

Stanowisko Sekcji Fizyki przy Polskim Towarzystwie Medycyny
Nuklearnej w sprawie zalecanych rodzajów, sposobu przeprowadzania
oraz częstości procedur kontrolnych aparatury używanej przez
pracownie medycyny nuklearnej

Określenia i pojęcia użyte w testach eksploatacyjnych aparatury stosowanej w placówkach medycyny nuklearnej:

Użyteczne pole widzenia detektora – to pole widzenia detektora, zdefiniowane przez wymiary podane przez producenta kamery

Centralne pole widzenia detektora – centralna część pola widzenia detektora, zdefiniowana przez wymiary stanowiące 75% liniowych wymiarów podanych przez producenta w odniesieniu do całkowitego (użytecznego) pola widzenia.

Duża liczba zliczeń w teście jednorodności detektora gamma kamery – ok. 10 000 zliczeń w pikselu (tzn. 30-40mln dla macierzy obrazowej 64x64, powyżej 100mln dla macierzy 128x128).

Wewnętrzna jednorodność detektora – jednorodność określona dla detektora bez kolimatora.

Zewnętrzna jednorodność detektora – jednorodność określona dla detektora z kolimatorem.

Uwaga ogólna : Jeśli producent urządzenia zaleca dodatkowo wykonywanie innych testów poza wymienionymi w niniejszym opracowaniu, należy postępować zgodnie z zaleceniami producenta.

MIERNIKI AKTYWNOŚCI BEZWZGLĘDNEJ			
	Nazwa testu	Wartości graniczne	Częstość
1.	Pomiar tła		
	Wykonać dla ustawień wszystkich radionuklidów, które będą danego dnia używane. Pomiar wykonać z uchwytem pomiarowym na fiolki i strzykawki (holderem) umieszczonym wewnątrz komory miernika. Na czas pomiaru wyłączyć korekcje tła.	Poziom tła powinien znajdować się w przedziale wartości określonym w teście odbiorczym	Na początku każdego dnia, w którym miernik będzie używany lub przed pierwszym użyciem radionuklidu w tym dniu.
2.	Stołość wskazań (dokładność pomiaru)		
	Zastosować długożyciowe źródło kalibracyjne, np. ^{137}Cs lub ^{133}Ba , o znanej aktywności obliczonej dla chwili pomiaru. Wykonać dla ustawień wszystkich radionuklidów, które będą danego dnia używane. Różnica wartości średniej zmierzonych zliczeń, dla co najmniej 10 pomiarów i wartości średniej zliczeń z testu odbiorczego (po uwzględnieniu korekty rozpadu) podzielona przez wartość średnią z pomiarów nie powinna przekraczać	$\pm 10\%$	Codziennie
3.	Powtarzalność wyników (precyzja pomiaru)		
	Zastosować długożyciowe źródło kalibracyjne ^{57}Co , ^{137}Cs lub ^{133}Ba , o aktywności kilku MBq (w chwili pomiaru). Powtarzalność wyników obliczona na podstawie 30 pomiarów (odchylenie standardowe wyników podzielone przez wartość średnią) nie powinna przekraczać	5%	Co pół roku
4.	Liniowość wskazań		
	Zbadać w całym zakresie stosowanych aktywności, dla $^{99\text{m}}\text{Tc}$, chyba że częściej jest stosowany inny radionuklid (np. ^{131}I). Nieliniowość wskazań (różnica wartości średniej co najmniej 10 wskazań miernika i kolejnych, obliczonych aktywności źródła, podzielona przez obliczoną aktywność nie powinny przekraczać	$\pm 5\%$	Co pół roku
5.	Wzorcowanie wskazań		
	Wzorcowanie należy wykonać dla każdego ze stosowanych radionuklidów, z użyciem certyfikowanych źródeł o znanych aktywnościach. Różnica wartości średniej – z co najmniej 30 wyników pomiarów dla każdego z radionuklidów – i aktywności źródła, podzielona przez tę aktywność nie powinna przekraczać	$\pm 5\%$	Co 2 lata w przypadku wykonywania wyłącznie badań diagnostycznych, raz w roku w przypadku prowadzenia terapii.
6.	Dokładność zegara i kalendarza		
	Jeśli miernik jest wyposażony w zegar czasu	$\pm 30\text{sek.}$	Raz w tygodniu

	rzeczywistego, sprawdzić wskazania i ewentualnie skorygować ustawienia tak by różnica w porównaniu z czasem radiowym nie przekraczała		

