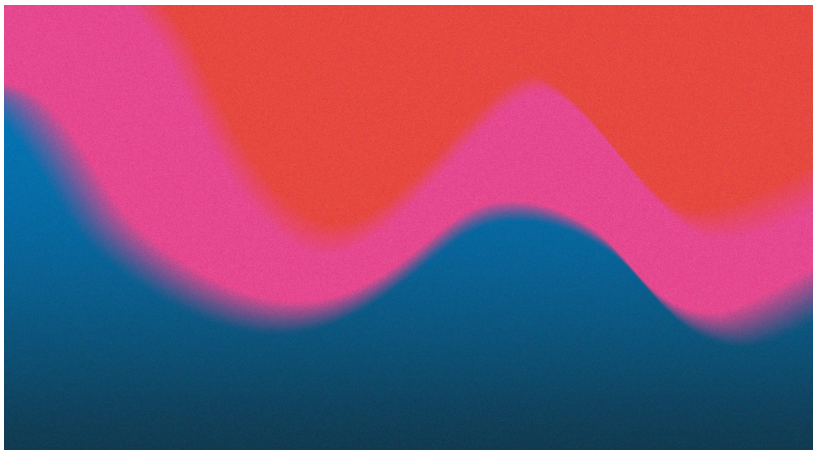
Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Dipertimento federale dell'interno DFI
Ufficio federale della sanità pubblica UFSP
Divisione Radioprotezione



Guida
Garanzia della qualità - camere medicina nucleare
V2 31.01.2025
www.bag.admin.ch/rad-guide

Contatto
Tel.: 058 462 96 14
E-mail: str@bag.admin.ch

Garanzia della qualità per le gamma camere, i tomografi SPECT e i tomografi PET

1 Scopo e campo d'applicazione

La presente guida è destinata ai fornitori e agli utilizzatori di gamma camere, di tomografi a emissione di fotone singolo (single photon emission computed tomography, SPECT) nonché di tomografi a emissione di positroni (positron emission tomography, PET) e disciplina la procedura concernente i provvedimenti atti a garantire la qualità al momento della messa in esercizio nonché durante l'uso e la manutenzione periodica.

In linea di principio, le misure di garanzia della qualità per le gamma camere o i tomografi PET specificamente dedicati a determinati organi (p. es. quelli dedicati agli esami cardiaci, tiroidei o cerebrali) con applicazione diretta all'essere umano devono corrispondere a quelle definite nella presente guida, quando pertinente. Se necessario, per questi apparecchi specifici, sono accettabili metodi propri del fabbricante. In questo caso, il fabbricante è tenuto a giustificare ogni deviazione dalle misure definite nella presente guida.

Le misure di garanzia della qualità per i sistemi di imaging preclinici o, più in generale, per i sistemi di imaging senza applicazione diretta all'essere umano (p. es. i tomografi micro-PET/SPECT, con o senza parte CT, per l'imaging degli animali di piccola taglia o gli apparecchi sviluppati per la valutazione di tessuti asportati) non sono definite nella presente guida. In ogni caso, i fabbricanti di tali sistemi sono tenuti a definire misure di garanzia della qualità appropriate per questo tipo di camere. Per tali apparecchi, si raccomanda di fare riferimento ad altre norme e guide specifiche[1] o di utilizzare la presente guida come punto di partenza per sviluppare un programma di garanzia della qualità appropriato. Per le applicazioni cliniche veterinarie, vige per analogia la presente direttiva.

[1] Ad esempio, la guida congiunta EANM/ESMI per la garanzia di qualità delle camere SPECT e PET precliniche [15].

Contenuto

1 Scopo e campo d'applicazione 1

2 Disposizioni legali 3

3 Libretto d'impianto e verbalizzazione degli esami 4

4 Esami di collaudo e di condizione per le gamma camere, i tomografi SPECT e i tomografi PET 4

5 Esami di stabilità per le camere da ripresa a raggi gamma, i tomografi SPECT e i tomografi PET 5

6 Riferimenti 6

7 Valore giuridico 6

Allegato 1
Contenuto del libretto d'impianto 7

Allegato 2
Esami di collaudo e di condizione per le gamma camere e i tomografi SPECT:
parametri da verificare, periodicità, riferimenti e metodi 8

Allegato 3
Esami di stabilità per le gamma camere e i tomografi SPECT:
parametri da verificare, periodicità, riferimenti e metodi 13

Allegato 4
Esami di collaudo e di condizione per i tomografi PET:
parametri da verificare, periodicità, riferimenti e metodi 14

Allegato 5
Esami di stabilità per i tomografi PET:
parametri da verificare, periodicità, riferimenti e metodi 17

Allegato 6
Istruzioni dettagliate per gli esami di collaudo G13 et P7 e gli esami di stabilità KG4 e KP5:
omogeneità dell'immagine e precisione della quantificazione 19

2 Disposizioni legali

L'articolo 100 dell'ordinanza del 26 aprile 2017 sulla radioprotezione (ORaP; RS 814.501; [1]) specifica che i sistemi diagnostici della medicina nucleare devono essere sottoposti a un controllo prima di essere utilizzati per la prima volta, in seguito devono essere periodicamente sottoposti a controlli e a manutenzione. L'articolo 62 dell'ordinanza del DFI concernente la manipolazione di materiale radioattivo (MMRa; RS 814.554; [2]) specifica che, nel quadro della messa in funzione, il fornitore deve sottoporre tali sistemi a un collaudo; che il titolare della licenza deve sottoporli ogni sei mesi a manutenzione da parte di personale tecnico specializzato autorizzato, seguita da un esame di condizione; e che la stabilità dei sistemi deve essere verificata regolarmente.

In linea di principio, l'utilizzatore del sistema deve disporre dei mezzi di controllo (fantocci, sorgenti radioattive di riferimento) necessari all'esecuzione degli esami di stabilità. Per stabilire quali sono i mezzi più appropriati, determinanti risultano essere le caratteristiche degli apparecchi. Tipicamente, i mezzi di controllo sono definiti dal fornitore nell'ambito dell'installazione e del collaudo. Infine, conformemente all'articolo 60 capoverso 5 MMRa, la ditta specializzata autorizzata ad attuare misure di garanzia della qualità ai sensi dell'articolo 9 lettera g ORaP comunica all'UFSP l'esecuzione e il risultato degli esami di collaudo e di condizione.

Nel caso di tomografi ibridi PET/CT e SPECT/CT anche il tomografo computerizzato (CT) deve essere esaminato in base ai requisiti stabiliti nella guida dell'UFSP sulla garanzia della qualità dei tomografi computerizzati [3].

