



OSPEDALE SAN RAFFAELE

Radioprotezione in gravidanza

Dott.ssa Paola Rosaschino
Dott. Francesco Prato

Radioprotezione in gravidanza

Lo scopo della **radioprotezione** è proteggere dalle radiazioni ionizzanti l'uomo e l'ambiente

La suscettibilità di una cellula alla radiazione è legata alla **legge di Bergonie e Tribondeau**, che afferma che la probabilità di danno è direttamente proporzionale alla attività produttiva e inversamente proporzionale al grado di differenziazione.

La **gravidanza** e lo **sviluppo fetale** rappresentano una delle fasi a maggiore riproduzione cellulare, con un rischio potenzialmente elevato di suscettibilità al danno da radiazione.

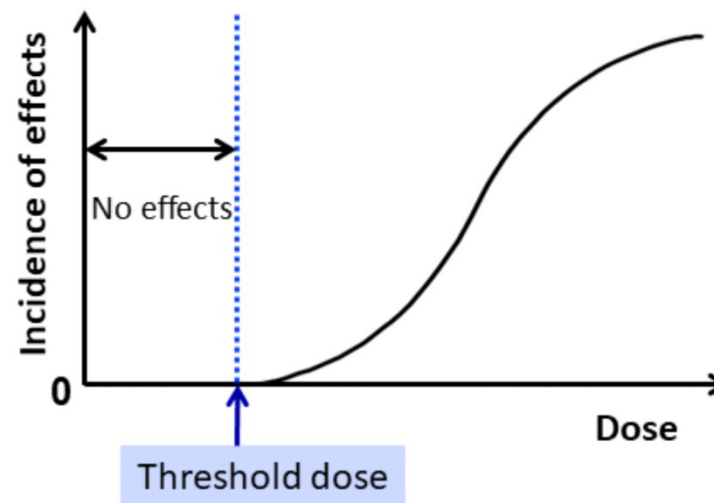
MA IN CHE MISURA?

Radioprotezione in gravidanza

Lo scopo della **radioprotezione** è proteggere dalle radiazioni ionizzanti l'uomo e l'ambiente

Danni da radiazioni

- **Deterministici** (e.g. pancitopenia, sterilità, disturbi GI...):
 - Precoci
 - La dose assorbita determina sia la gravità che la frequenza dell'effetto
 - Si manifestano con certezza quando il tessuto/organo riceve una dose superiore ad una determinata **soglia** (> 100 mGy).
 - Dose soglia dipendente da:
 - ✓ Tipo e qualità della radiazione
 - ✓ Tessuto o organo irradiato
 - ✓ Variabilità individuale
 - In una certa misura reversibili



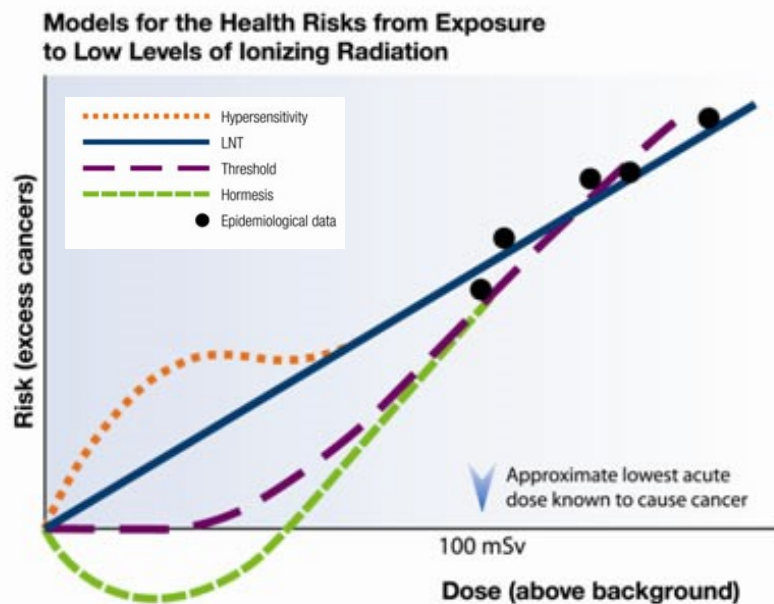
Radioprotezione in gravidanza

Lo scopo della **radioprotezione** è proteggere dalle radiazioni ionizzanti l'uomo e l'ambiente

Danni da radiazioni

■ Stocastici (e.g. tumori):

- Latenza **lunga o molto lunga**
- Relazione dose-effetto lineare
- **Non** esiste un **valore di soglia** sotto al quale l'effetto sicuramente non si manifesta, ma solo studi che non indagano sotto i 100 mSv
- Per valori prossimi alle soglie per gli effetti deterministici la probabilità di effetti stocastici aumenta più lentamente con la dose e successivamente comincia a decrescere per l'effetto competitivo dei danni deterministici.
- Assenza di reversibilità
- Danno **aspecifico**: i tumori radioindotti NON sono distinguibili da quelli prodotti da altri agenti patogeni.
- Se il danno è arrecato ad una cellula germinale, si avranno effetti stocastici nei discendenti (effetti **ereditari**)



La probabilità di effetti stocastici in funzione della dose per la popolazione **adulta** è espressa dal valore :

$$4.2 - 5 * 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$$

Radioprotezione in gravidanza

Lo scopo della **radioprotezione** è proteggere dalle radiazioni ionizzanti l'uomo e l'ambiente

Principio di giustificazione

nessuna attività umana deve essere accolta a meno che la sua introduzione produca un beneficio netto e dimostrabile;

Principio ALARA

ogni esposizione alle radiazioni deve essere tenuta tanto bassa quanto è ragionevolmente ottenibile, facendo luogo a considerazioni economiche e sociali, (ALARA: "as low as reasonably achievable");

Principio dei limiti di dose

l'equivalente di dose ai singoli individui non deve superare i limiti raccomandati.

