Istituto Scientifico Europeo
Valutazioni della dose al paziente in radiodiagnostica
Torino, 26-27 novembre 2004

Valutazioni dosimetriche per la radiologia interventistica

R. Padovani
SOC di Fisica Sanitaria, Ospedale S. Maria della Misericordia
Udine

Dosimetria: Ottimizzazione

Art. 4; Principio di ottimizzazione

- 1. Tutte le dosi … devono essere mantenute al livello piu' basso ragionevolmente ottenibile e compatibile con il raggiungimento dell'informazione diagnostica richiesta, tenendo conto di fattori economici e sociali;
  il principio di ottimizzazione riguarda la scelta delle attrezzature, la produzione adeguata di un'informazione diagnostica appropriata o del risultato terapeutico, la delega degli aspetti pratici, nonche' i programmi per la garanzia di qualita', inclusi il controllo della qualita', l'esame e la valutazione delle dosi ….
- ….
- 3. Ai fini dell'ottimizzazione dell'esecuzione degli esami radiodiagnostici si deve tenere conto dei livelli diagnostici di riferimento (LDR) ….

Dosimetria: Pratiche speciali (art. 9)

- Pratiche speciali:
  - Radiologia pediatrica
  - Programmi di screening
  - Procedure ad alta dose:
    - radioterapia,
    - radiologia interventistica
    - tomografia computerizzata
- E' richiesta l'effettuazione di periodiche valutazioni di dose al paziente:
  - non sono sempre previsti LDR (per es. per radiologia interventistica e TC)
  - Le dosi misurate dovranno essere confrontate con livelli tipici di dose (pubblicati o raccomandati)

Frequenza delle procedure di RI con guida fluoroscopica (UNSCEAR 2000)

Area	Angiography	Interventional
Health-care level I	6.8 0.8%	2.7 0.4%
Health-care level II	0.48 0.2%	0.94 0.4%
Health-care level III	0	0
Health-care level IV	0	0

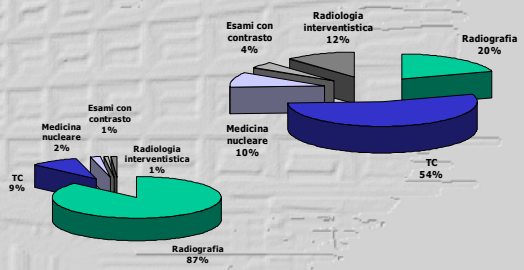
N. di procedure/anno per 10000 ab.

Contributo percentuale alla dose collettiva nelle diverse aree geografiche

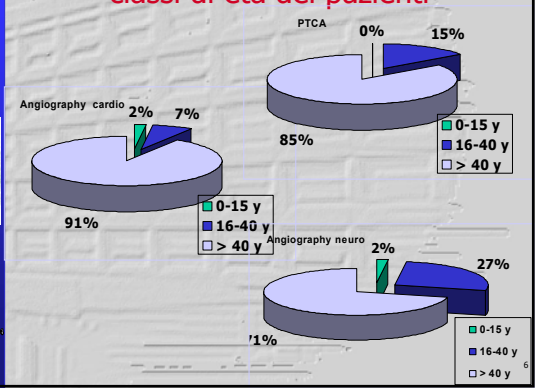
Nell'area HCL I contribuisce per il 7% della dose collettiva

Frequenze d'esame e contributi alla dose collettiva (Friuli-Venezia Giulia, 2000)

- Dose efficace: 0.95 mSv/anno.caput (+ 11% rispetto al 1983)



Pratica di RI: distribuzione per classi di età dei pazienti



Patient dose range
in angiographic procedures
(UNSCEAR 2000)

Angiographic Procedure	Technique	Fluoro time (min)	KAP (Gy.cm²)	Effective dose (mSv)
Coronary	Cine film	3.6 – 9.8	16.1 - 98	2 – 15.8
	Digital cine	5.7	47.7	9.4
Cerebral	DSA/conventional	1.2 – 36	12 – 120	2.7 – 23.4
Abdominal	Hepatic (DSA)	2.3 – 28.6	28 – 279	4 – 48
	Renal DSA	5.5 - 21	41 - 186	6 - 34
	Renal angiogr.	0.5 – 9.3	17 – 327	2.8 – 11.5

Caratteristiche e dose nelle procedure interventistiche ad alta dose (UNSCEAR 2000)

Interventional procedures	Localized dose to skin (Gy)	Fluoro time (min)	DAP (Gy.cm²)	Effective dose (mSv)
PTCA	0.05 - 5	3 - 92	20 - 402	7.5 - 57
PTA	0.4	5 – 68	5 – 338	10 – 12.5
TIPS	0.4 – 5	9 – 115	7 - 1131	2 - 181
RF ablation	0.1 – 8.4	3 - 195	7 – 532	17 – 25
Embolization	0.2 – 0.5	1 – 90	7 – 918	6 – 43