Se i parametri da verificare sono accertati con un altro metodo rispetto a quello stabilito nella presente guida (p. es. conformemente alle norme [4,5,6,7]), la ditta che esegue i lavori deve provarne l'equivalenza qualitativa e documentarla nel libretto d'impianto. Il metodo deve essere validato dall'UFSP su domanda della ditta e prima dell'utilizzo dell'apparecchio. Ciò può avvenire in particolare nel caso di differenze imputabili a una fabbricazione diversa rispetto al tipo usuale.

Per alcuni esami, in alternativa alle sorgenti radioattive non sigillate la cui attività è misurata mediante attivimetro, può essere autorizzato l'uso di sorgenti sigillate la cui attività è tarata ufficialmente, ma la procedura richiede l'approvazione dell'UFSP. La domanda di approvazione deve contenere le informazioni necessarie sul metodo di fabbricazione, l'attività della sorgente e la sua tracciabilità.

Se le specifiche tecniche dell'apparecchio lo consentono, e se il fabbricante e l'utente sono d'accordo, si possono applicare livelli di attività inferiori a quelli specificati nelle appendici da 2 a 5.

La responsabilità dell'esecuzione dei vari controlli di qualità e la loro periodicità sono riassunte nella tabella seguente:

	Esami di collaudo	**Esami di condizione**	**Esami di stabilità**
Organismo che svolge l'esame	Azienda in possesso di una licenza dell'UFSP	Azienda in possesso di una licenza dell'UFSP	Utilizzatore
Periodicità	Al momento del collaudo e a seguito di modifiche maggiori†, sempre prima della messa in esercizio	Semestrale	Regolare‡

† Esempi di modifiche maggiori: spostamento dell'apparecchio in un altro locale (ad eccezione delle piccole camere mobili) o aggiunta di un nuovo anello di detettori. Per le camere di grandi dimensioni installate su camion, l'eventuale obbligo di effettuare nuovi esami di collaudo dopo il trasferimento del camion è specificato singolarmente nella corrispondente autorizzazione dell'UFSP.

‡ Per la periodicità di ciascun test, consultare gli allegati 3 e 5.

La partecipazione all'esecuzione degli esami di garanzia della qualità dei fisici medici certificati dalla SSRFM, in collaborazione con i tecnici di radiologia medica e i medici nucleari è incoraggiata mediante:

- Coinvolgimento in un efficace scambio di informazioni con il fornitore o la società autorizzata nell'ambito dei collaudi e degli esami di condizione semestrali (in particolare per la comunicazione dei risultati dei test); coinvolgimento quando l'apparecchio viene consegnato dal fornitore all'utente.
- Coinvolgimento diretto negli esami di stabilità eseguiti dall'utilizzatore.

La presente guida entra in vigore il 1° marzo 2025, con un periodo di transizione di un anno, durante il quale gli esami di garanzia della qualità possono essere eseguiti in conformità ai requisiti della versione precedente della guida, datata 7 marzo 2018 (revisione 1)[2]

3 Libretto d'impianto e verbalizzazione degli esami

Nell'ambito dell'installazione e degli esami di collaudo ultimati dal fornitore, per ogni gamma camera e ogni tomografo SPECT o PET deve essere allestito un libretto d'impianto. Esso contiene i documenti e i verbali menzionati nell'allegato 1 della presente guida. I risultati degli esami di collaudo e di condizione devono essere verbalizzati e i verbali conservati nel libretto d'impianto, in forma cartacea o elettronica. In considerazione del loro volume, i verbali concernenti gli esami di stabilità effettuati dall'utilizzatore possono essere conservati su supporto elettronico o in una cartella separata. Tuttavia, nel libretto d'impianto devono essere conservati almeno i livelli di riferimento accertati nell'ambito dell'ultimo esame di condizione o degli esami di collaudo, utilizzati quale riferimento per gli esami di stabilità.

Per quanto concerne gli esami di collaudo e di condizione, i valori target e gli intervalli di tolleranza, se non specificati negli allegati della presente guida, devono corrispondere alle specifiche del fabbricante e devono essere comunicati agli utilizzatori e documentati nel libretto d'impianto.

4 Esami di collaudo e di condizione per le gamma camere, i tomografi SPECT e i tomografi PET

L'azienda autorizzata (fornitore o produttore) esegue gli esami di collaudo e li documenta in un verbale, dopo l'installazione della camera e prima della sua messa in esercizio, o in seguito a modifiche maggiori (v. tabella del par. 2 per esempi di modifiche maggiori). Gli esami di condizione sono eseguiti e documentati in un verbale da personale qualificato, impiegato presso le aziende che dispongono di **una licenza dell'UFSP**, nell'ambito della manutenzione semestrale. Durante gli esami di collaudo o di condizione devono essere determinati dei livelli di riferimento per i successivi esami di stabilità (v. par. 5).

Sebbene l'esecuzione degli esami di collaudo e di condizione sia di responsabilità dell'azienda autorizzata, la preparazione dei fantocci e la manipolazione delle sorgenti radioattive aperte possono essere delegate all'utente, con il suo consenso.

I parametri da verificare, la loro periodicità (al momento del collaudo o durante gli esami di condizione semestrali) e il riferimento delle procedure da seguire e delle misurazioni da effettuare (principalmente le ultime[3] norme NEMA NU-1 2018 [8] e NEMA NU-2 2018 [9]) sono riportati nell'allegato 2 per le gamma camere e i tomografi SPECT e nell'allegato 4 per i tomografi PET. I valori target e gli intervalli di tolleranza, se non specificati negli allegati 2 e 4, si basano sulle specifiche del fabbricante e devono essere documentati nel libretto d'impianto e messi a disposizione dell'utilizzatore.

Oltre ai test eseguiti nel quadro degli esami di condizione semestrali di cui agli allegati 2 e 4, le aziende che dispongono di una licenza dell'UFSP devono effettuare esami di manutenzione preventivi e specifici del fabbricante.

[2] In casi ben giustificati, si può chiedere all'UFSP di prolungare il periodo di transizione di un anno.

[3] Lo standard NEMA NU-1 2023 è stato pubblicato al termine del processo di revisione di questa direttiva e non contiene modifiche significative rispetto alla versione del 2018.

L’attivimetro dell’utilizzatore impiegato per gli esami di collaudo e di condizione deve essere lo stesso abitualmente utilizzato per le applicazioni di radiofarmaci ai pazienti.