Grandezza	Limiti per i lavoratori esposti Cat. A (mSv/anno)	Limiti per i lavoratori esposti Cat. B (mSv/anno)	Limiti per la popolazione (mSv/anno)
Dose efficace	20	6	1
Cristallino	20	15	15
Pelle	500	150	50
Mani e piedi	500	150	50

Decreto legislativo del 31/07/2020 n. 101.

Radioprotezione in gravidanza

Lo scopo della **radioprotezione** è proteggere dalle radiazioni ionizzanti l'uomo e l'ambiente

Principio di giustificazione

nessuna attività umana deve essere intrapresa a meno che la sua introduzione sia giustificata dal beneficio netto e dimostrato.

Principio ALARA

ogni esposizione alle radiazioni ionizzanti deve essere tenuta tanto bassa quanto ragionevolmente ottenibile, tenendo conto delle considerazioni economiche e sociali, (ALARA: "as low as reasonably achievable");

Principio dei limiti di dose

l'equivalente di dose ai singoli individui non deve superare i limiti raccomandati.

Grandezza	Limiti per i lavoratori esposti Cat.	Limiti per i lavoratori esposti Cat. B (mSv/anno)	Limiti per la popolazione /mSv/anno)
		6	1
		15	15
		150	50
Mani e piedi		150	50

DONNE IN GRAVIDANZA?

Decreto legislativo del 31/07/2020 n. 101.

Radioprotezione in gravidanza

1 Negli ultimi 10 anni, l'uso di esami radiologici nelle donne gravide e in allattamento è incrementato del **107%**¹.

2 Le linee guida, talvolta **contraddittorie**, possono portare a una percezione alterata del rischio di esposizione alle radiazioni nelle donne gravide^{2,3}

3 Alcuni studi hanno dimostrato che il 6% dei medici di famiglia intervistati avrebbero consigliato un **aborto** in seguito ad esposizione a **TC addome** durante le fasi iniziali in gravidanza³

FACCIAMO CHIAREZZA!

¹Lazarus E, Debenedectis C, North D, Spencer PK, Mayo-Smith WW. Utilization of imaging in pregnant patients: 10-year review of 5270 examinations in 3285 patients—1997–2006. *Radiology* 2009;251(2): 517–524.

²Brent RL. Saving lives and changing family histories: appropriate counseling of pregnant women and men and women of reproductive age, concerning the risk of diagnostic radiation exposures during and before pregnancy. *Am J Obstet Gynecol* 2009;200 (1):4–24.

³Ratnapalan S, Bona N, Chandra K, Koren G. Physicians' perceptions of teratogenic risk associated with radiography and CT during early pregnancy. *AJR Am J Roentgenol* 2004;182(5):1107–1109.

Radioprotezione in gravidanza

« Abortion should **not** be recommended solely on the basis of exposure to **diagnostic radiation** »



The American College of Obstetricians and Gynecologists
WOMEN'S HEALTH CARE PHYSICIANS

Table 2
Probability of Birth with No Malformation and No Childhood Cancer

Dose to Conceptus (mGy)	No Malformation (%)	No Childhood Cancer (%)	No Malformation and No Childhood Cancer (%)
0	96.00	99.93	95.93
0.5	95.999	99.926	95.928
1.0	95.998	99.921	95.922
2.5	95.995	99.908	95.91
5.0	95.99	99.89	95.88
10.0	95.98	99.84	95.83
50.0	95.90	99.51	95.43
100.0	95.80	99.07	94.91

Note.—Adapted, with permission, from reference 10.

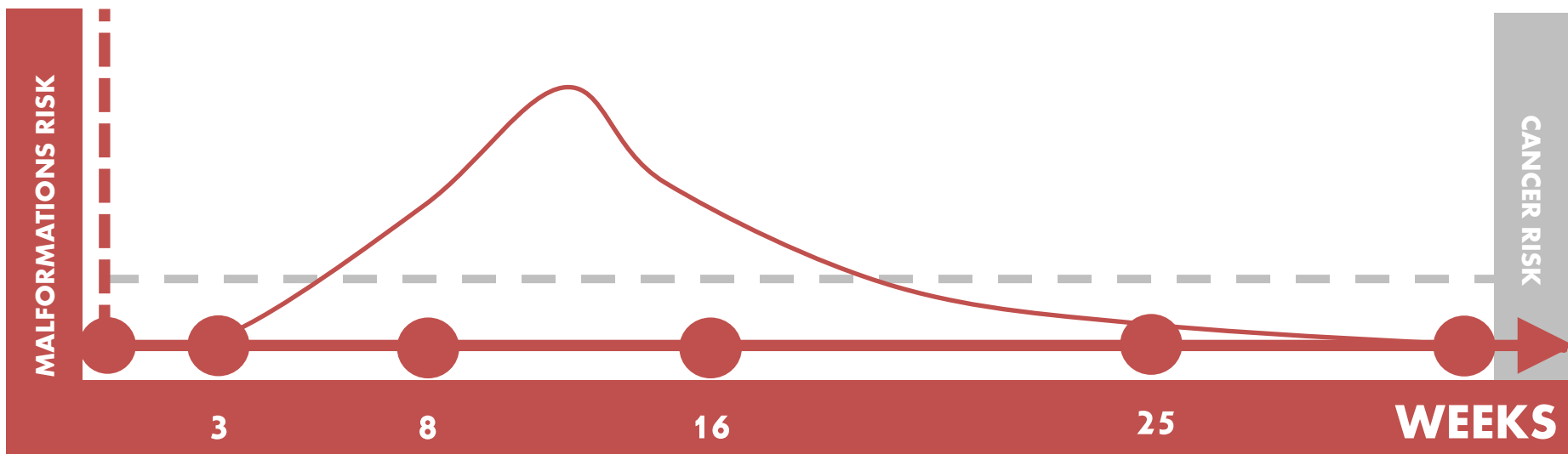
Radioprotezione in gravidanza

- Effetti **deterministici**:

- Il rischio da radiazioni per quanto riguarda gli effetti **deterministici** è più significativo durante l'organogenesi ed il primo periodo della gravidanza.
- *E.g.* Morte intrauterina, teratogenesi, ritardo mentale...

- Effetto **stocastici**:

- il rischio di effetti **stocastici** rimane invariato durante tutto il periodo della gestazione
- *E.g.* *Tumori infantili*



Radioprotezione in gravidanza



Effetti DETERMINISTICI

Il rischio di danni deterministici da radiazione è legato al **periodo di gestazione**⁸:

- Entro le **prime 3 settimane** dal concepimento (fase di preimpianto), data l'elevata incidenza naturale degli aborti in questo periodo e la bassa probabilità di avere effetti collaterali sul nascituro, il rischio è minimo, con effetto **tutto-nulla**
- Durante la fase di **organogenesi**, indicativamente tra la **3° – 25° settimana**, il rischio di teratogenesi è **massimo**, con un picco intorno alla 8-16° settimana; quest'ultimo è il periodo più critico per le malformazioni legate al **SNC** che consistono in *microcefalia* e *ritardo mentale*.
- Successivamente il rischio di malformazioni diventa **trascurabile**



Radioprotezione in gravidanza



Effetti DETERMINISTICI

- Morte prenatale
- Ritardo di crescita
- Teratogenesi
- Ritardo mentale
- Riduzione del QI

Table 1

Fetal Effects from Low-Level Radiation Exposure

Effect	Most Sensitive Period after Conception (d)	Threshold Dose at Which an Effect Was Observed (mGy)		Absolute Incidence*	Comments
		Animal Studies	Human Studies		
Prenatal death	0–8		ND	ND	If the conceptus survives, it is thought to develop fully, with no radiation damage.
Preimplantation Postimplantation Growth retardation	8–56	50–100 250 10	200	ND	Atomic bomb survivors who received >200 mGy were 2–3 cm shorter and 3 kg lighter than controls and had a head circumference 1 cm smaller.
Organ malformation [†] Small head size	14–56 14–105	250 100	250 No threshold observed	ND 0.05%–0.10%	None About 25% of children with small head size were mentally retarded.
Severe mental retardation	56–105	ND	100	0.04% [‡]	No increase in absolute incidence was observed for exposure in the first 7 weeks or after the 25th week.
Reduction of IQ	56–105	ND	100	ND	Effects from a dose of 100 mGy or less were statistically unrecognizable. At 100 mGy or more, the IQ reduction was 0.025 points per milligray.

Source.—Reference 1.

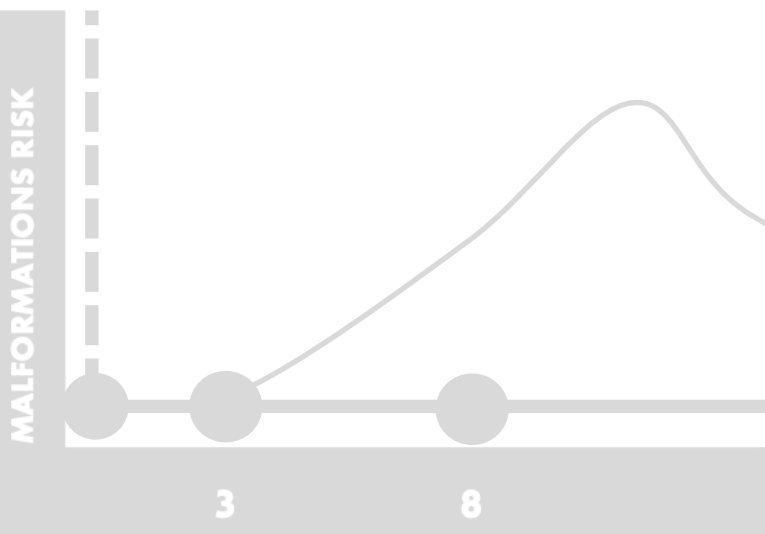
Note.—IQ = intelligence quotient, ND = no data.

*Absolute incidence is defined as the percentage of exposed fetuses in which an effect is expected to be observed with a dose of 1 mGy.

[†]Organ malformation is defined as malformation of an organ outside the central nervous system. Data regarding the most sensitive period after conception are from animal studies.

[‡]An absolute incidence of 0.02% also was observed after radiation exposure of more than 500 mGy at 112–175 days after conception.

[§]The baseline risk for unexposed fetuses is 1 in 1500 or 0.067%. An absolute incidence of 0.0043% per milligray was observed for fetuses with radiation exposure in the second and third trimesters.



