

***Valutazione della dose in uretrocistografie minzionali eseguite  
su pazienti in età pediatrica ed ottimizzazione dell'esame***

*(Evaluation of the dose to paediatric patients undergoing  
micturating cystourethrography examination and optimization of the examination)*

**Andrea MANTOVANI (°), Elio GIROLETTI (§)**

(°) Serv. Fisica sanitaria, Azienda Ospedaliera di Sondrio – Sondrio

(§) Dip. Fisica nucleare e teorica, Università degli Studi di Pavia – Pavia

***Publicato su  
La Radiologia Medica, 108: 283-291, 2004***

## RIASSUNTO

### Introduzione

Obiettivo del lavoro è stato quello di valutare la dose ricevuta dai piccoli pazienti sottoposti ad uretrocistografia minzionale e successivamente di ottimizzare le procedure di esecuzione dell'esame, che risulta essere particolarmente significativo dal punto di vista della dose di radiazione. Nel contempo si è deciso di valutare anche la dose ricevuta dai genitori, che frequentemente assistono il bambino durante l'esame stesso.

### Introduction

The aim of the work was to estimate the dose to paediatric patients undergoing micturating cystourethrography examination (MCU), and subsequently to optimize the procedures of the examination, which turned out to be particularly significant from the point of view of the radiation dose. At the same time it was decided to estimate also the absorbed dose to the parents, who frequently assist the child during the MCU.

### Materiali e metodi

Lo studio è stato condotto su 220 bambini sottoposti ad uretrocistografia minzionale, misurando *in vivo* la dose superficiale entrante ed uscente dal paziente con dosimetri a termoluminescenza e il DAP, prodotto kerma per area. Da quest'ultima grandezza sono state successivamente calcolate l'energia impartita e la dose media assorbita al corpo intero.

### Material and methods

The study was carried out on 220 children undergoing micturating cystourethrography examination, by measuring *in vivo* the dose equivalent entering and outgoing from the patient with thermoluminescent dosimetry and the DAP (Dose Area Product). From the latter, the imparted energy and the average absorbed dose to the paediatric patients were subsequently calculated.

### Risultati

La dose assorbita dai pazienti è stata mediamente pari a  $0,69 \pm 0,54$  mGy, con un intervallo di variabilità di  $0,126 - 3,110$  mGy. Si è avuta una notevole dispersione dei valori di dose assorbita, anche per soggetti di dimensioni simili; ciò indica che la radioprotezione del paziente in età pediatrica consente ancora ampi margini di ottimizzazione. Si è potuto verificare infatti che la dose dipende, oltre che dalle dimensioni del bambino, anche dal suo grado di collaborazione e dalla tecnica dell'operatore che esegue l'esame. Quest'ultimo aspetto è stato valutato attraverso il confronto tra le dosi impartite da due diversi operatori, che sono risultate diverse di un fattore 5. L'applicazione di una filtrazione aggiuntiva di **2 mm** alluminio, (totale **5 mm Al**), ha consentito una riduzione della dose senza significative variazioni della qualità dell'immagine. La dose efficace ricevuta dagli accompagnatori presenti durante l'esecuzione dell'esame, è risultata pari a  $4 \pm 7$   $\mu$ Sv.

### Results

The average absorbed dose was found to be  $0,69 \pm 0,54$  mGy, with a variability interval of  $0,126 - 3,110$  mGy. A remarkable dispersion of the absorbed dose values was observed, also for subjects of similar size. This indicates that the radioprotection of paediatric patients still allows for wide margins of optimization. In fact it was possible to verify that the dose depends, beyond on the size of the child, also on his/her degree of

collaboration, as well as on the technical ability of the operator who performs the examination. The latter aspect was estimated through the comparison between doses delivered by two different physicians; differences by a factor 5 were observed. The application of an additional filtration of 2 mm of Al (total 5 mm Al) concurred to a dose reduction without significant variations in the image quality. The effective dose received by the parents present during the examination was found to be  $4 \pm 7 \mu\text{Sv}$ .

### **Conclusioni**

La caratteristica specifica degli esami di uretrocistografia minzionale su pazienti in età pediatrica è non solo la dose, spesso non trascurabile, ma anche la notevole dispersione dei suoi valori, anche all'interno della stessa fascia di età. Il medico specialista, ha un compito importante nella giustificazione dell'esame: l'adozione di uno specifico protocollo ha permesso di ridurre il numero di bambini sottoposti ad indagine radiologica. L'ottimizzazione dell'esame richiede in primo luogo controlli di qualità sulle apparecchiature radiogene e l'adozione di procedure di buona tecnica radiografica e la predisposizione di ambienti idonei per i bambini. Il lavoro ha contribuito alla sensibilizzazione degli operatori sanitari al problema della radioprotezione e della riduzione della dose impartita. La dose efficace ricevuta dagli accompagnatori mostra che la loro presenza, purché adeguatamente protetti, si può ritenere giustificata.

