,145$.

Czynnik N_4 – obsługa serwisowa i testy urządzeń

Powiązane obowiązki obejmują: [1]

- zapewnienie zgodności z lokalnymi i krajowymi przepisami i wymogami akredytacyjnymi, w tym z regularnymi inspekcjami;
- ocena i raportowanie typowych dawek i czynności w standardowych badaniach radiologicznych;
- zarządzanie jakością obejmujące audyty kliniczne;
- specyfikacja i ocena sprzętu;
- testy akceptacyjne sprzętu;
- porady dotyczące ochrony przed promieniowaniem dla nowych instalacji;
- opracowanie protokołu testowania.

Fizycy medyczni powinni posiadać wiedzę i umiejętności, aby wspierać kliniczne przetwarzanie danych i tworzenie sieci. Powinni znać podstawowe pojęcia i zastosowania PACS (systemy archiwizacji i komunikacji obrazu), RIS (systemy informacji radiologicznej) i HIS (szpitalne systemy informacyjne). Powinni także posiadać wiedzę na temat przechowywania, obsługi i dystrybucji obrazów pacjentów i danych między różnymi stacjami roboczymi. Współpracują z informatykami w celu weryfikacji integracji sieci i przesyłania danych, aby zapewnić, że wszystkie systemy działają poprawnie, a dane pacjentów są chronione przed nieuprawnionym dostępem i naruszeniem prywatności.

Istotne obowiązki są wysoce zróżnicowane w zależności od sytuacji i nie można ich zmierzyć w ujednoczony sposób. W związku z tym nakład pracy wynikający z takich sytuacji może być określony ilościowo jedynie na poziomie lokalnym.



W jednostce w ciągu ostatniego roku:

- wykonano 4 specyfikacje dotyczące zakupu urządzeń;
- wykonano 20 testów akceptacyjnych i/lub pomiarów referencyjnych;
- radzono czterokrotnie przy nowych urządzeniach odnośnie ochrony radiologicznej.

Wykonano około 40 protokołów testowych i instrukcji na urządzenia.

Serwis i testy	Ilość jednostkowa	Czynnik wagowy	Ilość	Przelicznik na FTE	Uwagi
Administracja zakładem	1	0,200	1	0,2	Zawierający wewnętrzne spotkania dotyczące budżetu, planowania aktywności i zatrudnienia. Tylko w przypadku niezależnych zakładów fizyki medycznej.
Program zarządzania dawką (na zakład)	1	0,040	0	0	Ocena dawki dla typowych badań oraz administrowanie standardowymi procedurami radiologicznymi. Porównywanie i ustalanie dawki pacjentów do istotnych poziomów referencyjnych.
Zarządzanie i kontrola jakości (uwzględniający audyty)	1	0,100	1	0,100	Dokumentacja, przegląd polityki zarządzania jakością, procedur i przygotowanie na audyty zewnętrzne i akredytację. 0,1 dla radiologii ogólnej i osobno 0,1 dla radiologii zabiegowej, nie dla osobnych zakładów.
Specyfikacja i ewaluacja urządzeń dostarczanych	1	0,020	4	0,080	Zakładając jednostkę o średniej złożoności.
Testy akceptacyjne i referencyjne (na aparat)	1	0,020	20	0,400	Ustalanie wartości odniesienia. Zakładając jednostkę o średniej złożoności.
Doradztwo w ochronie radiologicznej w nowych instalacjach urządzeń (na instalację)	1	0,020	4	0,080	Ustalanie planu osłon i zgodę dla średniej instalacji.
Protokoły testowania urządzeń (na 1 protokół)	1	0,050	40	2	Zawierające ustalenie i opracowanie protokołów testowych odpowiednich aplikacji (arkuszy kalkulacyjnych), opracowanie zasady stosowania i procedury dla odpowiednich fantomów.
SUMA				2,860	

Czynnik N_5 – szkolenia i nauczanie personelu

Fizycy medyczni odgrywają kluczową rolę w szkoleniu praktycznym innych fizyków i innych pracowników służby zdrowia. Wykładają i opracowują materiały edukacyjne dla lekarzy, techników i pielęgniarek, a także dla studentów, rezydentów i personelu technicznego [1].

W omawianej placówce fizycy odbyli:

- I. 28 godzin wyjazdów na konferencje i sympozja doskonalące
- II. 60 godzin nauczania nowo przyjętych fizyków bez specjalizacji i szkoleń personelu
- III. 20 godzin szkolenia dla fizyka medycznego.