ZESTAW DO POMIARU JODOCHWYTNOŚCI TARCZYCY			
	Nazwa testu	Wartości graniczne	Częstość
1.	Kalibracja energetyczna		
	Sprawdzenie poprawności ustawienia okna energetycznego.	-	w dniu przed użyciem aparatury (sondy z analizatorami wielokanałowymi) lub w odstępach miesięcznych (sondy z analizatorami jednokanałowymi)
2.	Pomiar tła		
	Fluktuacje tła mieszczą się w zakresie wyznaczonym w teście odbiorczym	-	na początku każdego dnia, w którym zestaw jest używany
3.	Stołość wskazań (dokładność pomiaru)		
	Zastosować długożyciowe źródło kalibracyjne ¹³⁷ Cs lub ¹³³ Ba, o aktywności (w chwili pomiaru) ok. 10MBq. Czas pomiaru należy tak ustawić, by rejestrować nie mniej niż 10 000 zliczeń na pomiar. Różnica wartości średniej co najmniej 10 pomiarów i wartości średniej zliczeń z testu odbiorczego (po uwzględnieniu korekty rozpadu) podzielona przez wartość średnią z pomiarów nie powinna przekraczać	±5%	Na początku każdego dnia, w którym miernik jest używany
4.	Powtarzalność wyników (precyzja pomiaru)		
	Zastosować długożyciowe źródło kalibracyjne ¹³⁷ Cs lub ¹³³ Ba, o aktywności (w chwili pomiaru) ok. 10MBq. Posłużyć się testem zgodności χ^2 w celu sprawdzenia, czy wariancja wyników 30 pomiarów mieści się w granicach przewidzianych dla rozkładu Poissona (poziom istotności 0,05, liczba stopni swobody 29, test dwustronny), czyli czy wartość statystyki $\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^{30} (N_i - \bar{N})^2}{\bar{N}}$ (gdzie N_i – wyniki poszczególnych pomiarów, \bar{N} – wartość średnia) mieści się w granicach pomiędzy	16,0 i 45,7	Co pół roku
	Uwaga! Jeżeli licznik wchodzi w skład zintegrowanego zestawu służącego do pomiaru jodochwytności tarczycy, rodzaj i sposób wykonania testów, ocena ich wyników i częstość wykonywania zgodnie z zaleceniami producenta		

LICZNIKI SCYNTYLACYJNE DO POMIARU PROMIENIOWANIA GAMMA IN VITRO			
	Nazwa testu	Wartości graniczne	Częstość
1.	Kalibracja energetyczna		
	Test wykonać dla używanych radionuklidów, w sposób zalecany przez producenta.	-	Zgodnie z zaleceniami producenta, nie rzadziej niż co kwartał
2.	Pomiar tła		
	Pomiary wykonać dla używanych radionuklidów i dla bieżącego zestawu pustych probówek, aby wykluczyć przypadkową kontaminację. Jeśli licznik jest wyposażony w opcję automatycznej korekcji tła – wprowadzić zmierzony poziom tła i ponowić pomiar.	Poziom tła powinien znajdować się w przedziale wartości określonym w teście odbiorczym	Na początku każdego dnia, w którym miernik jest używany
3.	Stołość wskazań (dokładność pomiaru)		
	Zastosować długożyciowe źródło kalibracyjne (np. ^{57}Co lub ^{133}Ba), o aktywności dopasowanej do czułości urządzenia (rzędu kBq). Czas pomiaru należy tak ustawić, by rejestrować nie mniej niż 10 000 zliczeń na pomiar. Różnica wartości średniej co najmniej 10 pomiarów i wartości średniej zliczeń z testu odbiorczego (po uwzględnieniu korekty rozpadu) podzielona przez wartość średnią z pomiarów nie powinna przekraczać	$\pm 5\%$	Na początku każdego dnia, w którym miernik jest używany
4.	Powtarzalność wyników (Precyzja pomiaru)		
	Zastosować długożyciowe źródło kalibracyjne, np. ^{57}Co lub ^{133}Ba , o aktywności porównywalnej z aktywnościami próbek mierzonych w mierniku (rzędu kBq). Posłużyć się testem zgodności χ^2 w celu sprawdzenia, czy wariancja wyników 30 pomiarów mieści się w granicach przewidzianych dla rozkładu Poissona (poziom istotności 0,05, liczba stopni swobody 29, test dwustronny), czyli czy wartość statystyki $\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^{30} (N_i - \bar{N})^2}{\bar{N}}$ (gdzie N_i – wyniki poszczególnych pomiarów, \bar{N} – wartość średnia) mieści się w granicach pomiędzy	16,0 i 45,7	Co pół roku
5.	Normalizacja detektorów		