ICRP recognise as 'high dose' procedures, giving potentially high skin doses:
- **Embolisation: aneurysm and arteriovenous malformation**
- **Angioplasty (cardiac = PTCA)**
- **Radiofrequency ablation**
- **Transjugular intrahepatic porto-systemic shunt (TIPS)**

Carenza di ottimizzazione dell'esposizione

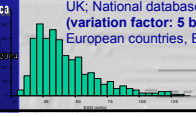
1950s 'Adrian survey', UK
direct measurements of gonadal and red bone marrow dose with an ionisation chamber; first evidence of a wide variation in patient doses in diagnostic radiology **(variation factor: 10,000)**

1970s, NEXT, USA
measure of ESD in standard procedures **(variation factor: 20)**

1980s, Europe
measure of ESD and DAP for simple and complex procedures
(variation factor: 30 between patients; 5 between hospitals)

1990s, Europe
trials on patient doses to support the development of European guidelines on Quality Criteria for images and to assess reference levels
(variation factor: 10 between hospitals)

2000s
UK; National database with patient dose data from 400 hospitals
(variation factor: 5 between hospitals)
European countries, European projects (DIMOND), IAEA research actions, …



Carenza di ottimizzazione dell'esposizione nelle procedure interventistiche cardiologiche

Ampia variabilità delle dosi e delle caratteristiche delle procedure di PTCA tra centri (www.dimond3.org)

DIMOND

Table 2. Technical parameters and patient dose for PTCA (mean values)

Author	Fluoro time (min)	No. of cine frames	Cine time (min)	DAP (Gycm2)	Ref
Betsou	21	-	0.83	37.6	2
Zorzetto	12.2	-	1.00	91.8	3
Hyuskens	11	1000	-	42.6	4
Pattee	18.7	2880	-	-	5
Broadhead	12.4	504	-	61.1	7
Faulkner	26.9	-	0.96	32.7	9
Bell	20-31	0.6-0.9		-	11
Holmes	21.4		0.66	-	12
Federman	2.4	1.05		-	13
Vano	-	-	-	87.5	14
Finci	17	-	0.51	-	15
Dash	3.45	1390	0.73	-	16
Cascade	47	2786	-	-	17
Neofotistou	11.5	1100	-	93	18
Padovani	18.5	1430	-	101.9	19
Maccia	15.5	450	-	93.3	20

Pratiche speciali: necessità della dosimetria della cute in radiologia interventistica

- Nelle pratiche complesse o ripetute si possono superare le soglie per gli effetti deterministici della radiazione sulla cute

Possibili effetti deterministici in fluoroscopia (lunghi tempi di fluoroscopia)	**Dose soglia (Gy)**	Ore di fluoroscopia a 0.2 Gy/min	Latenza
Eritema temporaneo	**2**	1,7	Ore
Eritema acuto	**6**	5	10 giorni
Epilazione permanente	**7**	5.8	3 settimane
……			
Necrosi	**15-20**	10	12-24 mesi

ICRP Report 85 (2001): Avoidance of Radiation Injuries from Interventional Procedures

Photograph of the patient's back 21 months after a coronary angiography and two angioplasty procedures within three days; the assessed cumulative dose was 15 - 20 Gy (Photograph courtesy of F. Mettler).

Dosimetria del paziente in RI

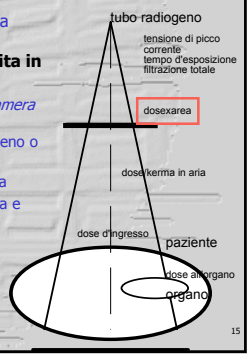
1. Dosimetria per la garanzia di qualità
   - Prodotto kerma-area KAP, P_{KA} (dose-area, DAP)
   - Altri parametri: tempo di fluoroscopia, n. di immagini, ecc
2. Dosimetria per la prevenzione dei danni deterministici (alla cute)
   - Dose massima locale alla cute (MESD, $D_{skin,local}$)
   - Kerma cumulativo al Punto di riferimento interventistico (Intervnetional reference point – IRP)
3. Dosimetria per la valutazione del rischio stocastico da radiazioni
   - Dose equivalente agli organi e tessuti
   - Dose efficace

1. Dosimetria per la garanzia di qualità

- Grandezze dosimetriche:
  - Prodotto kerma-area (KAP) (P_{KA}) o DAP
    - KAP totale, KAP fluoro, KAP cine,
- Altre grandezze importanti caratterizzanti la procedura:
  - Tempo di fluoroscopia
  - Numero totale di immagini acquisite, numero di serie, numero medio di immagini per serie
  - Caratteristiche dell'apparecchiatura fluoroscopica, per ogni modalità di acquisizione:
    - Intensità di kerma all'ingresso del rivelatore d'immagine
    - Kerma d'ingresso al pazienteSurface air kerma rate at the entrance of the patient