Szkolenia i nauczanie personelu	Ilość jednostkowa	Czynnik wagowy	Ilość	Przelicznik na FTE	Uwagi
Liczba jednostek ustawicznego kształcenia (na 1 fizyka medycznego)	40	0,02	40	0,020	Opisana wartość dotyczy się wymaganych 40 godzin rocznie samoszkolenia.
Szkolenie innych (na godzinę szkolenia)	1	0,002	60	0,12	Szkolenie personelu medycznego (zarówno samoszkolenie, jak i przygotowanie)
Szkolenie innych – rezydentów fizyki medycznej, fizyków (na osobę)	1	0,1	20	2	Rezydent – fizyk medyczny jest traktowany jako 0,5 etatu fizyka medycznego
SUMA				2,140	

Czynnik N_6 – badania naukowe i nauczanie akademickie

Fizycy medyczni odgrywają znaczącą rolę w nauczaniu wyższym, w badaniach naukowych oraz rozwoju nowych dziedzin medycyny. Oceniają nowe technologie i badają wdrożenie nowych procedur, pomagając w szkoleniu personelu klinicznego w ich realizacji. Wspierają fizyczne i techniczne aspekty badań klinicznych i często odgrywają wiodącą rolę w zespole badań medycznych, szczególnie w ośrodkach z dużą ilością nowoczesnego sprzętu. Fizycy medyczni odgrywają ważną rolę w protokołach klinicznych stosowanych w badaniach. Prowadzą badania w zakresie aparatury, zastosowań fizyki w medycynie, monitorują bieżące postępy w określonych obszarach badań oraz pracują nad nowatorskimi projektami i metodologią badań [1].

Nauczanie akademickie i zaangażowanie w prace badawczo-rozwojowe są obowiązkami dodatkowymi w stosunku do pracy fizyka medycznego, których nie obejmuje algorytm. Obowiązki te są zależne od specyfiki pracy jednostki i nie można ich zmierzyć w ujednolicony sposób. Dlatego kwantyfikacja nakładu pracy związanego z takimi sytuacjami może być dokonywana tylko lokalnie i musi zostać dodana jako dodatkowe FTE do wyników algorytmu.

Te dodatkowe obowiązki, które nie są objęte niniejszą publikacją, mogą obejmować:

- realizację nauczania wyższego;
- prowadzenie badań naukowych;
- udział w komisjach etyki;
- zapewnienie wsparcia dla zewnętrznych projektów badawczych;
- zaangażowanie w badania kliniczne (np. dodatkowe wymogi dotyczące zapewnienia jakości i dozymetrii, modelowanie, zarządzanie danymi, statystyki medyczne).

Obliczenia końcowe – suma wszystkich wartości

W omawianej placówce zdrowia po zsumowaniu wszystkich czynników liczba etatów specjalistów fizyków medycznych jest oszacowana na 5,924.

$$N_{sum} = \sum_{X=1}^6 N_X = 0,539 + 0,240 + 0,145 + 2,860 + 2,140 = 5,924$$



Ponieważ wartość ta $N_{sum} = 5,924$ i przyjmując wcześniejsze założenie wartość $N_{sum} > 4 \varepsilon$ przyjmuje postać:

$$\varepsilon = \frac{4 + (N_{sum} - 4) \times R}{N_{sum}}$$

$$N_{FM} = N_{sum} \times \varepsilon = 5,9 \times \varepsilon = \begin{cases} 5,154 & \text{dla } R = 0,6 \\ 5,539 & \text{dla } R = 0,8 \end{cases}$$

Liczba wspomnianego **personelu dodatkowego** (wsparcie sekretarskie i administracyjne, techników, rezydentów fizyki medycznej, IT i wsparcie inżynierów) powinno wynosić półtorakrotność dla etatów fizyka medycznego – specjalisty. W przypadku wspomnianej placówki zdrowia wynosi odpowiednio **7,732** i **8,309** etatów:

$$N_{PD} = \begin{cases} 7,732 & \text{dla } R = 0,6 \\ 8,309 & \text{dla } R = 0,8 \end{cases}$$

Podsumowanie

Publikacja odzwierciedla zalecaną sytuację fizyka medycznego w praktyce klinicznej. Jednakże oczywistym jest, że takie rozważania niekoniecznie mają odzwierciedlenie w już istniejących jednostkach [1].