### **Conclusions**

A specific feature of MCU on paediatric patients is not only the amount of radiation dose, often not negligible, but also the remarkable dispersion of the dose values, even within the same age range. The specialist has an important role in the justification of the examination: the adoption of a specific protocol allowed to reduce the number of children undergoing MCU. The optimization of the examination requires quality controls on the equipment, as well as the adoption of procedures of good radiographic technique and a suitable environment predisposition for the children. The present work contributed to focus the attention of practitioners on radioprotection problems and, consequently, to reduce the dose delivered to the children. The effective dose received by parents showed that their presence next to young patients undergoing MCU can be justified, provided that they are adequately protected.

### **Parole chiave**

Radioprotezione, urecistografia minzionale, radiologia pediatrica

### **Key words**

Radiation protection, micturating cystourethrography, paediatric radiology

**Evaluation of the dose to paediatric patients undergoing micturating cystourethrography examination and optimization of the examination**  
**(Valutazione della dose in uretrocistografie minzionali eseguite su pazienti in età pediatrica ed ottimizzazione dell'esame)**

**Introduzione**

L'obiettivo del presente lavoro è stata l'ottimizzazione dell'esposizione alle radiazioni ionizzanti per pazienti in età pediatrica sottoposti ad uretrocistografia minzionale (*UCM*).

Per i soggetti in età pediatrica il rischio radiologico è più elevato rispetto al resto della popolazione a causa della maggiore aspettanza di vita e della maggiore radiosensibilità dei loro organi [1-3]. Inoltre i bambini sono spesso non collaboranti ai fini dell'esecuzione dell'esame, in una misura che dipende dal carattere del soggetto, dalla sua età e dalle condizioni dell'ambiente in cui avviene l'esame radiografico [2]. Questi aspetti rendono spesso più difficoltosa e prolungata l'esecuzione dell'esame causando la somministrazione di dosi superiori a quelle strettamente necessarie. In molti casi è anche necessario che un genitore rimanga accanto al bambino durante l'esame: se ciò da un lato può tranquillizzare il paziente evitando così anche l'uso di strumenti di contenzione, dall'altro comporta l'esposizione anche del genitore alla radiazione diffusa e quindi un ulteriore fattore di rischio da considerare.

Le ragioni viste sopra, spingono quindi verso la definizione, per quanto riguarda le procedure di esecuzione e di ottimizzazione, di criteri specifici che riflettano le esigenze e le condizioni particolari della radiodiagnostica pediatrica.

**Materiali e metodi**

Nell'arco di circa tre anni sono state effettuate rilevazioni dosimetriche su 220 bambini di età compresa tra 1 mese e 18 anni sottoposti ad *UCM*, di cui 68 maschi (31%) e 152 femmine (69%).

L'indicazione prevalente all'esecuzione di questo esame era costituita da infezioni alle vie urinarie, spesso associate ad anomalie anatomiche quali un reflusso vescico-ureterale; nel nostro caso il 73% dei pazienti si era presentato all'esame con una IVU (infezione alle vie urinarie), il 17% per il controllo di un reflusso precedentemente diagnosticato ed il 9% con altre patologie. Tra i pazienti sottoposti ad *UCM* è stato diagnosticato un reflusso vescico-ureterale nel 20% dei casi.

L'apparecchiatura radiodiagnostica, utilizzata era costituita da un generatore *Siemens Garantix 1000* (3 fasi 6 impulsi), con filtrazione inerente di 3 mm Al; il sistema di registrazione dell'immagine in grafia era costituito da uno schermo di rinforzo *Agfa Curix EU Cassette* e da pellicole *Fotoindustria* mentre la visualizzazione dell'immagine in scopia era effettuata con un intensificatore di brillantezza *Siemens Sirecon 2 RBV*.

In Tabella I sono mostrate le caratteristiche delle apparecchiature e le tecniche adottate di routine, confrontate con le norme di buona tecnica radiografica raccomandate nel documento della Comunità Europea [1].