Radioprotezione in gravidanza



Effetti DETERMINISTICI

Table 2. Effects of Gestational Age and Radiation Dose on Radiation-Induced Teratogenesis ↵

Gestational Period	Effects	Estimated Threshold Dose*
Before implantation (0–2 weeks after fertilization)	Death of embryo or no consequence (all or none)	50–100 mGy
Organogenesis (2–8 weeks after fertilization)	Congenital anomalies (skeleton, eyes, genitals)	200 mGy
	Growth restriction	200–250 mGy
Fetal period	Effects	Estimated Threshold Dose*
8–15 weeks	Severe intellectual disability (high risk) [†]	60–310 mGy
	Intellectual deficit	25 IQ-point loss per 1,000 mGy
	Microcephaly	200 mGy
16–25 weeks	Severe intellectual disability (low risk)	250–280 mGy*

*Data based on results of animal studies, epidemiologic studies of survivors of the atomic bombings in Japan, and studies of groups exposed to radiation for medical reasons (eg, radiation therapy for carcinoma of the uterus).

[†]Because this is a period of rapid neuronal development and migration.

Modified from Patel SJ, Reede DL, Katz DS, Subramaniam R, Amorosa JK. Imaging the pregnant patient for nonobstetric conditions: algorithms and radiation dose considerations. *Radiographics* 2007;27:1705–22.

“No deterministic effect of practical significance is expected to occur below a dose of 100 mGy.”



The American College of Obstetricians and Gynecologists
WOMEN'S HEALTH CARE PHYSICIANS

L'IRCP 103/2007 conferma che dosi assorbite dal feto < 100 mGy non dovrebbero essere considerate una ragione per interrompere la gravidanza.

Dosi > 50 mGy sembrano indurre una lieve diminuzione delle dimensioni del cranio.

Per dosi maggiori la paziente deve ricevere un'adeguata informazione al fine di potere prendere decisioni consapevoli basate sulle circostanze specifiche, inclusa la stima della dose al feto ed i conseguenti rischi di danno sia deterministico che stocastico durante la vita.

Radioprotezione in gravidanza

Effetti STOCASTICI

- Il coefficiente di rischio per gli effetti stocastici è circa $20 * 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ per ogni mSv assorbito dal feto (es. con 20 mSv, il rischio è del 0.4%).
- Sembrerebbe che il rischio sia particolarmente alta tra 8°-16° settimana, dove il rischio naturale di indecenza sia raddoppiato. Gli effetti stocastici si manifestano nei primi 10 anni del bambino.

Table 1
Fetal Effects from Low-Level Radiation Exposure

Effect	Most Sensitive Period after Conception (d)	Threshold Dose at Which an Effect Was Observed (mGy)		Absolute Incidence*	Comments
		Animal Studies	Human Studies		
Childhood cancer	0-77 (first trimester)	No threshold observed	No threshold observed	0.017% [§]	Leukemia is the most common type of childhood cancer.

Source.—Reference 1.

Note.—IQ = intelligence quotient, ND = no data.

*Absolute incidence is defined as the percentage of exposed fetuses in which an effect is expected to be observed with a dose of 1 mGy.

†Organ malformation is defined as malformation of an organ outside the central nervous system. Data regarding the most sensitive period after conception are from animal studies.

‡An absolute incidence of 0.02% also was observed after radiation exposure of more than 500 mGy at 112–175 days after conception.

§The baseline risk for unexposed fetuses is 1 in 1500 or 0.067%. An absolute incidence of 0.0043% per milligray was observed for fetuses with radiation exposure in the second and third trimesters.

**NO
ABSOLUTE
DOSE
THERSHOLD**

“Fetal radiation doses **up to 1 mGy**... are considered **acceptable**, with an additional risk of carcinogenesis of less than one in 10,000. With larger doses (eg, a fetal dose of 20–50 mGy ...), the risk of carcinogenesis increases approximately by a factor of 2, although it remains low in absolute terms (less than one in 250)”



Radioprotezione in gravidanza

DOSI DELL'IMAGING DIAGNOSTICO

Table 1
Fetal Radiation Doses Associated with Common Radiologic Examinations

Type of Examination	Fetal Dose* (mGy)
Very low-dose examinations (<0.1 mGy)	
Cervical spine radiography (anteroposterior and lateral views)	<0.001
Radiography of any extremity	<0.001
Mammography (two views)	0.001–0.01
Chest radiography (two views)	0.0005–0.01
Low- to moderate-dose examinations (0.1–10 mGy)	
Radiography	
Abdominal radiography	0.1–3.0
Lumbar spine radiography	1.0–10
Intravenous pyelography	5–10
Double-contrast barium enema	1.0–20
CT	
Head or neck CT	1.0–10
Chest CT or CT pulmonary angiography	0.01–0.66
Limited CT pelvimetry (single axial section through the femoral heads)	<1
Nuclear medicine	
Low-dose perfusion scintigraphy	0.1–0.5
Technetium-99m bone scintigraphy	4–5
Pulmonary digital subtraction angiography	0.5
Higher-dose examinations (10–50 mGy)	
Abdominal CT	1.3–35
Pelvic CT	10–50
¹⁸ F PET/CT whole-body scintigraphy	10–50

Note.—Annual average background radiation = 1.1–2.5 mGy, ¹⁸F = 2-[fluorine-18]fluoro-2-deoxy-D-glucose, PET = positron emission tomography.

*Fetal exposure varies with gestational age, maternal body habitus, and exact acquisition parameters (2,5,6,10–12).

Ad esempio!