Mogą zaistnieć niewielkie rozbieżności między faktyczną liczbą fizyków medycznych pracujących w danej placówce. Ta

rozbieżność może być tłumaczona przez występowanie drobnych różnic w wydajności pracy personelu lub też niepewnością samych czynników składowych algorytmu.

Należy zauważyć, że algorytm opiera się na założeniu, że praca fizyków medycznych jest już ustalona, a czas podróży do oddziałów, pracowni lub innych ośrodków jest minimalny. W przypadku próby oszacowania czasu dojazdu należałoby wynik N_{FM} pomnożyć przez odpowiednią wartość. Wiązałoby się to ze zwiększeniem liczby etatów specjalisty – fizyka medycznego [1].

Rola fizyki medycznej nie jest jednakowo doceniana w praktyce. Ta sytuacja różni się od tej w radioterapii, gdzie wymagany jest szerszy zakres usługi ze strony fizyków medycznych. Bardziej rozległa – ale często bardziej rozproszona – działalność w diagnostyce obrazowej skutkuje tym, że fizycy medyczni są zatrudniani tylko w dużych ośrodkach, na ogół związanych z uniwersyteckimi szpitalami. Przez to wiele ośrodków radiologicznych jest obsługiwanych przez małe zespoły fizyków, być może z jednym fizykiem medycznym – specjalistą, tworząc w ten sposób rozdrobniony i nieefektywny system świadczenia usług [1].

Centra medyczne z dużą liczbą specjalistów – fizyków medycznych mogą przejmować nadzór nad mniejszymi jednostkami w regionie, w których zatrudnieni są pojedynczy fizycy, oferując pomoc merytoryczną i techniczną zgodnie ze standardami opisanymi prawnie.

reklama

POLON-ALFA

PRODUCENT APARATURY DO POMIARU
PROMIENIOWANIA JONIZUJĄCEGO OD 1957 ROKU

- monitoring radiacyjny (prom. gamma i neutronowe)
- pomiar promieniowania X i gamma
- wykrywanie i pomiar stopnia skażenia powierzchni nuklidami alfa, beta i gamma
- pomiar względnej aktywności próbek (np. przy pomiarze jodochwytności tarczycy)
- analiza badanych izotopów promieniotwórczych (analiza spektrometryczna oraz ilościowa)
- monitorowanie warunków pracy z możliwością bezpośredniego odczytu mierzonych wartości i sygnalizacji przekroczenia ustawionych progów alarmowych
- wzorcowanie aparatury dozymetrycznej w akredytowanym Laboratorium Wzorującym Urzędzeń Dozymetrycznych

Monitoring radiacyjny
ZR - 2MR



Radiometr RK-100-2
z sondą zewnętrzną RK-100



Radiometr uniwersalny
RUM-2



Polon-Alfa Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością Sp.k.

85-861 Bydgoszcz, ul. Glinki 155, tel. 52 36 39 261, www.polon-alfa.pl, e-mail: polonalfa@polon-alfa.pl



By niniejsze wytyczne były w stanie odpowiednio odzwierciedlać potrzeby, sugeruje się, aby [1]:

- Zastosować algorytm do określenia odpowiedniego poziomu zatrudnienia dla dowolnej wielkości obiektu.
- Należy uwzględnić dodatkowe uwagi:
 - jeśli w placówce powstają nowe zadania dla fizyków, związane z zakupem nowego sprzętu, otwarciem nowej pracowni itp.;
 - gdy sprzęt wymaga wzmożonego nadzoru i konserwacji (np. jeśli sprzęt jest stary);
 - gdy ze strony fizyków udzielane jest wsparcie szpitalnym i/lub radiologicznym systemom informatycznym oraz systemom archiwizacji obrazu;
 - gdy czas podróży między miejscami pracy jest spory.
- Należy wziąć pod uwagę wydajność, zarówno w przypadku pracy w dużych ośrodkach, jak i regionalnych placówkach.
- Jeżeli fizycy uczestniczą w nauczaniu wyższym lub biorą udział w badaniach naukowych, dodatkowe wymagania dotyczące personelu należy oszacować osobno, ponieważ są one wysoce zależne od wielu różnych czynników.

W omawianej placówce **nie została uwzględniona składowa związana z nauczaniem akademickim i badaniami naukowymi**. Z braku konkretnego algorytmu nie zostało to dodane do działań fizyków (mimo iż takie badania mają miejsce i fizycy biorą w nich udział). Obecnie placówka zatrudnia:

- jednego fizyka medycznego – specjalistę na ½ etatu;
- dwóch fizyków bez specjalizacji.