La giustificazione dell'esame -ritenuta, in modo particolare per i pazienti in età pediatrica, la forma più efficace di radioprotezione- è avvenuta attraverso la selezione dei pazienti: l'esame era eseguito nel caso di bambini che avessero avuto una *IVU* alta, *IVU* basse recidivanti, *IVU* basse in età inferiore ai 3 anni, patologie malformative note ed altre indicazioni cliniche specifiche, meno frequenti, per la valutazione morfologica delle basse vie urinarie.

Le modalità di esecuzione dell'esame erano state standardizzate con un protocollo stabilito da un gruppo di lavoro composto da pediatri, radiologi e fisici. L'esame, che comporta l'esposizione di un'ampia area corporea comprendente organi particolarmente sensibili agli effetti delle radiazioni quali le gonadi, è stato suddiviso in due fasi: nella prima (fase di riempimento o fase passiva) la vescica del paziente veniva riempita, mediante un catetere, con un mezzo di contrasto iodato ionico (*Selectographin Schering* e *Opacist Bracco*) mentre nella seconda (fase minzionale o fase attiva) il bambino veniva fatto urinare. L'esame era condotto prevalentemente sotto controllo fluoroscopico, di cui viene raccomandato l'uso a brevi "flash" [1, 4], con i parametri di esposizione, *kVp* e *mA*, selezionati automaticamente dall'apparecchiatura. Inoltre sono state eseguite radiografie in proiezione anteroposteriore con modalità manuale. Qualora non si verificasse la necessità di una documentazione più ricca per il riscontro di anomalie morfologiche e/o funzionali, era sufficiente una prima radiografia in corrispondenza del massimo riempimento della vescica ed una seconda durante la minzione. Nel caso in cui la fugacità della minzione non aveva reso possibile la documentazione radiografica, al fine di evitare inutili ripetizioni dell'esame veniva ritenuta valida la descrizione dei rilievi scopici da parte del radiologo.

Per 220 pazienti sottoposti ad *UCM* è stata misurata la dose areale (DAP -kerma in aria integrato sull'area del fascio-) e, per 78 di essi, sono stati misurati anche la dose entrante ed uscente. Il DAP è stato misurato con la camera a ionizzazione Diamentor (*PTW*, Freiburg), che ha costituito una filtrazione addizionale di 0,5 mm Al. L'incertezza associata alla risposta in energia, nell'intervallo delle tensioni utilizzate, è stata del 5% circa. Per una corretta valutazione della dose impartita al paziente occorre tenere conto che non tutta la dose areale rilevata dalla camera ha inciso effettivamente sul paziente, in quanto il campo di radiazione può eccedere le dimensioni del paziente oppure perché la camera rileva anche radiazione che viene diffusa dai collimatori e che non incide sul paziente [5]. L'incertezza complessiva da associare alla lettura dello strumento, è stata valutata nel 25% circa.

La misura della dose superficiale di ingresso ed uscente dal paziente è stata eseguita utilizzando cinque dosimetri a termoluminescenza (*TLD*), applicati a coppie sulla parte del corpo direttamente irraggiata, sia anteriore che posteriore ed uno in corrispondenza della tiroide. I *TLD* utilizzati sono del tipo *LiF:Mg,Cu,P* (*GR-200 A*), calibrati in equivalente di dose profonda al tessuto, con errore sulla lettura pari a  $\pm 8\%$  per letture maggiori di 200  $\mu\text{Sv}$  e  $\pm 30\%$  per valori inferiori. L'impiego a coppie dei *TLD* è stato deciso per la necessità di ottenere una stima più precisa della dose entrante ed uscente, in quanto esse sono influenzate dai movimenti incontrollati del paziente. In rapporto tra deviazione standard e media delle letture delle coppie di *TLD* è stata del 10,7%, mentre le singole differenze hanno raggiunto il 40% [6].

E' stata effettuata anche una valutazione della radiazione ricevuta dall'accompagnatore presente accanto al bambino, utilizzando complessivamente tre *TLD* applicati uno all'esterno del camice in gomma piombifera indossato (0,5 mm Pb equiv.), uno sotto ed uno al polso: in questo modo è stato possibile valutare le dosi equivalenti al cristallino e alle mani e la dose efficace.