Nel caso una donna gravida con sospetta **embolia polmonare**, condizione clinica comune in questa categoria di pazienti, debba essere sottoposta a RX, scintigrafia polmonare, TC torace con mezzo di contrasto e angiografia polmonare, il feto sarebbe esposto a **1.5 mGy** di radiazioni, con un rischio di:

- 0% effetti deterministici
- 0,02% effetti stocastici

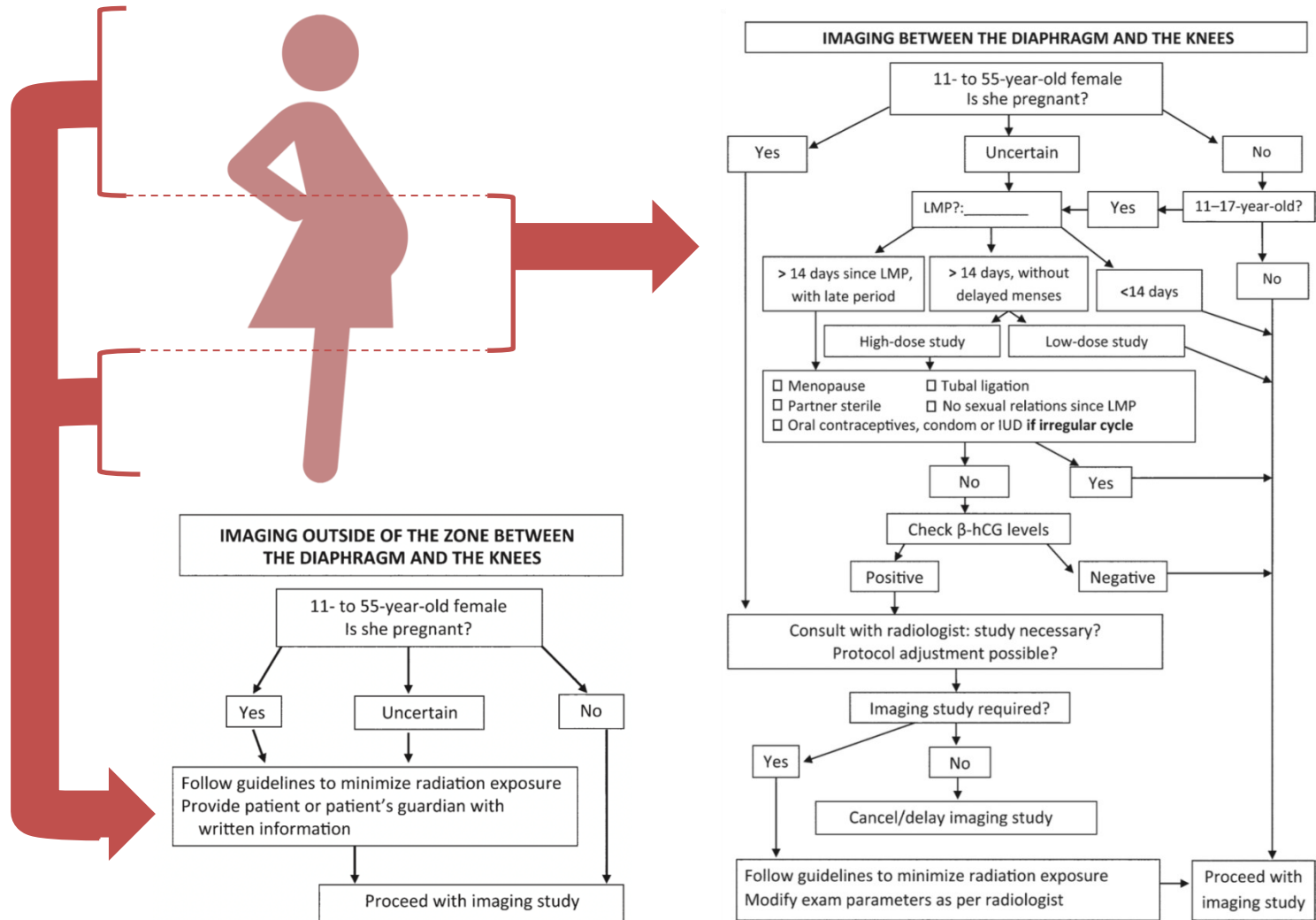
RADIOTERAPIA

L'osservazione clinica ha permesso di osservare che l'esposizione durante la 8-16^a settimana potrebbe portare a:

- > 100 mGy: riduzione del QI
- > 1000 mGy: grave ritardo mentale e microcefalia

Radioprotezione in gravidanza

FLOWCHART



Radioprotezione in gravidanza

Art 166

- Il medico prescrivente e, al momento dell'indagine diagnostica o del trattamento, il medico specialista, devono effettuare **un'anamnesi** per indagare un eventuale stato di gravidanza della paziente, e si informano, nel caso di somministrazione di radiofarmaci, se la donna interessata allatta al seno.
- Per le pratiche che, su indicazione dello specialista in fisica medica, espongono l'utero a **dosi potenzialmente superiori a 1mSv**, nei casi in cui la gravidanza non possa essere esclusa o nei casi in cui sia accertata, il medico specialista fornisce allo specialista in fisica medica medesimo le informazioni necessarie alla valutazione della dose che deriverà al nascituro a seguito della prestazione diagnostica o terapeutica. Il medico specialista porrà quindi particolare attenzione alla giustificazione, alla necessità o all'urgenza, considerando la possibilità di procrastinare l'indagine o il trattamento. Nel caso in cui l'indagine diagnostica o la terapia non possano essere procrastinate, il medico specialista informa la donna o un suo rappresentante dei rischi derivanti al nascituro. Nel caso in cui si debba procedere comunque all'esposizione, il medico specialista e il tecnico sanitario di radiologia medica, nell'ambito delle rispettive competenze, devono porre particolare attenzione al processo di ottimizzazione riguardante sia la madre che il nascituro.
- Nel caso in cui una paziente in stato di gravidanza riferisca **successivamente allo svolgimento della pratica radiologica** la probabile sussistenza di tale stato al momento della stessa, il medico specialista fornisce le informazioni del caso sui rischi per il nascituro, previa valutazione da parte dello specialista in fisica medica della dose assorbita dal nascituro medesimo.
- Nei casi di somministrazione di radiofarmaci a donne che allattano al seno, particolare attenzione è rivolta alla **giustificazione della procedura**, tenendo conto della necessità o dell'urgenza, e al processo di ottimizzazione, che deve riguardare sia la madre che il figlio; le prescrizioni del medico specialista, in questi casi, possono comportare anche la sospensione temporanea o definitiva dell'allattamento.
- Fermo restando quanto disposto ai commi 1, 2 e 4, il responsabile dell'impianto radiologico deve assicurare che vengano esposti **avvisi atti a segnalare il potenziale pericolo per il nascituro**, o per il lattante nel caso di somministrazione di radiofarmaci; tali avvisi non sostituiscono l'informazione di cui al comma 2, e devono esplicitamente invitare la paziente a comunicare al medico specialista, o al tecnico sanitario di radiologia medica, lo stato di gravidanza certa, presunta o potenziale, o l'eventuale situazione di allattamento.