Alcuni test dell'allegato 2 sono richiesti solo per le apparecchi SPECT che utilizzano la quantificazione assoluta negli esami clinici (vedere la colonna “Apparecchi interessati”). Il medico nucleare che agisce in qualità di esperto in radioprotezione (esperto medico) nella licenza di esercizio dell'apparecchiatura è responsabile di decidere se la quantificazione assoluta viene effettivamente utilizzata per gli esami clinici. Inoltre, se l'utente inizia a utilizzare una camera SPECT senza utilizzare la quantificazione assoluta per gli esami clinici e successivamente decide di utilizzare questa funzionalità, è necessario eseguire gli esami di collaudo corrispondenti in quel momento.

5 Esami di stabilità per le camere da ripresa a raggi gamma, i tomografi SPECT e i tomografi PET

L’utilizzatore è responsabile dell’esecuzione e della documentazione degli esami di stabilità. In particolare, per garantire l’indipendenza delle misurazioni, l’utilizzatore non può delegare gli esami di stabilità all’azienda autorizzata.

Tuttavia, è consentito l'uso di apparecchiature appartenenti all'azienda autorizzata (ad esempio, i fantocci) per eseguire gli esami di stabilità, previo accordo con l'azienda autorizzata. Inoltre, è accettabile che gli esami di stabilità da KG1 a KG3 e da KP1 a KP4 siano automatizzati. Su richiesta dell'utilizzatore, l'azienda autorizzata deve spiegare all'utilizzatore come questi test automatizzati vengono implementati nel dispositivo ed eseguiti e quali sono le tolleranze per questi test. Infine, per gli esami di stabilità KG4, KP5 e KP6, se gli strumenti software del produttore sono disponibili e accessibili all'utente, questi strumenti possono essere utilizzati dall'utente, a condizione che l'utente effettui almeno una volta un controllo indipendente dei valori dei test, per garantire che siano ottenuti valori comparabili.

I parametri da verificare, la loro periodicità e il riferimento delle procedure da seguire e delle misurazioni da effettuare sono indicati nell’allegato 3 per le gamma camere e i tomografi SPECT e nell’allegato 5 per i tomografi PET. I valori target e gli intervalli di tolleranza, se non specificati negli allegati 3 e 5, si basano sulle specifiche del fabbricante e devono essere documentati nel libretto d’impianto e messi a disposizione dell’utilizzatore.

Se un esame di stabilità fallisce, l’utilizzatore deve contattare il fisico medico competente. Prima di poter utilizzare la macchina a scopo clinico, il fisico medico o l'azienda autorizzata deve adottare misure adeguate. La responsabilità dell'approvazione per l’utilizzo clinico spetta al titolare della licenza.

L’attivimetro dell’utilizzatore impiegato per gli esami di stabilità deve essere lo stesso abitualmente utilizzato per le applicazioni di radiofarmaci ai pazienti.

Alcuni test dell'allegato 3 sono richiesti solo per le apparecchi SPECT che utilizzano la quantificazione assoluta negli esami clinici (vedere la colonna “Apparecchi interessati”). Il medico nucleare che agisce in qualità di esperto in radioprotezione (esperto medico) nella licenza di esercizio dell'apparecchiatura è responsabile di decidere se la quantificazione assoluta viene effettivamente utilizzata per gli esami clinici.

6 Riferimenti

1. Ordinanza del 26 aprile 2017 sulla radioprotezione (ORaP; RS 814.501)

2. Ordinanza del DFI del 26 aprile 2017 concernente la manipolazione di materiale radioattivo (MMRa; RS 814.554)

3. Guida R-08-08 dell'UFSP: «Controlli di qualità di tomografi computerizzati (TC)»; www.bag.admin.ch/rad-guide

4. IEC 61675-1:2022, Radionuclide imaging devices – Characteristics and test conditions – Part 1: Positron emission tomographs

5. IEC 61675-2:2015, Radionuclide imaging devices – Characteristics and test conditions – Part 2: Gamma cameras for planar, wholebody, and SPECT imaging

6. IEC TR 61948-2:2019, Nuclear medicine instrumentation – Routine tests – Part 2: Scintillation cameras and single photon emission computed tomography imaging

7. IEC TR 61948-3:2018, Nuclear medicine instrumentation – Routine tests – Part 3: Positron emission tomographs

8. NEMA Standards Publication NU 1-2018, Performance Measurements of Gamma Cameras

9. NEMA Standards Publication NU 2-2018, Performance Measurements of Positron Emission Tomographs (PET)

10. Ordinanza del 1° luglio 2020 relativa ai dispositivi medici (ODmed; RS 812.213)

11. Guida dell'UFSP sulla radioprotezione in relazione alla costruzione di impianti PET (in tedesco); www.bag.admin.ch/rad-guide

12. IAEA Human Health Series No.6, Quality Assurance for SPECT Systems

13. American association of physicists in medicine, Report No.117, Research Needs of Radiation Protection

14. American association of physicists in medicine, Report No.126, PET/CT Acceptance Testing and Quality Assurance

15. Vanhove, C., Koole, M., Fragoso Costa, P. et al. Preclinical SPECT and PET: Joint EANM and ESMI procedure guideline for implementing an efficient quality control programme. Eur J Nucl Med Mol Imaging (2024), https://doi.org/10.1007/s00259-024-06824-5

7 Valore giuridico

Queste guide sono un aiuto all'esecuzione fornito dall'UFSP in qualità di autorità di vigilanza per la radioprotezione e si rivolgono primariamente ai titolari di licenze e ai periti. Concretizzano determinati requisiti richiesti dal diritto in materia di radioprotezione e corrispondo allo stato attuale della scienza e della tecnica. I titolari di licenze e i periti, che si attengono a queste guide possono presumere di eseguire conformemente il diritto in materia di radioprotezione.