La dose media assorbita dal corpo intero del paziente,  $\bar{D}$ , è stata determinata per mezzo dell'energia impartita  $\varepsilon$  che, a sua volta, è stata calcolata dal valore di DAP interpolando linearmente i coefficienti di conversione disponibili in letteratura, ricavati con il metodo *Monte Carlo* applicato a fantocci simulanti tessuto molle ed aventi dimensioni rappresentative di bambini di diversa età [5, 6]. Lo spessore del paziente è stato valutato attraverso il calcolo del diametro equivalente [7]:

$$d_{eq} = 2 \cdot \sqrt{\frac{W}{1000 \cdot \pi \cdot H}} \quad (\text{cm}) \quad (1)$$

essendo  $W$  la massa in kg ed  $H$  l'altezza in m. L'incertezza associata all'energia impartita così calcolata è stata complessivamente pari al 50%.

Nota la massa  $M$  del paziente, la dose media  $\bar{D}$  assorbita dal corpo intero supposto uniformemente irraggiato è stata calcolata come  $\bar{D} = \frac{\varepsilon}{M}$ , con una incertezza pari a quella dell'energia impartita, in quanto l'incertezza sulla misura della massa si può ritenere trascurabile.

Il confronto tra le tecniche operative utilizzate e le norme di buona tecnica radiografica raccomandate, unitamente ai risultati di alcuni lavori di letteratura [1, 8, 9, 10], hanno suggerito l'impiego di una filtrazione aggiuntiva di alluminio sul fascio di radiazione al fine di ridurre la componente molle. In accordo con i radiologi, che in sede di esame hanno valutato l'impatto in termini di variazione di qualità dell'immagine per valori crescenti di filtrazione, è stato deciso di utilizzare una filtrazione supplementare di 2 mm Al, portando così la filtrazione totale a 5 mm Al, con conseguente riduzione del valore di DAP dal 40% a 80 kVp al 50% a 50 kVp senza apprezzabili variazioni della qualità dell'immagine [6]. Tale procedura ha comportato quindi anche una riduzione, all'incirca nella stessa misura, della dose alle gonadi dei maschi in quanto questi organi, quasi sempre esposti al fascio di radiazione diretta, solitamente non possono essere schermati.

## Risultati

I valori medi dei parametri di esposizione sono riportati in Tabella II dove è stata adottata la suddivisione dei pazienti nelle fasce di età raccomandate dalla Comunità Europea [1].

I parametri di grafia sono stati rilevati per 102 pazienti, mentre quelli di scopia (dove si ha una notevole incertezza sulle letture di *mA* e *kVp* in quanto i valori erano visualizzati su indicatori analogici) sono stati rilevati per 74 pazienti. Il numero di esami per i quali sono disponibili i valori dei parametri di esposizione è inferiore al totale dei pazienti esaminati in quanto nella fase iniziale del lavoro tali grandezze non venivano rilevate.

I valori di DAP rilevati ad ogni singolo esame, la cui esecuzione è stata affidata nel corso del tempo a diversi operatori, sono mostrati in Figura 1 in funzione del diametro equivalente del paziente.

In Tabella III sono mostrati, per fasce di età, i risultati relativi alle grandezze dosimetriche rilevate e calcolate. La misura della dose entrante ed uscente ha consentito anche di calcolare per ogni paziente il rapporto di trasmissione, che risulta essere mediamente dell'8%.

La consistenza del campione è diversa per le varie grandezze considerate in quanto la rilevazione dei parametri di esposizione (necessari al calcolo dell'energia impartita e quindi della dose media al corpo intero) e l'uso dei *TLD* sono iniziati successivamente all'introduzione del DAP meter, grandezza invece rilevata per tutti i pazienti.

In Tabella IV viene mostrato l'effetto della filtrazione aggiunta sulla dose areale erogata dal tubo. Tale valutazione è effettuata attraverso un confronto tra i valori di DAP mediamente erogati per singole esposizioni in grafia.

Si è valutata anche l'influenza dell'operatore sulla dose impartita al paziente. Il 75% circa del DAP era impartito in scopia, la cui modalità d'uso in termini di tempo era a discrezione dell'operatore che eseguiva l'esame. In Figura 2 sono mostrati i valori medi di DAP impartiti in scopia (e nelle stesse condizioni operative) da due diversi radiologi - denominati "*operatore A*" ed "*operatore B*" - che si sono alternati nell'esecuzione dell'esame.

In Tabella V vengono mostrati i valori medi di equivalente di dose e di dose efficace rilevati per gli accompagnatori presenti in 60 esami; in alcuni casi sono stati presenti anche due accompagnatori.

## **Discussione**

I valori di tensione utilizzati in grafia, mostrati in Tabella I, sono mediamente inferiori a quelli proposti in letteratura; in scopia invece i valori di tensione sono in linea con quelli consigliati.