Grandezze facilmente misurabili 'Radiologia convenzionale'

- La grandezza dosimetrica adottata nelle procedure complesse e' il **Prodotto kerma (dose assorbita in aria) per Area - KAP (DAP)**
  - facilmente misurabile con una *camera a trasmissione* fissata permanentemente al tubo radiogeno o calcolato dal sistema radiologico
  - caratteristica dell'intera procedura
  - proporzionale all'energia assorbita e alla dose efficace
  - unità di misura: Gy . cm^2



Valutazione del KAP

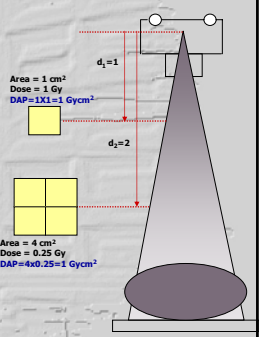
- KAP:
  - misurato (camera di ionizzazione)
  - calcolato
- Calibration:
  - Con una camera di ionizzazione (calibrata) esposta in aria (senza retrodiffusione)
  - Con il lettino e il materasso nel fascio
  - **Attenzione: influenza sul fattore di calibrazione dei filtri spettrali o semitrasparenti**

Prodotto kerma - area

- Invarianza del KAP = K x Area
  - L'area aumenta con il quadrato della distanza dal fuoco
  - La dose (kerma) in aria diminuisce con il quadrato della distanza

→ Il valore del KAP non varia al variare della distanza di misura dal fuoco

Il DAP è solitamente misurato al livello dei diaframmi del tubo radiogeno



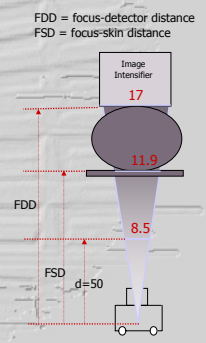
Esempio 1: KAP

Patient thickness 24 cm, FOV=17 cm, FDD=100 cm pulsed fluoro LOW → 95 kV, 47 mA, 15 pulse/s

→ Dose in 1 min @ FSD=70 cm: 18 mGy
→ Area @ 70 cm: 11.9*11.9=141.6 cm^2
DAP= 18 * 141.6 = 2549 $mGycm^2$ = **2.55 $Gycm^2$**

→ Area @ 70 cm: 15*15=225 cm^2
DAP= 18 * 225 = 4050 $mGycm^2$ = **4.50 $Gycm^2$ (+76%)**

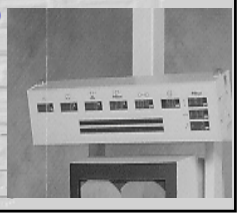
→ If you increase the beam area, DAP will increase proportionately



Prodotto kerma – area (KAP)

Monitoraggio della dose al paziente

- KAP visualizzato in tempo reale:
  - durante la fluoroscopia: **l'intensità di KAP (Gycm²/s)**
  - nelle pause delle acqisizioni e alla fine della procedura viene visualizzato il **KAP totale cumulato (Gycm²)**



Per l'ottimizzazione dell'esposizione: Livelli diagnostici di riferimento

(Gran Bretagna)

Procedura	DAP di riferimento (Gy.cm²)
Paziente adulto:	
Rachide lombare	15
Clisma opaco	60
Tubo digerente	25
Urografia venosa	40
Pelvi	5

Livelli di riferimento per la RI

3° livello
"Rischio per il paziente"
Livello 2 + KAP + MESD

2° livello
"Protocollo clinico"
Livello 1 + N. immagini + tempo di fluoroscopia

1° livello
"Performance dell'apparecchiatura"
***Dose rate* e dose/immagine**

RL: dose e tempo di fluoroscopia

Table 24 Recommended national reference doses for complete examinations on adult patients – 2000 review

Examination	DAP per exam (Gy cm²)	No. of Rooms	Fluoroscopy time per exam (mins)	No. of Rooms
Biliary drainage/intervention	54	41	17	41
Femoral angiogram	33	65	5.0	64
Hickman line	4	25	2.2	24
Hysterosalpingogram	4	49	1.0	47
T-tube cholangiogram	10	49	2.0	49
Venogram (leg)	5	56	2.3	55
Coronary angiogram	36	17	5.6	15
Oesophageal dilation	16	17	5.5	15
Pacemaker	27	17	10.7	16

Livelli di riferimento per la cardiologia interventistica (emodinamica)

Procedures:	CA	PTCA
KAP (Gycm²)	57	94
Fluoroscopy time (min)	6	16
No. of frames	1270	1355