Allegato 1
Contenuto del libretto d'impianto

Contenuto	Osservazioni
Indicazione del numero di licenza dell'UFSP	Per gli apparecchi SPECT/CT e PET/CT: numero di licenza per l'esercizio di un sistema a raggi X per uso medico; per le gamma camere indipendenti - senza CT: numero di licenza per la manipolazione di sorgenti radioattive non sigillate.
Verbali degli esami di collaudo	Contiene i verbali degli esami di collaudo e della consegna dell'impianto all'utilizzatore. I valori target e gli intervalli di tolleranza, se non specificati negli allegati della presente guida, devono corrispondere alle specifiche del fabbricante e devono essere documentati e comunicati agli utilizzatori. Se un test non è applicabile a una determinata camera, il motivo deve essere documentato nel libretto d'impianto dell'apparecchio.
Verbali degli esami di condizione	Contiene i verbali degli esami di condizione. I valori target e gli intervalli di tolleranza, se non specificati negli allegati della presente guida, devono corrispondere alle specifiche del fabbricante e devono essere documentati e comunicati agli utilizzatori. Se un test non è applicabile a una determinata camera, il motivo deve essere documentato nel libretto d'impianto dell'apparecchio.
Liste di controllo e periodicità della manutenzione	In base ai dati del fabbricante.
Procedure e livelli di riferimento per gli esami di stabilità	Documentazione delle procedure da seguire e dei livelli di riferimento per gli esami di stabilità. I verbali degli esami di stabilità sono archiviati separatamente in forma elettronica o cartacea.
Indicazione relativa alla versione del documento e al luogo di conservazione del libretto d'istruzioni	Il libretto d'istruzioni deve essere sempre disponibile nella lingua usata abitualmente nell'azienda.
Dichiarazione di conformità UE	Conformemente all'ordinanza relativa ai dispositivi medici (ODmed; RS 812.213; [10]).
Dati sulle intensità di dose ambientali nel locale in cui si trova la camera e nei locali adiacenti	Le intensità di dose ambientali massime consentite devono essere rispettate in tutti i locali (MMRa, allegato 2). Per i tomografi PET devono essere presenti i piani di radioprotezione e le tabelle di calcolo conformemente alla direttiva sulle misure edili di radioprotezione per tomografi PET [11].

Allegato 2

Esami di collaudo e di condizione per le gamma camere e i tomografi SPECT: parametri da verificare, periodicità, riferimenti e metodi

Organismo che svolge l'esame: azienda in possesso di una licenza dell'UFSP

N.	Parametro	Periodicità	Riferimento e metodo	Apparecchi interessati	Nuclidi, attività e fantocci
G1	**Omogeneità intrinseca del campo**	Esami di collaudo e di condizione	NEMA NU 1-2018 parte 2.4 «*Intrinsic Flood Field Uniformity*» Misura dell'omogeneità intrinseca del sistema, cioè della risposta del sistema senza collimatore a un flusso uniforme di radiazione proveniente da una sorgente puntiforme.	Tutti, esclusi quelli i cui collimatori non possono essere rimossi	Contrariamente a quanto richiesto da NEMA, è sufficiente misurare questo parametro per due nuclidi, Tc-99m e un altro i cui fotoni hanno un'energia più elevata (se il centro utilizza solo Tc-99m, l'esame è eseguito con il solo Tc-99m).
G2	**Omogeneità del sistema e verifica dei collimatori**	Esami di collaudo e di condizione	Esame visivo del buono stato dei collimatori e delle immagini prodotte con i collimatori (omogeneità).	Tutti	Esami di collaudo: controllo di tutti i collimatori. Esami di condizione: controllo del collimatore maggiormente utilizzato.
G3	**Risoluzione energetica intrinseca**	Esami di collaudo e di condizione	NEMA NU 1-2018 parte 2.3 «*Intrinsic Energy Resolution*» Calcolo del rapporto tra la FWHM[4] del picco fotonico e la sua energia centrale.	Tutti	Impiego di Tc-99m e/o di Co-57 se quest'ultimo è utilizzato per la garanzia della qualità quotidiana.
G4	**Risoluzione spaziale intrinseca**	Esami di collaudo, ed esami di condizione se G5 (risoluzione spaziale del sistema senza diffusione) è fuori dall'intervallo di tolleranza	NEMA NU 1-2018 parte 2.1 «*Intrinsic Spatial Resolution*» Determinazione della FWHM e della FWTM[5].	Tutti, esclusi i detettori a conversione diretta, quali i detettori CZT[6]	Impiego di Tc-99m.
G5	**Risoluzione spaziale del sistema senza diffusione**	Esami di collaudo ed esame di condizione annuale	NEMA NU 1-2018 parte 3.1 «*System Spatial Resolution without Scatter*» Misura della FWHM e della FWTM della funzione di dispersione di linea (*line spread function*, LSF).	Tutti	L'esame deve essere effettuato per tutti i collimatori. Impiego di due tubi capillari[7].

[4] FWHM: Full width at half maximum, o larghezza a metà altezza.

[5] FWTM: Full width at tenth maximum, o larghezza a un decimo dell'altezza.

[6] CZT: Cadmium zinc telluride, o tellururo di cadmio-zinco (CdZnTe).

[7] In alternativa al metodo descritto nella norma NEMA, si veda il riferimento *IAEA Human Health Series No.6* [12] per il metodo di fabbricazione di un fantoccio per la risoluzione spaziale del sistema con quattro tubi capillari.

N.	Parametro	Periodicità	Riferimento e metodo	Apparecchi interessati	Nuclidi, attività e fantocci
G6	**Sensibilità planare del sistema; penetrazione e diffusione del collimatore**	Esami di collaudo e di condizione	NEMA NU 1-2018 parte 3.3 «*System Planar Sensitivity and Collimator Penetration and Scatter*» Determinazione del rapporto tra i conteggi collimati e l'attività nota di una sorgente planare.	Tutti	Esami di collaudo: controllo di tutti i collimatori. Esami di condizione: controllo del collimatore maggiormente utilizzato. L'attività deve essere iniettata in piastre di Petri (come richiesto dalla norma NEMA), ma è comunque autorizzato l'impiego di sorgenti tracciabili.
	Sensibilità volumetrica del sistema	Esami di collaudo ed esame di condizione annuale	NEMA NU 1-2018 parte 4.4 «*System Volume Sensitivity*» Misura della sensibilità totale del sistema a una concentrazione uniforme di attività e determinazione della sensibilità volumetrica media per centimetro assiale.	Solo gli apparecchi SPECT che utilizzano la quantificazione assoluta negli esami clinici	Impiego di solo Tc-99m Impiego di un fantoccio cilindrico riempibile.
G7	**Comportamento del tasso di conteggio del sistema con diffusione**	Esami di collaudo	NEMA NU 1-2018 parte 3.5 «*System Count Rate Performance with Scatter*» o rapporto 117 dell'AAPM Misura del tasso di conteggio massimo osservato e del tasso di conteggio osservato per una perdita di conteggi del 20 % e creazione di una curva del tasso di conteggio osservato con diffusione in funzione del tasso di conteggio in ingresso. In alternativa al metodo descritto nella norma NEMA, è autorizzato l'impiego di uno dei metodi menzionati nel rapporto 117 dell'AAPM [13].	Tutti	Impiego di Tc-99m e di un fantoccio cilindrico.
G8	**Linearità spaziale intrinseca**	Esami di collaudo	NEMA NU 1-2018 parte 2.2 «*Intrinsic Spatial Linearity*» L'obiettivo dell'esame è identificare potenziali distorsioni delle immagini. Devono essere riportati la linearità spaziale intrinseca, differenziale e assoluta.	Tutti, esclusi i detettori a conversione diretta, quali i detettori CZT	Impiego di Tc-99m e di una maschera di piombo a fessure parallele.
	Linearità del sistema	Esami di collaudo ed esame di condizione annuale	Inoltre, deve essere effettuato un esame visivo della linearità e dell'assenza di distorsioni.	Tutti	Impiego dei dati di G5 (risoluzione spaziale del sistema senza diffusione).

