



Divisione radioprotezione
www.str-rad.ch

Codice della pratica: L-10-04
Redatta il: 02.07.2018
N. di revisione: 1

Guida L-10-04

Dosimetria delle estremità in caso di manipolazione di sorgenti radioattive non sigillate

1. Situazione iniziale

L'ordinanza sulla radioprotezione [1] prescrive che per le persone professionalmente esposte a radiazioni l'esposizione alle radiazioni va accertata individualmente. Secondo l'articolo 12 dell'ordinanza sulla dosimetria [2], per le attività con sorgenti di radiazioni non sigillate nel campo della ricerca e della medicina nucleare che possano raggiungere elevate intensità di dose a livello delle mani, deve essere portato, oltre al dosimetro per il corpo intero, anche un dosimetro per le estremità.

2. Intensità di dose

Nella manipolazione di emettitori beta e specialmente con nuclidi PET si producono localmente intensità di dose molto elevate, che nel caso di un'insufficiente schermatura possono comportare notevoli dosi delle estremità anche durante brevi manipolazioni. La tabella 1 mostra le intensità di dose di radiofarmaci frequentemente utilizzati, che teoricamente possono prodursi a una distanza di 10 cm.

Tabella 1: Intensità di dose calcolate per alcune soluzioni di radiofarmaci per iniezione senza schermatura

Nuclide (radiofarmaci)	Attività applicata [GBq]	$h_{0.07}$ (a) [mSv/h/GBq a 10cm di distanza]	Intensità di dose a 10 cm $h_{0.07}$ [mSv/h]	h_{10} (b) [mSv/h/GBq a 100 cm di distanza]	Intensità di dose a 10 cm h_{10} [mSv/h]
Y-90 (SIRT)	1.0	1000	1000	0.007	0.7
Lu-177 (Dotatoc)	7.4	1000	7400	0.006	4.4
F-18(FDG)	0.4	2000	800	0.16	6.4
Tc-99m(HDP)	0.7	300	210	0.022	1.5

(a) Intensità di dose a 0.07 mm di profondità nel tessuto secondo la colonna 7 dell'allegato 3 ORaP [1] → dose delle estremità

(b) Intensità di dose a 10 mm di profondità nel tessuto secondo la colonna 6 dell'allegato 3 ORaP [1] → dose ponderata per l'intero corpo

3. Dosimetria delle estremità

Il dosimetro delle estremità dev'essere portato possibilmente nella parte in cui c'è da attendersi la dose più elevata. Di regola, quando si lavora nella medicina nucleare, questa parte è la falange media dell'indice/medio con un rivelatore TLD applicato alla superficie palmare della mano (mano sinistra per chi adopera la mano destra, mano destra per i mancini (Fig. 1)). La dose per le estremità viene calcolata a partire dalla dose misurata dal dosimetro ad anello e con un fattore di correzione 5 onde evitare sotto-stime. D'intesa con l'autorità di vigilanza, il titolare della licenza può stabilire e utilizzare fattori di correzione individuali attraverso misurazioni adeguate.

Per la misurazione dei fattori di correzione individuali, tenendo conto delle tecniche di lavoro individuali e specifiche, possono essere eseguite misurazioni TLD della punta delle dita e della superficie palmare della mano (Fig. 2). A tal scopo possono essere presi TLD non confezionati presso i servizi di dosimetria. Il titolare della licenza segnala al servizio di dosimetria individuale le persone che lavorano con sorgenti non sigillate e i rispettivi fattori di correzione individuali.



Fig. 1: Modalità per l'utilizzo del dosimetro al dito



Fig. 2: Misurazione TLD della punta delle dita e della superficie palmare della mano

4. Misure organizzative per ridurre al minimo le dosi delle estremità

Le misure organizzative seguenti possono contribuire a ridurre al minimo le dosi delle estremità specialmente durante la manipolazione di emettitori beta e nuclidi PET. L'attuazione e l'osservanza di queste raccomandazioni devono essere comunicate e verificate periodicamente dal perito dell'azienda.

4.1 Formazione e aggiornamento

Il personale professionalmente esposto a radiazioni deve seguire una formazione e ogni cinque anni un aggiornamento in radioprotezione. Si raccomanda al riguardo di organizzare tra il personale interessato scambi regolari concernenti le esperienze e gli incidenti, allo scopo di assicurare una buona cultura sulla radioprotezione.

4.2 Accertamento delle dosi elevate delle estremità

Le dosi accumulate dalle estremità devono essere esaminate regolarmente dal perito e discusse con i collaboratori. Qualora nella valutazione mensile dovessero risultare dosi delle estremità insolitamente elevate o regolari, se ne devono accertare le cause. Questo può avvenire per esempio se il collaboratore interessato esegue manipolazioni con dosi critiche sotto osservazione oppure filmandole per una successiva analisi.