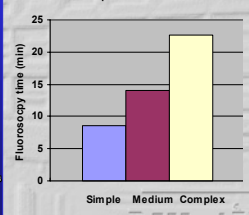
DIMOND EU project. E.Neofotistou, E.Vano, R.Padovani & others, Preliminary reference levels in interventional cardiology, J.Eur.Radiol, 2003

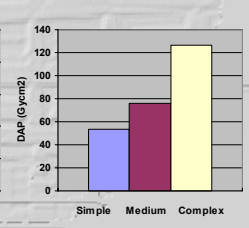
Livelli di riferimento in funzione della complessità della procedure di PTCA

Sample has been divided in 3 classes of complexity:
Simple: $CI_{tot} \leq 0.7$; Medium: $0.7 < C_{tot} < 1.5$; Complex: $CI_{tot} \geq 1.5$

The corresponding mean DAP were 41.7, 60.7 and 94.3 Gycm² and mean fluoroscopy time were 8.6, 14 and 22.7 min for the three groups.

The 3rd quartile:





Dosimetria del paziente:
- per il QA

Valutazioni per la radiologia interventistica

ISE Trento 19-20 dicembre 2002

mean fluoroscopy time, frame number and dose-area product (DAP) in some European centers during coronary angiography

+ 288%

Country	DAP (Gy/cm²)		FT (min)		No. of frames	
	median	mean	median	mean	median	mean
Greece	38.6	46.7	5.5	7.1	1620	960
Spain	27.8	39.4	6.4	9.4	903	1596
Italy	28.2	33.5	3.0	4.2	570	610
England	28.2	33.5	3.0	4.2	570	610
Ireland	33.3	37.5	3.2	4.4	580	585
Finland	39.6	52.7	4.1	4.8	417	803

+ 41%

+ 113%

Neofotistou, ER 2003

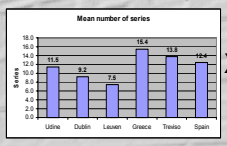
Dosimetria del paziente:
- per il QA

Valutazioni per la radiologia interventistica

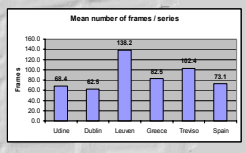
ISE Trento 19-20 dicembre 2002

Nuovi strumenti di analisi:
Analisi del DICOM header

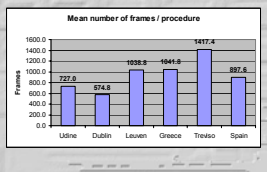
Analisi di 30 CD-ROM con Angiografia coronarica acquisite e salvate in formato in DICOM (DIMOND Cardio group, 2002)

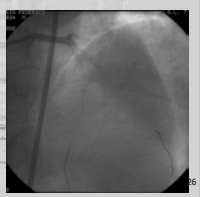


X



=





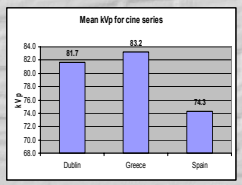
Dosimetria del paziente:
- per il QA

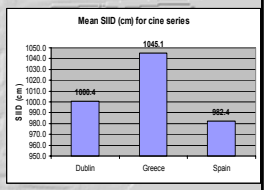
Valutazioni per la radiologia interventistica

ISE Trento 19-20 dicembre 2002

Analisi del DICOM header

Analisi di 30 CD-ROM con Angiografia coronarica acquisite e salvate in formato in DICOM
(DIMOND Cardio group, 2002)





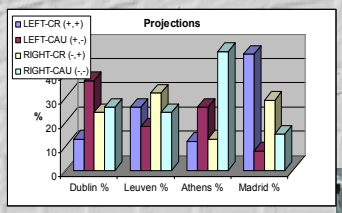
Dosimetria del paziente:
- per il QA

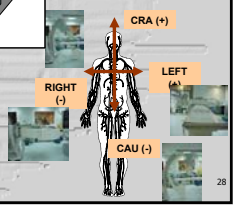
Valutazioni per la radiologia interventistica

ISE Trento 19-20 dicembre 2002

Analisi del DICOM header

Analisi di 30 CD-ROM con Angiografia coronarica acquisite e salvate in formato in DICOM (DIMOND Cardio group, 2002)