L'andamento del valore di DAP complessivo erogato per ogni esame, come mostrato in Figura 1, è crescente con l'età, anche se la correlazione è comunque debole: le dimensioni del bambino non sono perciò il solo fattore che determina la dose impartita, in quanto si ha una notevole dispersione di valori anche a parità di spessore. Ciò è particolarmente evidente per i bambini aventi un diametro equivalente tra i 12,5 cm ed i 15 cm, corrispondenti ad un'età compresa tra i 2 ed i 5 anni e per i quali si sono avuti maggiori problemi dal punto di vista comportamentale: i valori di DAP impartiti differiscono, a parità di dimensioni, anche di un ordine di grandezza. Il grado di collaborazione del bambino è quindi, come ci si attendeva, un fattore che incide sulla dose di radiazione in questo esame.

La suddivisione di pazienti in fasce di età, effettuata per raggruppare pazienti con dimensioni simili, consente un confronto con valori medi di dose areale per fascia di età ottenute in lavori analoghi. I valori ottenuti sono risultati inferiori (dal 53 % al 75%) rispetto a quelli ottenuti da altri autori [11, 12, 13] il cui protocollo prevede però un numero maggiore di esposizioni.

L'energia impartita cresce all'aumentare dell'età e quindi delle dimensioni del bambino: tra la prima e la quarta fascia di età la differenza è di un ordine di grandezza. La dose media assorbita dal corpo intero presenta invece una variazione più contenuta, in quanto all'aumentare dell'età cresce l'energia impartita, ma contemporaneamente anche la massa del bambino.

I valori medi di dose superficiale d'ingresso ed uscente mostrano che la dose media entrante cresce all'aumentare dell'età, con una differenza tra la prima e l'ultima fascia di un ordine di grandezza. La variazione invece della dose misurata in uscita è più contenuta in quanto non dipende in modo determinante dalle dimensioni del paziente (e quindi dall'età).

È da rilevare che, per molte delle grandezze prese in esame, all'interno di ogni fascia di età - e quindi per pazienti di dimensioni simili - è riscontrabile all'incirca un ordine di grandezza tra il valore minimo e quello massimo.

I dati mostrano inoltre una riduzione della dose con l'aumentare della filtrazione, anche se di consistenza inferiore a quella attesa e non evidente per soggetti di età >10 anni (imputabile al ridotto campione di pazienti di questo gruppo). La corrispondente riduzione della dose impartita in fluoroscopia è sicuramente inferiore in quanto le tensioni impiegate sono state mediamente più elevate rispetto a quelle impiegate in grafia. In ogni caso l'effetto di questo intervento di ottimizzazione è inferiore, in termini di riduzione di dose, a quello che si otterrebbe attraverso un uso adeguato - in termini di tempo di esposizione - del fascio in fluoroscopia.

Importante rilevare che, alla luce di questi dati l'Azienda ha recepito la necessità di sostituire l'apparecchiatura radiologica con una più moderna ed adeguata a questo tipo di indagine.

L'analisi dei dati mette in evidenza (vedasi la Figura 2), per ogni fascia di età, un minore valore di dose areale mediamente impartito da parte del medico radiologo "A" rispetto all'operatore "B". Tale differenza -fino al 70% di dose in meno- è riconducibile al diverso modo di utilizzo della fase di scopia: esso veniva impiegato dall'operatore A a "flash", cioè con esposizioni brevissime ma con una adeguata visione della situazione, mentre l'operatore B faceva uso di tempi più prolungati, impartendo così complessivamente una dose maggiore. L'utilizzo di un sistema di fermo-immagine, con la nuova attrezzatura adottata dall'Azienda, ridurrà quindi sensibilmente la dose media impartita in questo esame uniformando i diversi modi di operare in scopia e limitando il tempo di esposizione allo stretto necessario.

I valori di dose efficace all'accompagnatore sono trascurabili. La sua presenza pertanto, purché protetto con un camice in gomma piombifera, si può ritenere giustificata, soprattutto in relazione al beneficio che ne può trarre il bambino. La protezione anche di altre parti del corpo esposte alla radiazione diffusa, ad esempio le mani con guanti in gomma piombifera, alla luce dei risultati ottenuti può essere evitata, anche perché l'impiego di queste misure di sicurezza potrebbe avere un impatto psicologico negativo sul bambino e rivelarsi alla fine controproducente. Anche la protezione del cristallino con occhiali schermati è di poca rilevanza viste le dosi in gioco.