4.3 Ripartizione del lavoro

È possibile ridurre le dosi individuali all'interno di un'azienda distribuendo i lavori che comportano dosi elevate (marcatura + applicazione di emettitori beta, applicazione di nuclidi PET) su più operatori. Al riguardo si osserva tuttavia che l'ottimizzazione delle dosi da conseguire è garantita attraverso la routine e l'esperienza.

5. Misure operative, impiego di strumenti di protezione e di mezzi ausiliari nella manipolazione di emettitori beta

5.1 Training di lavori con dosi elevate

Prima di creare contrassegni ed effettuare lavori preparatori e applicazioni di nuovi prodotti radiofarmaceutici, questi devono essere provati in assenza di attività (training inattivo) sotto la sorveglianza e la guida di un perito in radioprotezione, per poter stabilire le migliori operazioni possibili e l'impiego di adeguati dispositivi di protezione. Questo modo di procedere dev'essere adottato anche nell'introduzione di nuovi collaboratori. Eventualmente, in questi casi è raccomandabile anche una dosimetria secondo il punto 3.

5.2 Preparazione del lavoro

Prima della manipolazione di emettitori beta, è necessario che mezzi ausiliari idonei (schermature, pinze, strumenti prensili, pinzette, attivimetri) vengano preparati, regolati e controllati in modo da funzionare correttamente.



5.3 Utilizzazione di pinze, strumenti prensili e pinzette

Si deve assolutamente evitare di toccare con le dita flaconi e siringhe non schermate, perché con l'impiego di nuclidi e attività, già in pochi secondi possono accumularsi molti millisievert di dose alle estremità (Tabella 1). Per aumentare la distanza della sorgente radioattiva dalle mani devono essere impiegati, se possibile, delle pinze (Fig. 3), degli strumenti prensili o delle pinzette (Fig. 4). Secondo la legge del quadrato della distanza, al raddoppio di quest'ultima l'intensità di dose diminuisce di quattro volte.



Fig. 3: Pinza per flaconi



Fig. 4: Pinzette con schermatura in plexiglas

5.4 Manipolazioni con siringhe, schermature per siringhe

Nella preparazione e applicazione di emettitori beta, le siringhe dovrebbero essere provviste di schermature in plexiglas (Fig. 5). Per assorbire la radiazione beta è sufficiente uno spessore del plexiglas di 1 cm. Il contributo di dose della radiazione di frenamento che ne deriva è minimo ed è trascurabile nella prassi. Dato che la dose con schermatura in plexiglas è mille volte minore rispetto a quella di una siringa senza schermatura, per la manipolazione il fattore tempo è secondario. Anche se utilizzando le schermature le manipolazioni durano molto più a lungo, la dose accumulata che ne risulta è pur sempre notevolmente inferiore a quella che si avrebbe con una manipolazione senza schermatura. Tuttavia, alla base delle siringhe l'efficacia delle schermature non è assoluta. Le dita sono esposte soprattutto al momento d'innestare o disinnestare gli aghi o d'inserire la siringa in un rubinetto a tre vie (Fig. 6). In questi casi andrebbero utilizzati, se possibile, strumenti ausiliari per aumentare la distanza (Fig. 3 e 4).



Fig. 5: Schermatura di siringhe in plexiglas



Fig. 6: La protezione della schermatura delle siringhe non è assoluta

5.5 Utilizzo di guanti di gomma al piombo

Nel caso in cui vengano eseguiti regolarmente lavori preparatori a dosi elevate e applicazioni di lunga durata, si raccomanda di utilizzare guanti di gomma al piombo per ridurre l'esposizione delle mani alle radiazioni (Fig. 7 e 8). Questi guanti sono utilizzati anche nelle applicazioni in radiodiagnostica. Con il loro utilizzo è possibile ridurre la dose fino al 60% per cento (Y-90). Anche con questa misura dev'essere tuttavia garantita la possibilità di eseguire la manipolazione in modo sicuro e rapido.