Dosimetria del paziente:
- per la prevenzione dei danni cutanei

Valutazioni per la radiologia interventistica

ISE Trento 19-20 dicembre 2002

2. Dosimetria del paziente per la prevenzione dei danni deterministici (alla cute)

- Grandezze dosimetriche:
  1. Dose massima locale alla cute (MESD, $D_{skin,local}$)
  2. Kerma cumulativo al Punto di riferimento interventistico (Intervnetional reference point – IRP)
- Valutate con metodi on/off line:
  - Misura diretta di MESD
    - Rivelatore a stato solido (dose in un punto della cute
    - Kerma cumulativo al Punto di riferimento interventistico (Intervnetional reference point – IRP)
    - Calcolo di MESD e della distribuzione della dose cutanea
  - Metodi indiretti
    - Dal tempo di fluoroscopia e dal n. di immagini acquisite
    - Calcolato dal KAP

Dosimetria del paziente:
- per la prevenzione dei danni cutanei

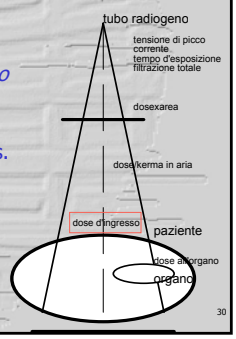
Valutazioni per la radiologia interventistica

ISE Trento 19-20 dicembre 2002

Grandezze dosimetriche facilmente misurabili

- **Dose d'ingresso**:

  la *dose assorbita all'ingresso* (cute) del paziente, inclusa la retrodiffusione (ESD):
  - facilmente misurabile (es. TLD), calcolabile
  - distribuzione di dose con film (convenzionali o radiocromici)



Dosimetria del paziente:
- per la prevenzione dei danni cutanei

Valutazioni per la radiologia interventistica

Misura di dose

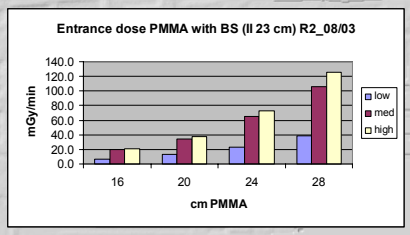
Dose assorbita (kerma in aria) misurata con
- Camera a ionizzazione,
- Rivelatori a semiconduttore (diodi, ..)
- Dosimetri a termoluminescenza (TLD)

Dosimetria del paziente:
- per la prevenzione dei danni cutanei

Valutazioni per la radiologia interventistica

ESD funzione di molti parametri: spessore del paziente e modalità

- Da 16 a 28 cm di spessore → ESD x 5

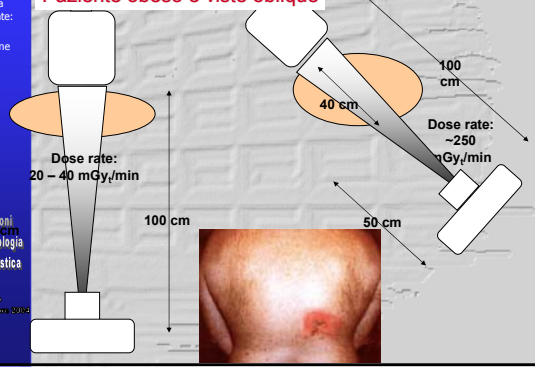


Dosimetria del paziente:
- per la prevenzione dei danni cutanei

Valutazioni per la radiologia interventistica

Esempio di cattiva tecnica radiologica

Paziente obeso e viste oblique



Dosimetria del paziente:
- per la prevenzione dei danni cutanei

Valutazioni per la radiologia interventistica

Esempio di cattiva tecnica radiologica

Posizione delle braccia – importante!

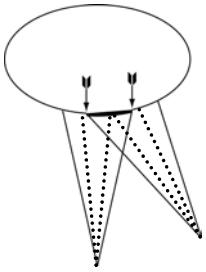
Lezione:
1. **L'intensità di dose aumenta perchè il braccio è nel fascio.**
2. **Il braccio riceve una elevata dose perchè è vicino alla sorgnete di raggi X.**

Dosimetria del paziente:
- per la prevenzione dei danni cutanei

Valutazioni per la radiologia interventistica

Esempio di cattiva tecnica radiologica

- sovrapposizione di fasci (cattiva collimazione)



GRANEL F, BARBAUD A, GILLET-TERVER M N, REICHERT S, WEBER M, DANCHIN N, SCHMUTZ J-L. RADIODERMITES CHRONIQUES APRÈS CATHÉTÉRISME INTERVENTIONNEL CARDIAQUE Quatre observations Ann Dermatol Venereol 1998; 125: 405-7

Courtesy of Steve Balter, Ph.D.

18

Dosimetria del paziente:
- per la prevenzione dei danni cutanei

Valutazioni per la radiologia interventistica

Esempio di cattiva tecnica radiologica

Wagner and Archer. Minimizing Risks from Fluoroscopic X Rays. Partners in Radiation Management, Houston, TX 1998

At 3 wks

At 6.5 months

Surgical flap

Procedura di ablazione cardiaca con il braccio nel fascio e vicino al tubo radiogeno (distanziatore rimosso !!).
Circa 20 minuti di fluoroscopia.