Radioprotezione in gravidanza

L'imaging radiologico può talvolta essere **necessario** per la salvaguardia della salute della donna e del nascituro!

1

APPENDICITIS

- Donna di 26 anni
- 30° settimana
- Febbre e dolore addominale inferiore
- Leucofilia
- Ecografia: piccola raccolta fluida in fossa iliaca destra associata a rigidità della parete addominale
- **DD**: appendicite, IBD, colite infettiva, ascesso

RACCOMANDAZIONI:

- Valutare sempre con la paziente il rapporto rischio-beneficio
- Preferire **RM** se disponibile in tempi rapidi,
- In caso di TC addome, la dose a cui andrebbe incontro il feto si attesterebbe intorno ai **50 mGy**, con un rischio raddoppiato di andare incontro a un tumore in età infantile, comunque molto basso (1:250)
- Una diagnosi non corretta avrebbe rischi potenziali alti sia per la madre che per il feto

Radioprotezione in gravidanza

L'imaging radiologico può talvolta essere **necessario** per la salvaguardia della salute della donna e del nascituro!

2

UROLITHIASIS

- Donna di 28 anni
- 29° settimana di gestazione
- Dolore in fianco destro, Giordano +
- Assenza di febbre

RACCOMANDAZIONI:

- **Ecografia addome**, valutando non solo la dilatazione delle cavità calico-pieliche ma anche la presenza di jet ureterale in vescica; l'ecografia transvaginale può essere un utile completamento per la valutazione di un calcolo distale.
- In assenza di alterazioni, ripetere **ecografia a 24 ore**
- In assenza di alterazioni a 24 ore ma dolore incontrollabile o comparsa di febbre, necessaria **TC senza mezzo di contrasto**, che presenta sensibilità e specificità intorno al 90-99% e una dose al feto di **10 mGy**.

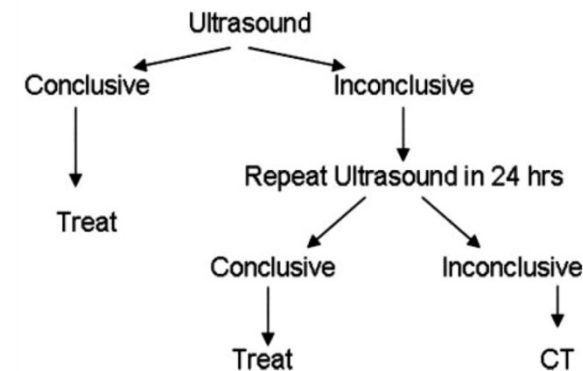


Figure 4. Flow diagram shows the recommended imaging algorithm for urolithiasis evaluations in pregnant women.

Radioprotezione in gravidanza

L'imaging radiologico può talvolta essere **necessario** per la salvaguardia della salute della donna e del nascituro!

3

HAEPATIC HAEMANGIOMA

- Donna di 30 anni
- 22° settimana
- Vago dolore addominale superiore da qualche settimana
- Pregressa diagnosi di emangiomi epatici multipli (5) ad indagine RM
- EE nella norma
- Ecografia: 2/5 emangiomi dimensionalmente stabili all'indagine ecografica

Radioprotezione in gravidanza

RM ed ECOGRAFIA

- **Ecografia e risonanza magnetica (RM)** non sono associate a rischi per il nascituro e rappresentano le tecniche di scelta nelle gravide, sebbene debbano essere usate solo in merito a un preciso quesito clinico, nel bene della paziente.
- L'utilizzo di **gadolinio** come mezzo di contrasto, a fronte del passaggio attraverso la barriera placentare deve essere **limitato esclusivamente alle situazioni** in cui può effettivamente migliorare l'outcome della paziente.
 - Un grosso studio retrospettivo che sembrerebbe vedere un rischio lievemente aumentato di incidenza di patologia reumatologiche, infiammatorie e infiltrative della pelle nei bambini sottoposto ad RM con gadolinio rispetto a quelli che non hanno fatto RM (RR 1.09-1.69).
 - Viene inserito dalla FDA come farmaco di **categoria C**, per cui esistono studi animali che hanno dimostrato danni al feto (a dosi molto elevate e ripetute).
- Nelle puerpere, **l'allattamento non deve essere interrotto** dopo somministrazione di gadolinio: solo lo 0.04% è escreto nel latte e, di questo, solo l'1% viene poi assorbito dal feto. Considerare la discontinuazione per 48 ore in madri particolarmente apprensive.