N.	Parametro	Periodicità	Riferimento e metodo	Apparecchi interessati	Nuclidi, attività e fantocci
G9	**Risoluzione spaziale del sistema (corpo intero) senza diffusione**	Esami di collaudo	NEMA NU 1-2018 parte 5.1 «*Whole-Body System Spatial Resolution without Scatter*» La risoluzione spaziale del sistema senza diffusione deve essere misurata parallelamente e perpendicolarmente alla direzione del movimento continuo ed espressa come FWHM o FWTM della LSF.	Tutti, esclusi gli apparecchi ad acquisizione planare del corpo intero di tipo *step and shoot*	Impiego di due tubi capillari[8] di Tc-99m. La camera deve disporre di un collimatore.
G10	**Allineamento del sistema**	Esami di collaudo e di condizione	NEMA NU 1-2018 parte 4.1 «*System Alignment*» o conformemente alle indicazioni del fabbricante Misura dell'allineamento trasversale delle immagini in rapporto al centro di rotazione meccanica del sistema. Analogamente, per i sistemi di imaging SPECT multitesta, misura dell'allineamento assiale delle immagini provenienti dalle singole teste.	Solo gli apparecchi SPECT	Se si utilizza il metodo NEMA, devono essere impiegate tre sorgenti puntiformi di Tc-99m o di Co-57.
G11	**Variazione della sensibilità tra i detettori**	Esami di collaudo, ed esame di condizione annuale se G6 (sensibilità volumetrica del sistema) è fuori dall'intervallo di tolleranza	NEMA NU 1-2018 parte 4.5 «*Detector-Detector Sensitivity Variation*» Valutazione della differenza relativa di sensibilità dei diversi detettori. Devono essere sommate tutte le immagini di proiezione raccolte da ciascun detettore. Deve essere calcolata la differenza tra la più grande e la più piccola delle quantità risultanti.	Solo gli apparecchi SPECT che utilizzano la quantificazione assoluta negli esami clinici, esclusi gli apparecchi su cui non è possibile eseguire il test[9]	Impiego dei dati della seconda parte di G6 (sensibilità volumetrica del sistema). È sufficiente l'impiego di un solo collimatore.

[8] In alternativa al metodo descritto nella norma NEMA, si veda il riferimento *IAEA Human Health Series No.6* [12] per il metodo di fabbricazione di un fantoccio per la risoluzione spaziale del sistema con quattro tubi capillari.

[9] Ad esempio, le macchine SPECT ad anello intero (*full-ring SPECT*).

N.	Parametro	Periodicità	Riferimento e metodo	Apparecchi interessati	Nuclidi, attività e fantocci
G12	**Contrasto tomografico e precisione della quantificazione assoluta**	Esami di collaudo e di condizione L'esame di condizione semestrale concerne solamente la parte sul contrasto tomografico.	NEMA NU 1-2018 parte 6 «*Tomographic Contrast and Absolute Quantification Accuracy*» Produzione di immagini che simulano quelle ottenute nell'imaging del corpo intero con lesioni calde e fredde di diverso diametro. Misura del contrasto delle sfere fredde e calde su un fondo contenente attività, della variabilità delle regioni di fondo e della deviazione della grande regione polmonare fredda ricostruita in rapporto all'attività zero. Per i centri che utilizzano la quantificazione assoluta (output in Bq/ml) deve essere misurata anche la concentrazione di attività assoluta, che va confrontata con la concentrazione di attività iniettata.	Solo gli apparecchi SPECT	Impiego del fantoccio di qualità dell'immagine NEMA/IEC (lo stesso utilizzato per il collaudo PET P5)[10]. Impiego di Tc-99m. L'attività di fondo deve essere pari a 20 kBq/ml. Il rapporto della concentrazione di attività tra le sfere e il fondo deve essere pari a 8:1. L'azienda autorizzata deve coinvolgere l'utilizzatore nell'esame di condizione semestrale (parte del test sul contrasto tomografico) garantendo un efficace scambio di informazioni nella comunicazione dei risultati del test.
G13	**Omogeneità dell'immagine e precisione della quantificazione**	Esami di collaudo	Verifica dell'attività di fondo. Il coefficiente medio di variazione (omogeneità dell'immagine) e la concentrazione media dell'attività di fondo (precisione della quantificazione) devono essere calcolati conformemente al paragrafo «Analisi» dell'allegato 6. L'esame di stabilità corrispondente è KG4.	Omogeneità dell'immagine: tutti gli apparecchi SPECT. Precisione della quantificazione: solo gli apparecchi SPECT che utilizzano la quantificazione assoluta negli esami clinici	Utilisation des données de la seconde partie de G6 (sensibilité volumique du système). Impiego dei dati della seconda parte di G6 (sensibilità volumetrica del sistema). Se quest'ultimo test non viene eseguito durante gli esami di collaudo, impiego dei dati di G12 (contrasto tomografico e precisione della quantificazione assoluta) rilevati nella parte del fondo del fantoccio. Impiego di solo Tc-99m. Intervallo di tolleranza: si veda il paragrafo «Tolleranza» dell'allegato 6.

[10] O un fantoccio equivalente, quale il fantoccio PET dell'ACR (*American College of Radiology*) descritto nel rapporto 126 dell'AAPM [14], o il fantoccio Jaszczak.

N.	Parametro	Periodicità	Riferimento e metodo	Apparecchi interessati	Nuclidi, attività e fantocci
G14	**Accuratezza della fusione SPECT/CT**	Esami di collaudo e di condizione	Preferibilmente NEMA NU-1 2018, parte 7 «*SPECT/CT Co-Registration Accuracy*» o conformemente alle indicazioni del fabbricante. Metodo NEMA NU-1 2018: l'accuratezza dell'allineamento tra i volumi delle immagini SPECT e CT deve essere misurata impiegando i dati acquisiti mediante determinati marcatori di posizione (*fiducial markers*) SPECT e CT in sei punti.	Solo gli apparecchi SPECT/CT	Radionuclide per la parte SPECT dei marcatori di posizione: Tc-99m. È consentito non utilizzare i pesi prescritti dalla norma NEMA NU-1 2018.
G15	**Scala di riproduzione**	Esami di collaudo e di condizione	Conformemente alle indicazioni del fabbricante. L'obiettivo dell'esame è garantire che il sistema determini correttamente le distanze, confrontando una lunghezza nota (in genere 30 cm) con la lunghezza misurata dal sistema.	Tutti	Conformemente alle indicazioni del fabbricante.