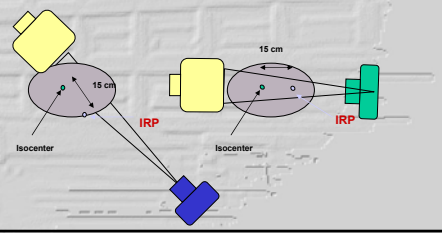
Cause principali di danni cutanei

- ✓ Procedure molto complesse
- ✓ Procedure complesse ripetute
- ✓ Cattiva e non ottimizzata pratica radiologica

Interventional Radiology Point (IRP)

ESAK cumulativo al Punto di Riferimento Intervnetistico (IRP) misurato con una particolare camera di ionizzazione a trasmissione o calcolato dal sistema radiologico e mostrato in sala angiografica

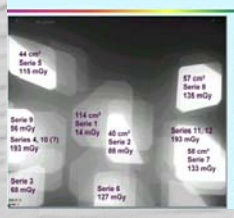
Sovrastima della MESD (?)

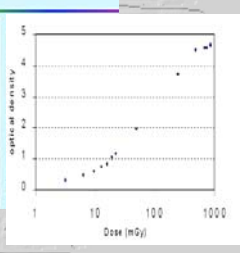


Metodo di misura della MESD mediante rivelatori a film

Pellicole radiografiche a bassa sensibilità

Slow film method (Vano E et al. Patient dosimetry in interventional radiology using slow film systems. Br J Radiol 1997; 70: 195-200)





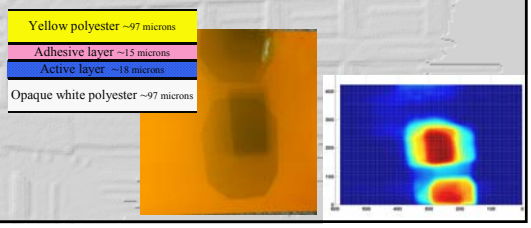
MARTIR training programme (EC pub. no. 199)
www.europa.eu.int/comm/environment/radprot/#news

Metodo di misura della MESD mediante rivelatori a film

Pellicole radiocromiche

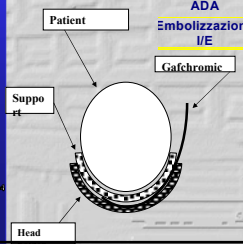
Example: Radiochromic films type Gafchromic XR R 14"x17"

- usefull dose range: 0.1-15 Gy
- minimal photon energy dependence (60 - 120 keV)
- acquisition with a flatbed scanner:b/w image, 12-16 bit/pixel or, measure of OD measurement with a reflection densitometer



Esempio: Valutazione della dose massima cutanea in procedure interventistiche di neuroradiologia (pellicole radiocromiche)

Procedura	DAP Medio ($Gycm^2$)	TF Medio (min)	MSD Range (Gy)	MSD medi (Gy)
Trattamenti Percutanei	4.8 ± 8.1	1.5 ± 0.5	-	-
ATS	41.1 ± 19.6	3 ± 1.1	0.02-0.12	0.06 ± 0.0
ADA	60.6 ± 16.7	5.5 ± 2.5	0.13-0.20	0.16 ± 0.0
Embolizzazione I/E	233.1 ± 84.3	29 ± 13.5	0.20-2.22	0.95 ± 0.7



P.J.Marsden, Y.Washington, J.Diskin

Metodo di valutazione mediante il fattore: MESD/KAP

- Misura delle intensità di dose per i diversi tipi di procedure, proiezioni, fov
  - Possibile uso del fattore *ESD/KAP* per stimare la massima dose cutanea in alternativa a metodi diretti (procedura, operatore dipendente)

Projection	MESAK/KAP ($mGy/Gycm^2$) vs field size		
	23 cm	15 cm	11 cm
PA	4.67	7.63	10.93
RAO 30^0 + 25^0 CAU	4.11	6.64	9.33
RAO 10^0 + 10^0 CAU	4.13	6.37	9.53
Lateral	7.64	12.43	17.39
LAO 45^0	3.56	5.73	7.86
LAO 45^0 + 25^0 CAU	3.55	6.08	8.27
RAO 30^0	3.02	5.00	7.21

Dosimetria del paziente:
- per la prevenzione dei danni cutanei
Valutazioni per la radiologia interventistica
ISE Trieste 9-23 novembre 2014

Esercizio di QA: Retrospective evaluation of skin injuries on patients at Udine cardiac centre