Radioprotezione in gravidanza

L'imaging radiologico può talvolta essere **necessario** per la salvaguardia della salute della donna e del nascituro!

3

HAEPATIC HAEMANGIOMA

- Donna di 30 anni
- 22° settimana
- Vago dolore addominale superiore da qualche settimana
- Pregressa diagnosi di emangiomi epatici multipli (5) ad indagine RM
- EE nella norma
- Ecografia: 2/5 emangiomi dimensionalmente stabili all'indagine ecografica

RACCOMANDAZIONI:

- **Osservazione**
- **TC addome cmc**, qualora vi fosse una variazione della clinica
- Considerate le limitazioni del gadolinio, il rapporto rischio/beneficio in queste condizioni è a sfavore di eseguire un'indagine RM, che comunque va considerata come ultimo approccio

Radioprotezione in gravidanza

MEZZO DI CONTRASTO IODATO

- Il mezzo di contrasto (MdC) somministrato per via **orale** non è assorbito dalla paziente e non causa danno al feto.
- Per quanto riguarda il MdC per via **endovenosa**, nonostante possa passare la placenta e entrare nella circolazione fetale o nel liquido amniotico, studi animali hanno dimostrato **l'assenza di effetti teratogeni e mutageni**²
- Negli ultimi 30 anni **non** si sono avuti **casi documentati di ipotiroidismo** o effetti collaterali in seguito a somministrazione di mdc endovenosa.
- Nelle donne in **lattazione**, **non** è **indicata l'interruzione** dell'allattamento
- **Effetti avversi**: nausea, vomito, flushing, dolore nel sito di iniezione, reazioni anafilattiche¹



! Tuttavia, è bene ricordare che il mezzo di contrasto iodato è considerato un farmaco di **categoria B** dalla FDA: non ha dimostrato rischi su studi animali, ma non è mai stato testato sulle gravide !

1. Adam A, Dixon AK, Gillard JH, Schaefer-Prokop CM, eds. Grainger & Allison's diagnostic radiology: a textbook of medical imaging. 6th ed. New York (NY): Churchill Livingstone/Elsevier; 2015.
2. Webb JA, Thomsen HS, Morcos SK. The use of iodinated and gadolinium contrast media during pregnancy and lactation. Members of Contrast Media Safety Committee of European Society of Urogenital Radiology (ESUR). Eur Radiol 2005;15:1234-40.
3. Chen MM, Coakley FV, Kaimal A, Laros RK Jr. Guidelines for computed tomography and magnetic resonance imaging use during pregnancy and lactation. Obstet Gynecol 2008;
4. Tremblay E, Thérèse E, Thomassin-Naggara I, Trop I. Quality initiatives: guidelines for use of medical imaging during pregnancy and lactation. Radiographics. 2012 May-Jun;32(3):897-911. doi: 10.1148/rg.323115120. Epub 2012 Mar 8. PMID: 22403117.
5. Chen MM, Coakley FV, Kaimal A, Laros RK Jr. Guidelines for computed tomography and magnetic resonance imaging use during pregnancy and lactation. Obstet Gynecol 2008;112(2 pt 1):333-340.
6. Atwell TD, Lteif AN, Brown DL, McCann M, Townsend JE, Leroy AJ. Neonatal thyroid function after administration of IV iodinated contrast agent to 21 pregnant patients. AJR Am J Roentgenol 2008; 191(1):269-271

Radioprotezione in gravidanza

MEZZO DI CONTRASTO IODATO

Table 2
Considerations and Recommendations for Use of Iodinated and Gadolinium-based Contrast Agents during Pregnancy and Lactation

Guideline	Iodinated Contrast Agents	Gadolinium-based Contrast Agents
Pregnancy		
Considerations	Data on fetal exposure to iodinated contrast agents are scarce No malformations or side effects have been reported in newborns Iodinated products given during pregnancy may induce neonatal hypothyroidism	Few studies have evaluated fetal exposure to gadolinium There have been no studies on long-term risks in humans Free gadolinium could potentially lead to neurotoxicity
Recommendations	Screening newborns for hypothyroidism during the 1st week of life is standard pediatric practice Iodinated contrast agents must be essential for making the diagnosis Informed consent as to the risks and benefits of the procedure is recommended Use of topical iodine is contraindicated	Consensus is that gadolinium should not be used during pregnancy unless the benefits outweigh the risks
Lactation		
Considerations	Dose of iodinated contrast agent in breast milk absorbed by the infant is 0.5% of the maternal dose Breast-feeding after the injection of iodinated contrast agent is safe	About 0.01% of the maternal gadolinium dose is excreted into breast milk Breast-feeding after the injection of gadolinium-based contrast agent is safe
Recommendations	Concerned mothers may be instructed to discard breast milk for 24 hours after injection to eliminate fetal exposure to contrast agent Use of topical iodine is contraindicated because free iodine excretion may induce neonatal hypothyroidism	Concerned mothers may be instructed to discard breast milk for 24 hours after injection to eliminate fetal exposure to contrast agent

Durante la gravidanza, il **MdC iodato** va utilizzato solo in assenza di alternative (a), se l'imaging è a vantaggio sia della madre che del bambino (b) e se è imprudente ritardare la diagnosi oltre il termine (c). In generale, è buona norma eseguire uno screening per l'ipotiroidismo nel neonato a 1 settimana.