	Uwaga: Dotyczy tylko liczników wielodetektorowych. Należy wykonać wg instrukcji producenta dla każdego używanego radionuklidu.	-	Raz w miesiącu oraz po każdej kalibracji energetycznej
Uwaga! Jeżeli licznik wchodzi w skład zintegrowanego zestawu służącego do oznaczeń radioimmunologicznych, rodzaj i sposób wykonania testów, ocena ich wyników i częstość wykonywania zgodnie z zaleceniami producenta			

URZĄDZENIA DO POMIARÓW ŚRÓDOPERACYJNYCH			
1.	Sprawdzanie stopnia naładowania baterii	-	przed użyciem
2.	Pomiar tła		
	Wykonać w stałych warunkach geometrycznych jak w pkt.3, bez źródła promieniowania.	Fluktuacje tła mieszczą się w zakresie wyznaczonym w teście odbiorczym	na początku każdego dnia, w którym sonda jest używana
3.	Stażność wskazań		
	Wykonywać przy użyciu długożyciowego źródła (np. ^{57}Co), w stałych warunkach geometrycznych. Błąd wskazań w odniesieniu do średniej wartości zliczeń z testu odbiorczego (po uwzględnieniu rozpadu źródła) nie przekracza	$\pm 10\%$	w dniu przed użyciem urządzenia
4.	Precyzja (powtarzalność wyników)		
	Zastosować długożyciowe źródło (np. ^{57}Co) i posłużyć się testem χ^2 w celu sprawdzenia, czy wariancja zliczeń mieści się w granicach przewidzianych dla rozkładu Poissona (poziom istotności 0,05, liczba stopni swobody 29, test dwustronny), czyli czy wartość statystyki $\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^{30} (N_i - \bar{N})^2}{\bar{N}}$ (gdzie N_i – wyniki poszczególnych pomiarów, \bar{N} – wartość średnia) mieści się w granicach pomiędzy	16,0 i 45,7	co miesiąc (jeśli urządzenie używane jest rzadziej - przed użyciem)

PLANARNE KAMERY SCYNTYLACYJNE			
1.	Ocena tła		
	W ocenie wizualnej równomierne rozmieszczenie zliczeń w obrazie.	-	codziennie
2.	Kontrola położenia okna energetycznego na fotopiku		
	Dla $^{99\text{m}}\text{Tc}$ lub ^{57}Co (^{131}I , gdy kamera stosowana jest głównie do badań przy użyciu tego	-	codziennie

	radionuklidu). Sprawdzić na podglądzie widma czy środek okna energetycznego pokrywa się ze z maksimum fotopiku. Jeżeli położenie okna przekracza wartość granicą podaną przez producenta lub, w razie braku takiej informacji, wizualna ocena wykazuje wyraźne przesunięcie okna energetycznego, dokonać kalibracji energetycznej		
3.	Kontrola położenia okna energetycznego na fotopiku dla radionuklidów innych niż ^{99m}Tc Sprawdzić na podglądzie widma czy środek okna energetycznego pokrywa się ze z maksimum fotopiku. Jeżeli wizualna ocena wykazuje wyraźne przesunięcie okna energetycznego, dokonać kalibracji energetycznej	-	w dniu wykonywania badań z użyciem tego nuklidu
4.	Test przestrzennej jednorodności detektora		
	Wykonywać dla ^{99m}Tc lub ^{57}Co (bądź ^{131}I , gdy kamera stosowana jest głównie do badań przy użyciu tego radionuklidu). Preferowana ocena jednorodności zewnętrznej (detektor z kolimatorem) z użyciem źródła płaskiego o powierzchni użytkowej co najmniej takiej jak powierzchnia użytkowa pola widzenia kamery. Wobec braku takiej możliwości można ją zastąpić oceną jednorodności wewnętrznej (detektor bez kolimatora) z użyciem źródła punktowego umieszczonego w odległości większej niż 5-krotność przekątnej użytecznego pola widzenia kamery, na prostej prostopadłej do środka tego pola. Test jednorodności wewnętrznej należy uzupełnić wizualną oceną kolimatora/ów, w celu wykluczenia jego uszkodzenia (wgniecenia). Oceny jednorodności dokonać za pomocą programu producenta i wg jego zaleceń. W ocenie wizualnej rozmieszczenie zliczeń jednorodne, bez wyraźnych lokalnych maksimów, minimów lub gradientów.	wg zaleceń producenta	codziennie
5.	Test jednorodności detektora dla dużej liczby zliczeń		
	Monitorowanie miar całkowitej i różniczkowej jednorodności w czasie w centralnym i użytecznym polu widzenia detektora. Wykonywać dla ^{99m}Tc lub ^{57}Co (bądź ^{131}I , gdy kamera stosowana jest głównie do badań przy użyciu tego radionuklidu) jak codzienny test jednorodności.	Całkowa miara jednorodności w centralnym polu widzenia nie przekracza 7%	co miesiąc