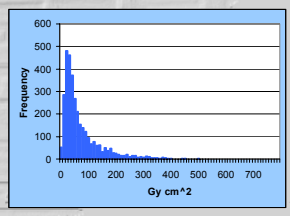
- Patient can be submitted to repeated cardiac procedures in short period of time
- Methodology:
  - Analyse database of patients submitted to diagnostic and therapeutic procedures in a 4 years period
  - Detect patients with highest cumulative KAPs (due to repeated procedures) selecting an appropriate KAP trigger value
  - Evaluate maximum local skin dose
  - Submit selected patients to a clinical evaluation to detect possible skin injuries

Dosimetria del paziente:
- per la prevenzione dei danni cutanei
Valutazioni per la radiologia interventistica
ISE Trieste 9-23 novembre 2014

Frequencies of repeated procedures and cumulative dose

No. of procedures per patient	1	2	3	4	5	6	7	>7
No. of patients	1967	940	194	138	41	29	14	9

No. of patients	3332
Mean KAP	78.6 Gycm²
Median KAP	50.6 Gycm²
No. of patients with KAP>300Gycm²	87 (2.6%)

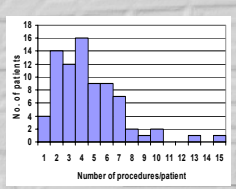


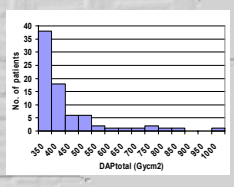
Dosimetria del paziente:
- per la prevenzione dei danni cutanei
Valutazioni per la radiologia interventistica
ISE Trieste 9-23 novembre 2014

Sample of patients extracted for the follow-up study

- 79 patient with a cumulative KAP>300 Gycm² extracted from the database

Distribution of number of procedures performed and cumulative KAP



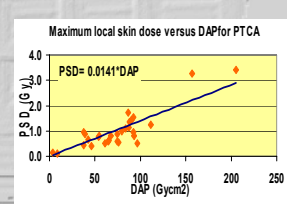


Dosimetria del paziente:
- per la prevenzione dei danni cutanei
Valutazioni per la radiologia interventistica
ISE Trieste 9-23 novembre 2014

Maximum local skin dose (MESAK) assessment

- Correlation between KAP and MESAK has been evaluated: operator and installation dependent
- Skin dose distributions measured on a sample of patients with radiochromic films

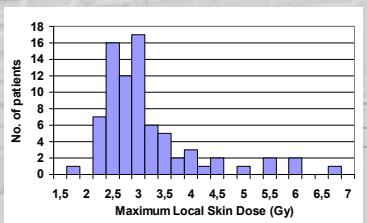
→ MESAK= 0.0141*KAP



Dosimetria del paziente:
- per la prevenzione dei danni cutanei
Valutazioni per la radiologia interventistica
ISE Trieste 9-23 novembre 2014

Sample of patients extracted for the follow-up study

- Maximum local skin dose evaluated for the 79 patients (evaluated from MEAD/KAP factor)



Dosimetria del paziente:
- per la prevenzione dei danni cutanei
Valutazioni per la radiologia interventistica
ISE Trieste 9-23 novembre 2014

Follow-up results

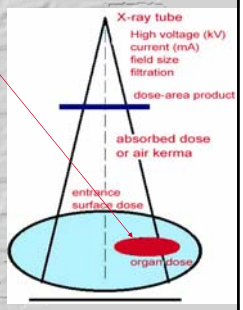
- 56 patients received medical examination with particular focus on the more exposed skin area.
- **None of patients presented skin lesions**
- **The result assures cardiologists and medical physicists that, if proper quality assurance and radiation protection programme is established, the frequency of skin injuries can be very low also when repeated procedures are taken into account**

3. Grandezze dosimetriche per la valutazione del rischio stocastico

Dose equivalente media in un organo o tessuto

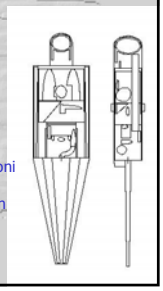
La dose equivalente media in un organo o tessuto H_T è l'energia depositata nell'organo divisa per la massa dello stesso e moltiplicata per un fattore di peso per il tipo di radiazione.

$$H = D.w_r$$



Calcolo delle dosi equivalenti medie agli organi

- Sono a disposizione diversi codici di calcolo:
  - Simulazioni Monte Carlo su fantocci matematici di adulti e bambini di diverse taglie
  - Simulazioni Monte Carlo su fantocci antropomorfi (da immagini TC) di bambini e adulti
  - Si possono eseguire misure puntuali con dosimetri a TL in fantocci dosimetrici
- Codici disponibili:
  - NRPB (GB), GSF(G) or STUK(FI) simulazioni Monte Carlo
  - Tavole di coefficienti di conversione da ESD, DAP, DLP per selezionate proiezioni e irradiazioni
  - FDA 'Handbook of Selected Doses for Fluoroscopic and Cineangiographic Examination of the Coronary Arteries (HHS Publication FDA 95-8289: Monte Carlo simulations for typical cardiac projections