Allegato 3

Esami di stabilità per le gamma camere e i tomografi SPECT: parametri da verificare, periodicità, riferimenti e metodi

Organismo che svolge l'esame: utilizzatore

N.	Parametro	Periodicità	Riferimento e metodo	Apparecchi interessati	Nuclidi, attività e fantocci	Intervalli di tolleranza
KG1	**Tasso di conteggio della radiazione di fondo**	Ogni giorno lavorativo	Effettuare una scansione in bianco di 2,5–3 minuti. Per garantire che il sistema sia privo di contaminazione radioattiva non deve essere superato un determinato numero di colpi (specifico del fabbricante). Devono essere adottati provvedimenti in caso di contaminazione.	Tutti	—	Conformemente alle indicazioni del fabbricante
KG2	**Controllo della finestra d'energia**	**Qualitativamente:** idealmente prima di ogni esame, ma almeno una volta al giorno **Quantitativamente:** una volta alla settimana	Verifica della posizione corretta del picco di Tc-99m. Deve essere effettuato un esame visivo con il paziente stesso iniettato (non sono necessarie sorgenti addizionali). Una volta alla settimana deve essere effettuata e documentata una misura quantitativa, al fine di seguire ogni potenziale spostamento della finestra d'energia.	Tutti	Esami qualitativi: impiego di Tc-99m. Esami quantitativi: impiego di Tc-99m o di fantocci con Co-57.	Conformemente alle indicazioni del fabbricante
KG3	**Omogeneità**	Settimanale	Metodo (con o senza collimatore, numero massimo di colpi, sorgente puntiforme o piana) conforme alle indicazioni del fabbricante.	Tutti	V. colonna «Riferimento e metodo».	Conformemente alle indicazioni del fabbricante
KG4	**Omogeneità dell'immagine e precisione della quantificazione**	Semestrale	Si veda l'allegato 6 per le istruzioni dettagliate e gli intervalli di tolleranza. Verifica dell'attività di fondo. Il coefficiente medio di variazione (omogeneità dell'immagine) e la concentrazione media dell'attività di fondo (precisione della quantificazione) vengono misurati e confrontati con intervalli di tolleranza prestabiliti.	Solo gli apparecchi SPECT che utilizzano la quantificazione assoluta negli esami clinici	Impiego di solo Tc-99m, con una concentrazione di attività di 10–20 MBq/kg. Impiego di un fantoccio cilindrico riempibile (lo stesso utilizzato per gli esami PET P7 e KP5).	Concentrazione media dell'attività di fondo ± 10% della concentrazione di attività effettiva; coefficiente di variazione medio < 15%.

Allegato 4

Esami di collaudo e di condizione per i tomografi PET: parametri da verificare, periodicità, riferimenti e metodi

Organismo che svolge l'esame: azienda in possesso di una licenza dell'UFSP

N.	Parametro	Periodicità	Riferimento e metodo	Apparecchi interessati	Nuclidi, attività e fantocci
P1	**Risoluzione spaziale**	Esami di collaudo	NEMA NU 2-2018 parte 3 «*Spatial Resolution*» Imaging di sorgenti puntiformi in aria e ricostruzione delle immagini con un metodo di ricostruzione lineare, come la retroproiezione filtrata, senza uniformazione (*smoothing*) né apodizzazione. Misura della FWHM e della FWTM della funzione di allargamento del punto (*point spread function*, PSF) dell'immagine.	Tutti	Impiego di F-18 o di Na-22.
P2	**Frazione diffusa, perdite di conteggi, tasso di conteggi casuali**	Esami di collaudo	NEMA NU 2-2018 parte 4 «*Scatter Fraction, Count Losses, and Randoms*» Misura della sensibilità relativa del sistema alla radiazione diffusa, degli effetti del tempo morto del sistema e della generazione di eventi casuali.	Tutti	Impiego di un fantoccio dedicato (cilindro circolare, diritto e solido, con una cavità parallela all'asse centrale) con un'attività di circa 500 MBq di F-18 (o un'altra attività conformemente alle indicazioni del fabbricante).
P3	**Sensibilità**	Esami di collaudo	NEMA NU 2-2018 parte 5 «*Sensitivity*» Viene misurata la sensibilità del sistema (tasso di detezione, in colpi al secondo, delle coincidenze vere per una determinata intensità della sorgente).	Tutti	Impiego di F-18 con un'attività di circa 10 MBq. Impiego del fantoccio di sensibilità NEMA (cinque manicotti di diverso diametro). L'impiego di un cilindro con sorgenti di Ge-68 (conformemente alla vecchia norma NEMA NU 2-1994) non è autorizzato[11].
P4	**Accuratezza: correzioni delle perdite di conteggi e dei conteggi casuali**	Esami di collaudo	NEMA NU 2-2018 parte 6 «*Accuracy: Corrections for Count Losses and Randoms*» Misura dell'accuratezza delle correzioni per le perdite dovute ai tempi morti e per il conteggio di eventi casuali.	Tutti	Esame effettuato con i dati di misura di P2 (frazione diffusa, perdite di conteggi, tasso di conteggi casuali).

[11] Tra gli altri motivi vi sono la diffusione non trascurabile in modalità di acquisizione 3D e la maggiore accuratezza dell'esame con i manicotti prescritti dalla norma NEMA.