## Conclusioni

La caratteristica specifica degli esami su pazienti in età pediatrica è la notevole dispersione dei valori di dose impartita, sul campione totale ma anche per fascia di età, in quanto essa non dipende solo dalle dimensioni del bambino ma anche dal suo grado di collaborazione e dalla tecnica dell'operatore che esegue l'esame.

L'ottimizzazione dell'esame richiede in primo luogo interventi tecnici quali i controlli di qualità sulle apparecchiature radiogene utilizzate e l'adozione delle buone tecniche radiografiche raccomandate. La conoscenza in tempo reale del valore di DAP e, soprattutto, del tempo di esposizione in scopia - grandezza più immediatamente comprensibile rispetto alla prima - hanno contribuito alla sensibilizzazione degli operatori sanitari al problema della radioprotezione e della riduzione della dose impartita: i risultati mostrano infatti che la tecnica dell'operatore influisce, sotto questo aspetto, in misura maggiore rispetto ad altri accorgimenti di ottimizzazione. È inoltre necessario, ove gli esami vengano eseguiti in reparti non specificatamente dedicati a bambini, creare condizioni ambientali adeguate in modo da ottenere la massima collaborazione dei piccoli pazienti ed abbreviare così i tempi di esposizione.

Il medico specialista, infine, ha un compito importante nella giustificazione dell'esame: esso infatti, secondo il DLgs 187/00, deve valutare anche la possibilità di utilizzare tecniche sostitutive a quelle espletate con le radiazioni ionizzanti, ed evitare di eseguire esami superflui.

## Bibliografia

- [1] European Communities: Quality criteria for diagnostic radiographic images in paediatrics, EUR 16261, Office of Publications of the European Communities, Luxemburg, 1996
- [2] NCRP, *Radiation Protection in Paediatric Radiology*, NCRP Report No 68, Washington, 2002
- [3] ICRP: 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Annals of ICRP Vol 21 N 1-3, Oxford, 1991
- [4] Ruiz MJ, Llorca AL, Gonzalez L, Vaño E, Martinez A: Radiodiagnóstico pediátrico: reducción de dosis de radiación a pacientes. Radiología 35: 169-172, 1993.
- [5] Persliden J, Sandborg M: Conversion factors between energy imparted to the patient and air collision kerma integrated over beam area in paediatric radiology. Acta Radiolol 34: 92-98, 1993.
- [6] Mantovani A: La radioprotezione del paziente in radiologia pediatrica: stima del rischio radiologico in uretrocistografia minzionale e controlli di qualità. Tesi Università degli Studi di Pavia, 1996.
- [7] Lindsoug BA: The reference man in diagnostic radiology dosimetry. Br J Radiol 65: 431-437, 1992.
- [8] Brown PH, Thomas RD, Silberberg PJ, Johnson LM, *Optimization of a fluoroscope to reduce radiation exposure in pediatric imaging*, Pediatr Radiol., 30(4): 229-235, 2000
- [9] Seppanen U, Torniaainen P, Kiviniitty K., *Radiation gonad doses received by children in intravenous urography and micturition cystourethrography*, Pediatr Radiol., 8(3):169-72, 1979
- [10] K. Kyriou, A. Pettet, M. Fitzgerald, *Guidelines on Best Practice in the X-Ray Imaging of Children*, European Journal of Radiology, 33: 1-67, 2000

- [11] González L, Vaño E, Ruiz MJ: Radiation doses to paediatric patients undergoing micturating cystourethrography examination and potential reduction by radiation protection optimisation. Br J Radiol 68: 291-295, 1995.
- [12] Ruiz MJ, Vaño E, González L, Fernandez JM: Dose-area product values in frequently performed complex paediatrics radiology examinations. Br J Radiol 69:160-164, 1996.
- [13] Almén A, Mattsson S: The radiation dose to children from X-ray examinations of the pelvis and the urinary tract. Br J Radiol 68: 604-613, 1995.