6.	Test jednorodności detektora dla radionuklidów innych niż ^{99m}Tc (Uwaga: Jeżeli producent gwarantuje zachowanie jednorodności na podstawie przeliczenia map korekcyjnych dla ^{99m}Tc , można odstąpić od wykonywania tego testu)	wg zaleceń producenta	przed badaniami z użyciem tych radionuklidów
7.	Test rozdzielczości energetycznej		
	Wykonywać razem z codziennym testem jednorodności detektora, jeżeli wynik testu codziennego ujawnia wielkość rozdzielczości energetycznej.	wg zaleceń producenta	codziennie
8.	Test rozdzielczości i przestrzennej liniowości detektora		
	Wykonywać za pomocą specjalnego fantomu, np. składającego się z 4 sektorów szczelin o różnych szerokościach, dopasowanych do rozdzielczości kamery (detektor, jeżeli to możliwe, bez kolimatora). Ocena wizualna. Przebieg szczelin na obrazie nie odbiega od linii prostych. Rozróżnialność szczelin jak na obrazie referencyjnym uzyskanym podczas testu odbiorczego.	-	co pół roku
9.	Dokładność zegara i kalendarza		
	Sprawdzić wskazania i ewentualnie skorygować ustawienia systemowego zegar czasu rzeczywistego tak by różnica w porównaniu z czasem radiowym nie przekraczała.	± 30 sek.	raz w tygodniu
10.	Test wymiaru piksela		
	Wykonywać dla ^{99m}Tc lub ^{57}Co (bądź ^{131}I , gdy kamera stosowana jest głównie do badań przy użyciu tego radionuklidu), jako test zewnętrzny (detektor z kolimatorem), w osiach X i Y pola widzenia. Użyć źródeł punktowych (lub liniowych) rozstawionych w odległości ok. 3/4 wymiaru (odpowiednio: X lub Y) pola widzenia.	Wymiar piksela nie może się różnić o więcej niż $\pm 5\%$ od wartości uzyskanych podczas testu odbiorczego	co pół roku

KAMERY SPECT

Uwaga: Dla każdej głowicy należy wykonywać wszystkie testy przewidziane dla kamer planarnych. Całkowa miara jednorodności detektorów w centralnym polu widzenia, zmierzona za pomocą płaskiego źródła promieniowania, nie przekracza 5%. Ponadto:

1.	Precyzja środka obrotu		
	Test powinien być wykonany zgodnie z zaleceniami producenta i przeprowadzony dla wszystkich kolimatorów używanych do badań SPECT i kątów wzajemnego ustawienia detektorów. Jeśli wahanie położenia środka obrotu detektora(ów) względem środka macierzy obrazowej przekracza wartości podane przez producenta, dokonać aktualizacji tablic korekcyjnych środka obrotu z użyciem dedykowanego programu producenta	-	zgodnie z zaleceniami producenta, ale nie rzadziej niż co kwartał
2.	Całościowe działanie systemu obrazowania		
	Wykonać przy użyciu fantomu przeznaczonego do oceny całościowego działania kamer SPECT, np. tzw. fantomu Jaszczaka. Cięcia przedstawiające jednorodne rozmieszczenie aktywności bez artefaktów kołowych, rozróżnialność prętów (oceniana wizualnie) i kontrast kulek (oceniany wizualnie i ilościowo) nie różni się wyraźnie od wyników referencyjnych (test odbiorczy).	-	co pół roku