Divisione radioprotezione
www.str-rad.ch

Codice della pratica: L-10-04
Redatta il: 02.07.2018
N. di revisione: 1

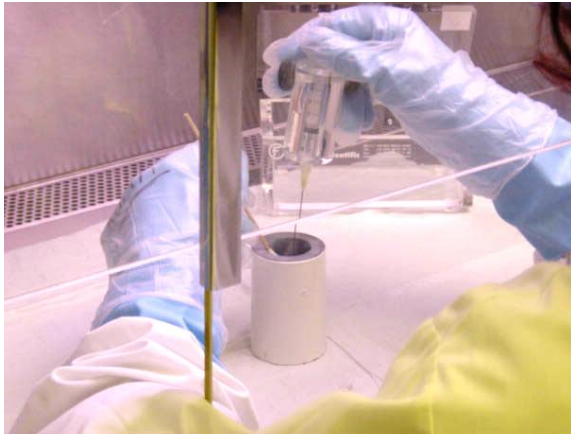


Fig. 7: Utilizzo di guanti di gomma al piombo per ridurre le dosi alle mani



Fig. 8: Applicazione con guanto di piombo

5.6 Contenitori schermati per flaconi di vetro

Prima che i preparati radioattivi siano prelevati dai flaconi di vetro per un'iniezione o per una marcatura radiochimica, si raccomanda di trasferire i flaconi in contenitori schermati con plexiglas (Fig. 9 e 10). Questi consentono un prelievo dell'attività, senza che si debba allontanare il coperchio. Nella maggioranza dei casi, le schermature per il trasporto, non garantiscono durante il prelievo dei liquidi una schermatura sufficiente verso l'alto. Se per misurare l'attività i flaconi vengono tolti dalla schermatura, la radioprotezione dev'essere garantita da una sufficiente distanza (utilizzo di pinze, pinzette) e un lavoro rapido. La rimozione dei cappucci di protezione dei setti deve essere fatta con particolare attenzione e in nessun caso a mani nude (Fig. 11).



Fig. 9: Schermatura per flaconi



Fig. 10: Schermatura beta



Fig. 11: Rimozione del cappuccio di protezione del setto mediante pinzette

5.7 Determinazione dell'attività

Prima dell'applicazione dev'essere determinata l'attività in un attivimetro tarato a emettitori beta. Ciò avviene mediante la misura iniziale dell'attività del flacone e la misura dell'attività residua del flacone o della attività della siringa pronta per l'impiego. La misurazione dev'essere effettuata in un recipiente dotato di un fattore di calibrazione specifico per i radionuclidi. Data la scarsa sensibilità alle radiazioni beta della camera di misurazione dell'attivimetro, devono dapprima essere allontanate le protezioni. Trasferimenti brevi favoriscono una manipolazione a dose ottimizzata.

5.8 Evitare la contaminazione

Già piccoli spruzzi di un emettitore beta sulla pelle possono sottoporla a notevoli dosi a causa dell'elevata attività specifica. Di conseguenza è necessario indossare i guanti per ogni manipolazione. Guanti di nitrile o vinile proteggono meglio dalla contaminazione rispetto ai guanti in latex [3]. Indossando due



quanti l'uno sopra l'altro è inoltre possibile evitare la contaminazione della pelle al momento di togliersi il guanto. Tra le singole fasi di lavoro si dovrebbero effettuare controlli regolari della contaminazione delle mani. Per questo motivo in laboratorio devono essere disponibili strumenti di misura idonei.

5.9 Preparazione dell'applicazione e applicazione

A seconda della tecnica utilizzata (diretta o tramite rubinetto a tre vie), per l'applicazione andrebbero osservate adeguate misure di radioprotezione. Gli atti di mettere o togliere il tappo, innestare l'ago per le iniezioni o inserire la siringa nel rubinetto a tre vie dovrebbero avvenire possibilmente in modo rapido e a una distanza opportuna. In generale, le dita dovrebbero essere esposte il meno possibile in ambienti non schermati (base della siringa, Fig. 6). Dal punto di vista della radioprotezione, conviene un'applicazione automatica (perfusore, infusione). Tuttavia, nell'utilizzazione di tali sistemi è anche possibile impiegare schermature idonee e durante l'installazione non devono essere eseguite manipolazioni con dosi elevate.

6. Misure operative, impiego di sistemi di protezione e mezzi ausiliari nella manipolazione di nuclidi PET

Durante la manipolazione di nuclidi PET (per es. F-18) occorre per principio adottare misure di radioprotezione simili a quelle indicate per la manipolazione di emettitori beta. I nuclidi PET pongono tuttavia esigenze speciali per la schermatura a causa dell'elevata emissione di radiazioni gamma (511keV). Dato il breve tempo di dimezzamento del F-18 (110 min), il fabbisogno giornaliero di un esercizio PET richiede un'attività elevata (per 8 pazienti ca. 25GBq al momento della consegna). Ciò richiede una schermatura massiccia (Tabella 2) affinché nel laboratorio C vengano rispettate le intensità di dose ambientale ammissibili.

Attività F-18 [GBq]	Intensità di dose consentita [μ Sv/h]	Distanza [cm]	Spessore della schermatura in Pb [cm]
25	5	100	4,6
		50	5,6
	2.5	100	5,1
		50	6

Tabella 2: Spessore delle schermature in piombo per F-18, calcolato in base all'allegato 3 colonna 6 (h_{10}) dell'ORaP [1]

6.1 Preparazione dell'applicazione

Allo scopo di ridurre al minimo l'intensità di dose ambientale e delle estremità, la preparazione della siringa deve avvenire in un contenitore schermato da ogni lato con protezioni per siringhe idonee ai nuclidi PET. In presenza di un gran numero di pazienti, per questa fase di lavoro a dosi elevate si può considerare l'acquisto di un sistema automatico che consenta di automatizzare la preparazione delle siringhe, la misurazione e - per determinati sistemi - anche l'applicazione dell'attività nell'attivimetro.