N.	Parametro	Periodicità	Riferimento e metodo	Apparecchi interessati	Nuclidi, attività e fantocci
P5	**Qualità dell'immagine e accuratezza delle correzioni**	Esami di collaudo	NEMA NU 2-2018 parte 7 «*Image Quality, Accuracy of Corrections*» Produzione di immagini che simulano quelle ottenute nell'imaging del corpo intero con lesioni calde di diverso diametro, con attività presente anche al di fuori della regione d'interesse dello scanner per riprodurre la routine clinica. Il contrasto dell'immagine e i rapporti di variabilità del fondo per le sfere calde sono utilizzati come misura della qualità dell'immagine. L'accuratezza delle correzioni è determinata sulla base del fondo uniforme e delle regioni dell'inserto polmonare freddo.	Tutti	Impiego del fantoccio per la qualità dell'immagine NEMA/IEC (fantoccio corporeo)[12]. Radionuclide: F-18 con una concentrazione di attività[13] di 5,3 MBq/kg. Impiego anche del cilindro circolare, diritto e solido (fantoccio per la diffusione, lo stesso di P2 (frazione diffusa, perdite di conteggi, tasso di conteggi casuali)) con la stessa concentrazione di attività. Riempire le sfere con un singolo rapporto di attività di 4:1.
P6	**Esame qualitativo del contrasto**	Esami di collaudo	Determinazione qualitativa del contrasto attraverso il conteggio e il rapporto del numero di lesioni visibili in immagini che simulano quelle ottenute in uno studio del corpo intero con lesioni calde di diverso diametro. La dimensione della più piccola lesione visibile rilevata durante il collaudo sarà il livello di riferimento dei successivi esami di stabilità KP6 e deve essere registrata.	Tutti	Impiego del fantoccio per la qualità dell'immagine NEMA/IEC[12] preparato per P5 (qualità dell'immagine e accuratezza delle correzioni), un'ora dopo l'esecuzione di P5[14]. L'esame deve essere effettuato senza il fantoccio per la diffusione e con l'algoritmo clinicamente raccomandato. Per i centri sottoposti a esami di accreditamento per le misure quantitative (p. es. EARL), se al momento del collaudo viene utilizzato un rapporto di concentrazione aggiuntivo (oltre al rapporto 4:1 specificato da NEMA per P5), questo può essere utilizzato per gli esami di collaudo P6 e gli esami di stabilità KP6. Analogamente, la concentrazione di attività di fondo utilizzata per i test di accreditamento può essere utilizzata anche per P6 e KP6. Le concentrazioni di attività utilizzate per il test devono essere documentate. Per P6 e KP6 deve essere utilizzato lo stesso fantoccio.

[12] O un fantoccio equivalente, quale il fantoccio PET dell'ACR (*American College of Radiology*) descritto nel rapporto 126 dell'AAPM [14], o il fantoccio Jaszczak.

[13] Correspondant à 370 MBq pour une masse de 70 kg.

[14] Per ottenere una concentrazione di attività di 3,5 MBq/kg di F-18, corrispondente al livello diagnostico di riferimento (LDR).

N.	Parametro	Periodicità	Riferimento e metodo	Apparecchi interessati	Nuclidi, attività e fantocci
P7	**Omogeneità dell'immagine e precisione della quantificazione**	Esami di collaudo	Si veda l'allegato 6 per le istruzioni dettagliate e gli intervalli di tolleranza. Verifica dell'attività di fondo. Il coefficiente medio di variazione (omogeneità dell'immagine) e la concentrazione media dell'attività di fondo (precisione della quantificazione) vengono misurati e confrontati con intervalli di tolleranza prestabiliti. L'esame di stabilità corrispondente è KP5.	Tutti	Radionuclide: F-18 con un'attività di 30–100 MBq. Impiego di un fantoccio cilindrico riempibile che copre il FoV (*Field of View*) assiale (diametro di almeno 20 cm).
P8	**Accuratezza della fusione PET/CT**	Esami di collaudo e di condizione	Apparecchi PET/CT: preferibilmente NEMA NU-2 2018 parte 9 «*PET-CT Coregistration Accuracy*» o conformemente alle indicazioni del fabbricante. Apparecchi PET/MR: conformemente alle indicazioni del fabbricante. NEMA NU-2 2018: l'errore nella fusione tra i dati PET e CT è determinato impiegando i dati acquisiti mediante marcatori di posizione (fiducial markers) PET e CT in sei punti nel FoV PET e CT.	Solo apparecchi PET/CT e PET/MR	Radionuclide per la parte PET dei marcatori di posizione: F-18 o Na-22, conformemente alla norma NEMA NU-2 2018, oppure un altro radionuclide, conformemente alle indicazioni del fabbricante. È consentito non utilizzare i pesi prescritti dalla norma NEMA NU-2 2018.
P9	**Risoluzione del tempo di volo**	Esami di collaudo	Per gli apparecchi venduti dopo l'entrata in vigore della presente guida e per quelli sottoposti a un aggiornamento maggiore si segue la norma NEMA NU-2 2018 parte 8 «*Time-of-Flight Resolution*». Per gli apparecchi più vecchi, l'esame deveessere effettuato seguendo la scheda tecnica del sistema consegnata dal fornitore. La risoluzione del tempo di volo (incertezza nella detezione della differenza del tempo di arrivo di due fotoni in un evento di coincidenza) è valutata misurando la FWHM della risposta del detettore.	Apparecchi con modalità «tempo di volo»	Se si segue la norma NEMA NU-2 2018: impiego dei dati di misura di P2 (frazione diffusa, perdite di conteggi, tasso di conteggi casuali).

Allegato 5

Esami di stabilità per i tomografi PET: parametri da verificare, periodicità, riferimenti e metodi

Organismo che svolge l'esame: utilizzatore

N.	Parametro	Periodicità	Riferimento e metodo	Apparecchi interessati	Nuclidi, attività e fantocci	Intervalli di tolleranza
KP1	**Esame dei PM**	Ogni giorno lavorativo	Esame del fattore di amplificazione (gain), dello sfasamento (offset) e dell'omogeneità dei fotomoltiplicatori (PM).	Tutti	Impiego di una sorgente esterna di positroni, fatta eccezione per gli apparecchi dotati di una sorgente radioattiva interna appropriata (p. es. una sorgente di lutezio).	Conformemente alle indicazioni del fabbricante
KP2	**Controllo della finestra d'energia**	Ogni giorno lavorativo	Controllo dell'impostazione della finestra e della risoluzione FWHM.	Tutti	Impiego di una sorgente esterna di positroni, fatta eccezione per gli apparecchi dotati di una sorgente radioattiva interna appropriata (p. es. una sorgente di lutezio).	Conformemente alle indicazioni del fabbricante
KP3	**Verifica visiva del sistema**	Ogni giorno lavorativo	Confronto die sinogrammi.	Tutti	Impiego di una sorgente esterna di positroni, fatta eccezione per gli apparecchi dotati di una sorgente radioattiva interna appropriata (p. es. una sorgente di lutezio).	Conformemente alle indicazioni del fabbricante
KP4	**Tempo di coincidenza**	Ogni giorno lavorativo per gli apparecchi a (PM). Settimanale per gli apparecchi a semiconduttori	Il parametro da verificare è definito dal fabbricante.	Tutti	Impiego di una sorgente esterna di positroni	Conformemente alle indicazioni del fabbricante