Grandezze dosimetriche per la valutazione del rischio stocastico

- La dose equivalente agli organi e la dose efficace sono grandezze dosimetriche direttamente correlate al rischio stocastico da radiazioni ionizzanti
- **Dose equivalente**

  w_r fattore di peso per la radiazione (X, gamma, elettroni = 1) → per raggi X: H=D
  unità di misura: sievert (Sv)

  $$H = D.w_r$$

- **Dose efficace**

  $$E = \sum_{t=1}^{13} H_t.w_t$$

  H_t la dose equivalente media all'organo *t*
  w_t il fattore di peso per l'organo *t* (da 0.05 a 0.20)

Fattori di peso per il tessuto/organo

- To reflect the detriment from stochastic effects due to the equivalent doses in the different organs and tissues of the body, the equivalent dose is multiplied by a **tissue weighting factor, w_T,**

ORGAN / TISSUE	W_T	ORGAN / TISSUE	W_T
Bone marrow	0.12	Lung	0.12
Bladder	0.05	Oesophagus	0.05
Bone surface	0.01	Skin	0.01
Breast	0.05	Stomach	0.12
Colon	0.12	Thyroid	0.05
Gonads	0.20	Remainder	0.05
Liver	0.05		

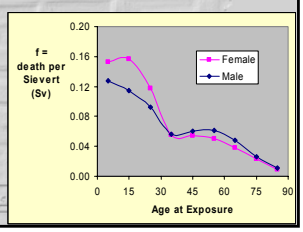
Grandezze dosimetriche per la valutazione del rischio stocastico

Rischio stocastico

Il rischio stocastico (probabilità di morte da neoplasia da irradiazione) morte da è calcolato moltiplicando la dose efficace E per il fattore di rischio specifico per sesso ed età della persona esposta

Rischio stocastico
= E(Sv) * f

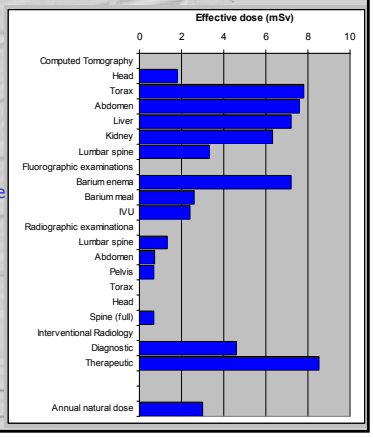
Esempio:
a) Età 50 a; M; E= 10 mSv
Rischio stocastico= 0.01*0.05
=0.0005 (0.5 ‰)
b) Età 5 a; M; E= 10 mSv
Rischio stocastico= 0.01*0.13
=0.0013 (1.3 ‰)



Esempio 1

Dose efficace da diverse fonti di irradiazione:

- Diverse procedure diagnostiche e interventistiche
- Fondo naturale di radiazione (E annuale)



Dosimetria del paziente:

- per la valutazione del rischio stocastico

Valutazioni per la radiologia interventistica

La dose efficace al paziente:

espressa come n. di rx torace equivalenti

(indagine FVG, 2000)

Procedura di radiodiagnostica	N. Rx torace equivalenti
Radiologia interventistica periferica	430
TC Addome	300
Radiologia interventistica cardiologica	280
Angiografia periferica	240
TC Pelvi	200
TC Torace	180
Angiografia coronarica	170
Tratto gastro-intestinale inferiore	120
Angiografia neurologica	80
Radiologia interventistica neurologica	80
Urografia	80
Tratto gastro-intestinale superiore	70
TC Testa	40
Rachide lombare	10
Pelvi	10
Addome	10
Mammografia	10
Rachide lombo-sacrale	
Cranio	
Torace	

Conclusione

- L'elenco seguente ricorda i molteplici fattori che influenzano la dose al paziente nelle procedure guidate fluoroscopicamente.
- L'operatore, nel cimentarsi in attività di dosimetria al fine dell'ottimizzazione delle esposizioni, deve conoscere ed analizzare queste dipendenze e ciò richiede un'attività interdisciplinare tra medici, tecnici di radiologia e fisici sanitari.

Valutazioni per la radiologia interventistica

- Fattori tecnici
  - qualità dell'immagine, ingrandimento elettorni
  - in grandimento geometrico
  - performance dell'apparecchiatura
  - disponibilità di dispositivi di riduzione della dose
  - taglia del paziente
- Fattori dipendenti dalla procedura
  - qualità d'immagine, frequenza di acquisizione
  - proiezioni
  - numero di serie e numero totale di immagini acquisite
  - tempo di fluoroscopia
  - conoscenze ed esperienza dell'operatore