Fig. 14: Prelievo dell'attività dal contenitore di F-18



Fig. 15: Schermatura di siringa F-18

Di solito, per misurare l'attività la siringa dev'essere estratta dalla schermatura. A tal scopo, occorre tenere la siringa il più distante possibile (ossia lontano dal corpo) ed eseguire la manipolazione



velocemente. Esiste anche la possibilità che l'attività venga misurata con una siringa schermata. In tal caso, tuttavia, il fabbricante dell'attivimetro deve fornire i relativi fattori di calibrazione.

6.2 Applicazione

All'atto di fissare o togliere gli aghi, i tappi o i rubinetti sulla siringa pronta per l'applicazione vi è un elevato rischio di esposizione per le mani, in quanto la siringa non è schermata durante queste manipolazioni (Fig. 6). Usando pinzette per fissare o togliere l'ago, la distanza delle mani dall'ago aumenta e la dose si riduce (Fig. 16). L'applicazione può anche essere eseguita con sistemi automatici, il cui acquisto è giustificato nel caso in cui il numero di pazienti sia elevato. Inoltre, se possibile, la strumentazione dell'applicazione non dev'essere toccata con le mani nude dopo la contaminazione. Per aumentare la distanza e anche per evitare una contaminazione possono essere utilizzate delle pinzette. Nel locale dell'applicazione devono essere predisposti recipienti, anch'essi schermati, per i rifiuti risultanti dall'applicazione (Fig. 17).

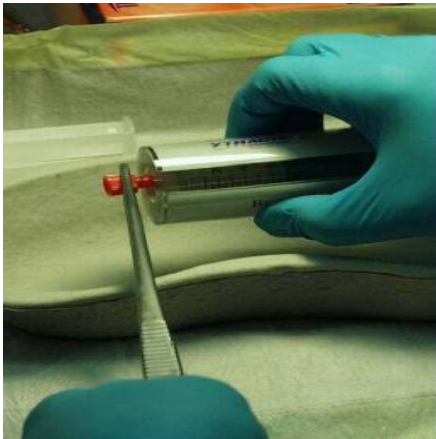


Fig. 16: Manipolazione degli aghi da siringa

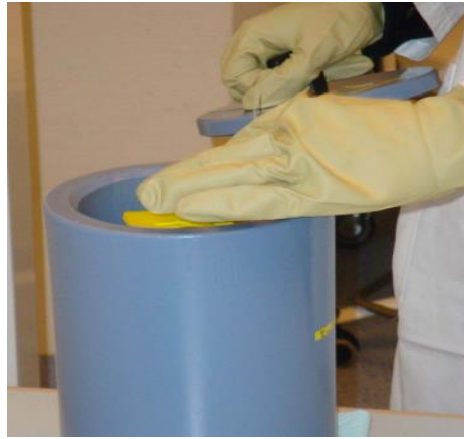


Fig. 17: Contenitore rifiuti per materiale contaminato

7. Basi giuridiche, bibliografia, fonti

- [1] Ordinanza sulla radioprotezione (ORaP, RS 814.501) del 26 aprile 2017 (Stato 1° gennaio 2018).
- [2] Ordinanza del DFI sulla dosimetria individuale e ambientale (RS 814.501.43) del 26 aprile 2017 (Stato 1° gennaio 2018).
- [3] Empfehlungen zum Strahlenschutz bei der Radiosynoviorthese (RSO) BfS (www.bfs.de).

Fonti sui mezzi ausiliari di radioprotezione

Melit GmbH 8340 Hinwil (www.melit.ch); raditec medical AG, 5040 Schöffland (www.raditec.ch); QAmédical, 6312 Steinhausen (www.qamedical.ch); rb brunner GmbH, Riethofstrasse 3, 8442 Hettlingen www.rbrunner.ch;

Mezzi ausiliari per la formazione e l'aggiornamento del personale

L'UFSP ha pubblicato per la formazione e l'aggiornamento del personale di medicina nucleare un DVD, che può essere richiesto gratuitamente o scaricato dal sito dell'UFSP (<https://www.bag.admin.ch/bag/it/home/themen/mensch-gesundheit/strahlung-radioaktivitaet-schall/bewilligungen-aufsicht-im-strahlenschutz/informationen-fuer-medizinische-betriebe/schulungsfilme-medizinische-betriebe.html>).