Radioprotezione in gravidanza

RX - DISPOSITIVI DI PROTEZIONE

- **La protezione del feto e delle gonadi fornisce benefici trascurabili o nulli per la salute dei pazienti.**
 - **Le dosi di radiazione utilizzate nella diagnostica per immagini non sono associate a danni misurabili alle gonadi o al feto**, in quanto secondo la Pubblicazione 103 della Commissione internazionale sulla radioprotezione (ICRP) del 2007, "nessuno studio sull'uomo fornisce prove dirette di un eccesso di malattie ereditarie associate alle radiazioni".
 - La schermatura del paziente è inefficace nel ridurre la radiazione diffusa all'interno del paziente stesso. Infatti, la dose assorbita agli organi interni che si trovano al di fuori del campo di acquisizione dell'immagine a raggi X, deriva principalmente dai fotoni diffusi all'interno del corpo sui quali la protezione in superficie non ha alcun effetto.
- **L'uso della protezione al feto e alle gonadi può influire negativamente sull'efficacia dell'esame.**
 - La schermatura può nascondere l'anatomia, rendendo necessaria la ripetizione dell'esame o compromettendo le informazioni diagnostiche. Le evidenze mostrano che questo è un problema più comune di quanto si pensi normalmente.
 - La schermatura può influire negativamente sul controllo automatico dell'esposizione e sulla qualità dell'immagine e la presenza di schermature nel campo di acquisizione dell'immagine può aumentare drasticamente l'emissione di raggi X, aumentare la dose di radiazioni al paziente e degradare la qualità dell'immagine.



Radioprotezione in gravidanza

MEDICINA NUCLEARE

- **Non tutti i radioisotopi sono sicuri durante la gravidanza:**

- **Tecnezio99:** il tecnezio ha un'emivita di **6 ore** ed è un emettitore di sole radiazioni gamma, il che permette di minimizzare la radiazione senza perdere di qualità. La dose massima per gli esami che usano Tc99 è intorno ai **5 mGy**.
- **Iodio 131:** con un'emivita di **8 giorni**, lo Iodio 131 è **controindicato** in gravidanza in quanto può danneggiare la tiroide del nascituro, specialmente dopo la 10-12 settimana.



- Considerato che diversi nucleotidi hanno diverse concentrazioni nel latte materno, con effetti potenzialmente gravi, **l'allattamento** in corso di diagnostiche di medicina nucleare deve essere portato avanti **previo consulto con un esperto**.
- La **PET** è invece **assolutamente controindicata** in gravidanza e allattamento

Radioprotezione in gravidanza

ESPOSIZIONI LAVORATIVE

- Le donne, durante la gravidanza e nei 7 mesi successivi al concepimento, **non** possono svolgere attività in zone classificate o, comunque, essere adibite ad attività che potrebbero esporre il nascituro ad una dose che ecceda 1 millisievert durante il periodo della gravidanza.
- E' fatto obbligo alle lavoratrici di comunicare al datore di lavoro il proprio stato di gravidanza, non appena accertato.
- E' altresì vietato adibire le donne che allattano ad attività comportanti un rischio di contaminazione.

Tabella 8. Confronto tra i criteri di protezione delle Raccomandazioni del 1990 e del 2007 (i numeri tra parentesi si riferiscono ai numeri della pubblicazione dell'ICRP; ICRP, 1991b, c, 1992, 1993b, 1994b, 1997a, d, 1998b, 1999a, 2004b, 2005a, c).

Categorie di esposizione (Pubblicazione)	Raccomandazioni del 1990 e pubblicazioni successive	Raccomandazioni attuali
<i>Situazioni di esposizione programmata</i>		
	Limiti di dose individuali ^a	
Esposizioni lavorative (60, 68, 75), incluse le operazioni di recupero (96)	20 mSv/anno di media per un predefinito periodo di 5 anni ^c	20 mSv/anno di media per un predefinito periodo di 5 anni ^c
- Cristallino	150 mSv/anno ^b	150 mSv/anno ^b
- Pelle	500 mSv/anno ^b	500 mSv/anno ^b
Mani e piedi:	500 mSv/anno ^b	500 mSv/anno ^b
- Donne incinte, resto della gravidanza	2 mSv alla superficie dell'addome o 1 mSv da incorporazione di radionuclidi	1 mSv all'embrione / feto



1. Decreto Legislativo 26 marzo 2001, n. 151, Art 8

2. ICRP Publication 103, 'The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection' Annals of the ICRP Volume 37/2-4, 2008

Radiazioni in gravidanza

TAKE HOME MESSAGES

- Utilizzare l'imaging sempre in relazione a uno **specifico quesito clinico**, valutando il **rapporto rischio/beneficio** e cercando di **posticipare a dopo la gravidanza**
- Preferire indagini radiologiche che non utilizzano radiazioni ionizzanti, come **ecografia** e **risonanza magnetica**, ma solo se equivalenti dal punto di vista diagnostico.
- Nei casi in cui è clinicamente richiesto, si ricordi che l'esposizione legata a radiografie, TC o esami di medicina nucleare è in generale molto inferiore ai limiti di norma: **dosi assorbite dal feto < 100 mGy non dovrebbero essere considerate una ragione per interrompere la gravidanza.**
- Per dosi maggiori e in assenza di alternative diagnostiche percorribili, la paziente deve ricevere un'adeguata informazione al fine di potere prendere decisioni consapevoli basate sulle circostanze specifiche, inclusa la stima della dose al feto ed i conseguenti rischi di danno sia deterministico che stocastico durante la vita.
- **Limitare** l'utilizzo di **mezzo di contrasto** ai casi strettamente necessari, con particolare attenzione al gadolinio

Radiazioni in gravidanza

TAKE HOME MESSAGES

Grazie a tutti!