N.	Parametro	Periodicità	Riferimento e metodo	Apparecchi interessati	Nuclidi, attività e fantocci	Intervalli di tolleranza
KP5	**Omogeneità dell'immagine e precisione della quantificazione**	Semestrale	Per le istruzioni dettagliate si veda l'allegato 6. Verifica dell'attività di fondo. Il coefficiente medio di variazione (omogeneità dell'immagine) e la concentrazione media dell'attività di fondo (precisione della quantificazione) vengono misurati e confrontati con intervalli di tolleranza prestabiliti.	Tutti	Radionuclide: F-18 con un'attività di 30–100 MBq. Impiego di un fantoccio cilindrico riempibile (lo stesso utilizzato per P7 (omogeneità dell'immagine e precisione della quantificazione)). Per i centri sottoposti a esami di accreditamento per le misure quantitative (p. es. EARL), questo esame può essere omesso. I risultati degli esami di accreditamento, e le concentrazioni di attività utilizzate, devono essere allegati alla cartella degli esami di stabilità.	Concentrazione media dell'attività di fondo ±10% della concentrazione di attività effettiva; coefficiente di variazione medio <15%.
KP6	**Esame qualitativo del contrasto**	Annuale	Determinazione qualitativa del contrasto attraverso il conteggio e il rapporto del numero di lesioni visibili in immagini che simulano quelle ottenute nell'imaging del corpo intero con lesioni calde di diverso diametro.	Tutti	Preparare il fantoccio di qualità dell'immagine NEMA/IEC[15] con una concentrazione di attività di 3,5MBq/kg di F-18 per il fondo e riempire le sfere con un singolo rapporto di attività di 4:1. L'esame deve essere effettuato senza il fantoccio per la diffusione e con l'algoritmo clinicamente raccomandato. Per i centri sottoposti a esami di accreditamento per le misure quantitative (p. es. EARL), se al momento del collaudo viene utilizzato un rapporto di concentrazione aggiuntivo (oltre al rapporto 4:1 specificato da NEMA per P5 (qualità dell'immagine e accuratezza delle correzioni)), questo può essere utilizzato per gli esami di collaudo P6 e gli esami di stabilità KP6. Analogamente, la concentrazione di attività di fondo utilizzata per i test di accreditamento può essere utilizzata anche per P6 e KP6. Le concentrazioni di attività utilizzate per il test devono essere documentate. Per P6 e KP6 deve essere utilizzato lo stesso fantoccio.	La dimensione della più piccola sfera rilevata deve essere uguale (o inferiore) a quella osservata durante l'esame di collaudo P6.

[15] O un fantoccio equivalente, quale il fantoccio PET dell'ACR (*American College of Radiology*) descritto nel rapporto 126 dell'AAPM [14], o il fantoccio Jaszczak.

Allegato 6

Istruzioni dettagliate per gli esami di collaudo G13 et P7 e gli esami di stabilità KG4 e KP5: omogeneità dell'immagine e precisione della quantificazione

Obiettivo
Verificare la precisione della quantificazione e l'omogeneità dell'immagine.

Materiale
fantoccio cilindrico riempito con F-18 o Tc-99m che copre[16] il FoV assiale. Il diametro del fantoccio deve essere di almeno 20 cm.

Procedura
1. Preparare una siringa con circa[17] 30–100 MBq di F-18 o con un'attività di Tc-99m corrispondente a una concentrazione di attività di 10–20 MBq/kg.
2. Misurare accuratamente l'attività nello stesso attivimetro utilizzato per la routine clinica e annotando il valore di attività e l'ora del dosaggio.
   Gli orologi utilizzati per registrare l'ora del dosaggio devono essere confrontati con l'ora indicata dallo scanner.
3. Introdurre l'attività nel fantoccio, mescolandola accuratamente con la soluzione acquosa per ottenere una distribuzione uniforme della radioattività.
4. Misurare l'attività residua nella siringa e valutare l'attività netta introdotta nel fantoccio.
5. Aggiungere acqua fino a riempire completamente il fantoccio.
6. Posizionare il fantoccio sul supporto fornito dal fabbricante e spostarlo all'inizio del FOV della CT, assicurandosi che sia centrato nel FOV anche rispetto all'altezza. Se il fantoccio non è dotato di un supporto, è sufficiente posizionarlo sul tavolo d'esame.

L'acquisizione deve essere effettuata utilizzando il protocollo fornito dal fabbricante (lo stesso degli esami di collaudo G13/P7 e dei successivi esami di stabilità KG4/KP5). Se non viene fornito alcun protocollo di acquisizione, deve essere impiegato il protocollo standard utilizzato nella routine clinica (corpo, testa ecc.).

Assicurarsi che la procedura includa una CT a bassa dose per la correzione dell'attenuazione e della dispersione. È necessario prestare attenzione all'inserimento dei dati relativi all'attività misurata dall'attivimetro, all'ora del dosaggio e al peso del volume della soluzione utilizzata per riempire il fantoccio. La condizione di arresto dell'acquisizione deve essere impostata a 100 milioni di colpi.

Analisi
Per le immagini acquisite, tracciare una regione di interesse (*region of interest*, ROI) circolare con un diametro superiore a 5 cm, ad almeno 2 cm dal bordo del fantoccio, sulla fetta centrale ricostruita e su ± 5-6 fette adiacenti (per un totale di 12 ROI). Misurare la concentrazione media di attività e la deviazione standard per ogni ROI e calcolare il coefficiente di variazione (*coefficient of variation*, COV) per ogni fetta come segue:

$$\text{COV (\%)} = \frac{\text{deviazione standard}}{\text{media}} \times 100$$

È quindi possibile calcolare il COV medio e la concentrazione media di attività per le diverse ROI.

Tolleranza
la concentrazione media di attività di fondo deve rientrare nel ± 10 % della concentrazione di attività reale e il coefficiente di variazione medio deve essere inferiore al 15 %.

[16] È possibile che non siano disponibili in commercio fantocci che coprono completamente il FoV delle PET/CT a FoV assiale largo. In questo caso, l'utilizzatore può impiegare diversi fantocci di dimensioni inferiori al FoV oppure spostare lo stesso fantoccio in posizioni diverse sul tavolo d'esame. Qualunque sia il metodo scelto, deve consentire l'esame dell'intero FoV.

[17] Con un simile intervallo di attività, l'utilizzatore può scegliere di soddisfare i requisiti dell'iniziativa EARL (*EANM Research GmbH*).