SPECT/CT			
Uwaga: Poza testami przewidzianymi dla kamer SPECT:			
1.	Testy codzienne modułu CT		
	Wykonanie i ocena wg. procedur producenta	-	codziennie
2.	Dopasowanie cięć tomograficznych uzyskanych technikami SPECT i CT	-	co kwartał
	Oceny dokonać posługując się dedykowanym fantomem, z rozmieszczonymi przestrzennie źródłami punktowymi. Za pozytywny wynik testu należy uznać brak – w odpowiadających sobie przekrojach SPECT i CT – widocznych przesunięć obrazów źródeł.	-	co kwartał

SKANER PET			
1.	Test dzienny		
	Wykonać zgodnie z instrukcją obsługi skanera i zaleceniami producenta obejmującymi: rodzaje testów, użyte źródła i/lub fantomy, ocenę wyników testów oraz rejestrację trendów ich zmian czasowych.	Wyniki są zgodne z normami producenta	codziennie, przed przystąpieniem do badań
2.	Test jednorodności w polu widzenia		

	Uwaga: Wykonuje się, o ile test nie jest testem codziennym (pkt.1.) Wykonać zgodnie z zaleceniami producenta, przy użyciu zalecanego przez niego fantomu.	Jednorodność mieści się w zalecanych granicach	Zgodnie z zaleceniami producenta, po każdej poważnej naprawie, jednak nie rzadziej niż raz w miesiącu
3.	Normalizacja		
	Wykonywać przy użyciu fantomu i źródła zalecanego przez producenta, gdy jednorodność nie mieści się w zalecanych granicach.	-	Wg zaleceń producenta, po każdej poważnej naprawie, nie rzadziej niż co pół roku.
4.	Kalibracja zliczeń względem aktywności		
	Wykonywać przy użyciu fantomu zalecanego przez producenta i źródła ^{18}F o zmierzonej aktywności.		Wg zaleceń producenta, po każdej poważnej naprawie, nie rzadziej niż co pół roku.
5.	Jakość obrazu		
	Wykonywać przy użyciu ^{18}F oraz dedykowanego fantomu (opisanego w dokumentach NEMA NU-2007 lub IEC 61675-1), zgodnie z aktualnie obowiązującymi wytycznymi zawartymi w raportach NEMA. W przypadku trudności z uzyskaniem wymienionego fantomu można się posłużyć fantomem Jaszczaka.	Kontrast sfer zimnych i gorących nie pogarsza się względem wartości odniesienia (test odbiorczy)	Raz w roku
4.	Dokładność zegara i kalendarza		
	Sprawdzić wskazania i ewentualnie skorygować ustawienia systemowego zegar czasu rzeczywistego tak by różnica w porównaniu z czasem radiowym nie przekraczała.	$\pm 30\text{sek.}$	w dniu badań, po włączeniu skanera

PET/CT			
Uwaga: Poza testami przewidzianymi dla kamer PET:			
1.	Testy codzienne modułu CT		
	Wykonanie i ocena wg. procedur producenta		codziennie
2.	Dopasowanie cięć tomograficznych uzyskanych technikami PET i CT		
	Oceny dokonać posługując się dedykowanym fantomem, z rozmieszczonymi przestrzennie	-	co kwartał

	źródłami punktowymi. Za pozytywny wynik testu należy uznać brak – w odpowiadających sobie przekrojach PET i CT – widocznych przesunięć obrazów źródeł.		
3.	Test modułu CT skanera		
	W skanerach PET/CT, w których moduł CT jest wykorzystywany jedynie do korekcji pochłaniania i w celu lokalizacji zmian wykrytych w badaniu techniką PET, należy przeprowadzić test tego modułu zgodnie z zaleceniami producenta.	-	co miesiąc
Uwaga: Ponadto, jeżeli moduł CT skanera PET/CT jest wykorzystywany jako urządzenie w pełni diagnostyczne, to podlega wszystkim testom przewidzianym dla tomografów rentgenowskich.			