**Tabella I.** Caratteristiche tecniche dell'esecuzione dell'UCM

<i>PARAMETRI TECNICI</i>	<i>EUR 16261</i>	<i>MELEGNANO</i>
apparecchiatura radiografica	unità con spot-film e fluoroscopica	unità con spot-film e fluoroscopica
macchia focale	0,6 mm (<1,3 mm)	0,6 e 1,3 mm (o automatico?)
filtrazione aggiunta (a 2,5 mm Al)	1 mm Al + 0,1-0,2 mm Cu	inizialmente: nessuna (tot. 3 mm Al); in seguito: 2 mm Al (tot. 5 mm Al)
griglia antidiffusione	No	no
combinazione film-schermo	classe 400-800	elevata sensibilità
distanza oggetto-pellicola	Più piccola possibile	13 cm (fissa)
tensione	70-90 (120) kVp	55-66 kVp in grafia (manuale) 70-90 kVp in scopia (automatica)
controllo automatico della esposizione	evitare che il mezzo di contrasto copra la camera	esposizione manuale in grafia
tempo di esposizione (grafìa)	<20 (40) ms	automatico
protezione delle gonadi	capsule protezione testicoli per i maschi	non applicate

**Tabella II.** Valori medi dei parametri di esposizione in grafìa e scopia (tra parentesi l'intervallo di variazione)

<i>fascia di età</i>	<i>parametri grafìa</i>			<i>parametri scopia</i>			
	<i>n°</i>	<i>mAs</i>	<i>kVp</i>	<i>n°</i>	<i>mA</i>	<i>kVp</i>	<i>tempo (s)</i>
0 - 1 anno	35	18 (8-25)	57 (52-63)	23	1,4 (1,0-2,0)	73 (58-92)	28 (4-101)
>1 - 5 anni	38	22 (16-32)	60 (55-66)	31	1,8 (1,1-3,0)	78 (68-100)	49 (5-224)
>5 - 10 anni	21	26 (20-40)	62 (57-68)	15	2,0 (1,2-2,6)	83 (75-100)	49 (8-131)
>10 anni	8	37 (20-54)	64 (60-70)	5	1,9 (1,4-2,5)	84 (78-95)	87 (16-208)

**Tabella III.** Valori medi, deviazione standard, intervallo di variabilità (tra parentesi) e numero di pazienti per fascia di età per le grandezze dosimetriche misurate e calcolate.

	<i>fascia di età</i>				<i>campione totale</i>
	<i>0-1 anno</i>	<i>&gt;1-5 anni</i>	<i>&gt;5-10 anni</i>	<i>&gt;10 anni</i>	
DAP (cGy·cm <sup>2</sup> )	57 ± 43 (12-221)	172 ± 131 (30-546)	227 ± 171 (50-987)	419 ± 233 (143-1043)	160 ± 161 (12-1043)
numero pazienti	78	84	42	16	220
energia impartita (mJ)	3,79 ± 2,33 (0,99-10,7)	11,85 ± 9,31 (2,83-44,6)	15,59 ± 9,90 (4,35-47,3)	39,28 ± 31,77 (13,03-104,0)	11,98 ± 14,09 (0,99-104,0)
dose media corpo intero (mGy)	0,472 ± 0,261 (0,126-1,235)	0,877 ± 0,693 (0,238-3,110)	0,629 ± 0,399 (0,202-1,620)	0,942 ± 0,668 (0,418-2,237)	0,692 ± 0,544 (0,126-3,110)
numero pazienti	32	36	21	7	96
dose entrante (mSv)	2,20 ± 1,23 (1,22-5,97)	5,82 ± 3,21 (1,84-13,59)	9,35 ± 6,16 (2,43-26,8)	19,07 ± 13,88 (7,32-35,67)	6,33 ± 6,15 (1,22-35,67)
dose uscente (mSv)	0,256 ± 0,103 (0,14-0,54)	0,427 ± 0,272 (0,09-0,19)	0,419 ± 0,283 (0,15-1,16)	0,571 ± 0,387 (0,11-0,92)	0,383 ± 0,256 (0,09-1,19)
numero pazienti	21	30	17	4	<b>78</b>

**Tabella IV.** Valori medi e deviazione standard della DAP per esposizione radiografica senza e con filtrazione addizionale di Al

<i>fascia di età</i>	<i>dose areale media per esposizione radiografica</i>				<i>differenza</i>
	<i>senza filtrazione aggiunta</i>	<i>n</i>	<i>con filtrazione aggiunta</i>	<i>n</i>	
0 - 1 anno	11,9 ± 2,7	20	7,4 ± 2,7	22	-38%
>1 - 5 anni	16,5 ± 5,5	33	12,6 ± 4,0	14	-24%
>5 - 10 anni	20,2 ± 6,1	16	17,2 ± 3,1	6	-15%
>10 anni	35,9 ± 23,5	4	35,8 ± 21,6	5	0%
<i>campione totale</i>	<i>17,4 ± 9,1</i>	<i>73</i>	<i>13,7 ± 11,6</i>	<i>47</i>	<i>-21%</i>