W tabeli zamieszczono liczbę etatów tej placówki, wymaganą minimalną liczbę etatów wg raportu IAEA oraz w związku z tym wyliczone braki kadrowe:

Typ pracownika	Omawiany szpital – liczba etatów	Minimalna zalecana liczba etatów		Brakujące etaty	
		$\varepsilon = 0,6$	$\varepsilon = 0,8$	$\varepsilon = 0,6$	$\varepsilon = 0,8$
Fizyk medyczny specjalista	0,5	5,154	5,539	4,654	5,039
Personel dodatkowy (fizyk medyczny – rezydent)	2	7,732	8,309	5,732	6,309

Podsumowując – jest to stanowczo niewystarczająca liczba etatów, przez co nakład pracy i obowiązków może doprowadzać do zwiększonego ryzyka powstawania działań niepożądanych oraz mogących spowodować nieprawidłowe funkcjonowanie placówki. Wszystkie te czynniki ostatecznie mogą spowodować narażenie pacjentów na promieniowanie i nieprawidłowości w przebiegu procedur.

Znaczące różnice w ilości FTE obliczonych przez algorytm (zalecanej dla placówki) oraz tej, która faktycznie znajduje się w jednostce, mogą wskazywać na zaniedbanie w zakresie bezpieczeństwa pracy z promieniowaniem jonizującym lub wynikają z niezgodnych z międzynarodowymi standardami, wymaganiami krajowymi lub lokalnymi.

Przykład omawianej jednostki zdrowia można traktować jako typowy dla wielu placówek w Polsce. W większości szpitali, w których udzielane są świadczenia przy pomocy promieniowania jonizującego, nie ma zatrudnionego zespołu fizyków, którzy nadzorowaliby pracę tych urządzeń. Zazwyczaj są to pojedyncze osoby, których nakład obowiązków niejednokrotnie przekracza wielokrotność etatu. Niestety, dopóki nie zmienią się wymogi oraz prawo, sytuacja będzie się pogarszała z roku na rok, gdyż nadzór nad placówkami mogą mieć jedynie osoby po ukończonej specjalizacji, w zdecydowanej większości pracujące w radioterapii i przeważnie nie zajmujące się diagnostyką obrazową na co dzień. Jedynym rozwiązaniem jest regulacja w Prawie Atomowym, w którym uregulowano by dla fizyków specjalizację w obrazowaniu i medycynie nuklearnej jako oddzielnej dziedzinie fizyki medycznej. ^B

Literatura

- International Atomic Energy Agency: *Medical Physics Staffing Needs in Diagnostic Imaging and Radionuclide Therapy: An Activity Based Approach*, IAEA Human Health Series, 15, Vienna, 2018.
- International Atomic Energy Agency: *Staffing in Radiotherapy: An Activity Based Approach*, IAEA Human Health Reports, 13, IAEA, Vienna, 2015, CD-ROM.
- European Commission, Food and Agriculture Organization of the United Nations, International Atomic Energy Agency, International Labour Organization, OECD Nuclear Energy Agency, PAN American Health Organization, United Nations Environment Programme, World Health Organization: *Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards*, IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 3, IAEA, Vienna, 2014.
- International Atomic Energy Agency: *Roles and Responsibilities, and Education and Training Requirements for Clinically Qualified Medical Physicists*, IAEA Human Health Series, 25, Vienna, 2013.
- S. Evans, S. Christofides, M. Brambilla: *The European Federation of Organisations for Medical Physics, Policy Statement No. 7.1: The roles, responsibilities and status of the medical physicist including the criteria for the staffing levels in a Medical Physics Department approved by EFOMP Council on 5th February 2016*, Phys. Medica, 32(4), 2016, 533-540.
- European Commission: *European Guidelines on Medical Physics Expert, Radiation Protection 174, Annex 2: Medical Physics Expert Staffing Levels in Europe*, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2014.
- A. Isambert et al.: *Medical Physics personnel for medical imaging: requirements, conditions of involvement and staffing levels*, Radiat. Prot. Dosim., 164(1-2), 2013, 130-133.
- L. Wilkinson, Z. Brady: *Developing the case for diagnostic physicists in imaging*, Combined Scientific Meeting on Imaging and Radiation in Personalised Medicine, Melbourne, Australia, 2014.
- American Association of Physicists in Medicine: *Staffing Levels and Responsibilities of Physicists in Diagnostic Radiology*, AAPM Report No. 33, American Association of Physicists in Medicine, Colchester, VT, 1991.