**Tabella V.** Equivalente di dose agli accompagnatori (con una deviazione standard)

<i>Organo controllato</i>	<i>dose</i>
dose efficace	4 ± 7 μSv
Dose equivalente al cristallino, tiroide	20 ± 19 μSv
Dose equivalente alle estremità superiori	96 ± 303 μSv

Figura 1: DAP e diametro equivalente dei piccoli pazienti

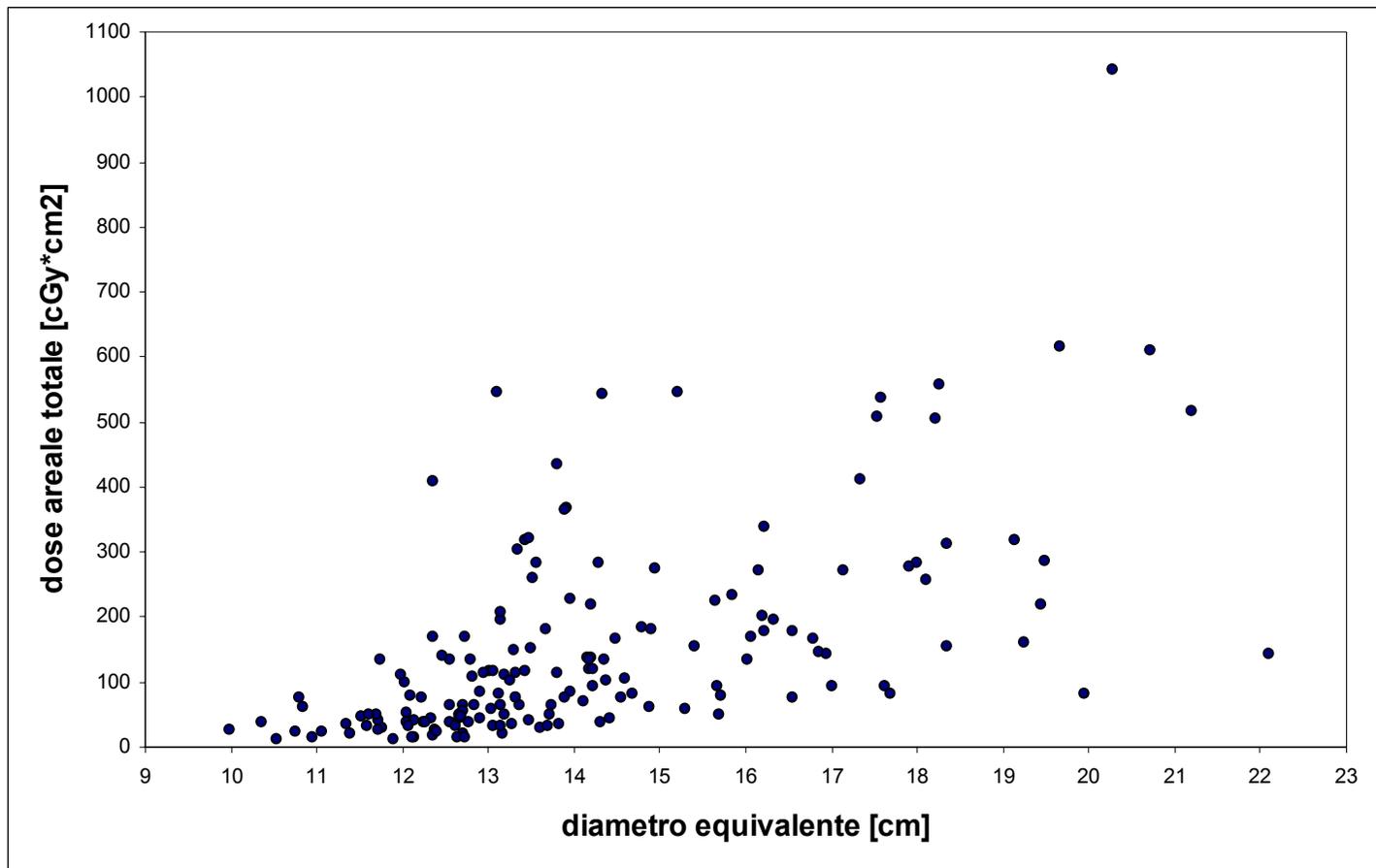


Figura 2: DAP impartita in fluoroscopia, suddivisa tra i due operatori e per fasce di età

