

**Guida alla prescrizione delle procedure
radiodiagnostiche in età pediatrica**



**Manuale per la giustificazione e l'ottimizzazione della diagnosi
mediante immagini**



Questo manuale è stato realizzato nell'ambito del progetto di ricerca indipendente PREP-Procedure Radiodiagnostiche in Età Pediatrica. Studio di percorsi diagnostici e di modelli organizzativi per l'ottimizzazione dell'utilizzo della TC e la limitazione delle esposizioni ingiustificate alle radiazioni (finanziamento da Regione Lombardia Fase 1 2011-2013, DGS 22/12/2010 N.13465; Fase 2 2015-2017 DGS 16/07/2014 N. 6848)

Responsabile scientifico

Alberto Torresin Fisico Medico
Direttore SC Fisica Sanitaria
ASST Grande Ospedale Metropolitano Niguarda, Milano

Comitato scientifico

Paola Enrica Colombo Fisico Medico
Dirigente SC Fisica Sanitaria
ASST Grande Ospedale Metropolitano Niguarda, Milano

Daniela Corbella Medico Chirurgo, Specialista in Pediatria
ATS Milano Città Metropolitana

Andrea Pola Professore Associato di Misure e Strumentazione Nucleari,
Dottore di Ricerca in Scienza e Tecnologia delle Radiazioni
Gruppo Misure e Rilevamento Radiazioni,
Dipartimento di Energia, Politecnico di Milano

Andrea Righini Medico Radiologo
Direttore della S.C. di Radiologia e Neuroradiologia Pediatrica
Ospedale dei Bambini Vittore Buzzi,
ASST Fatebenefratelli Sacco, Milano

Fabio Triulzi Medico Radiologo
Direttore UOC Neuroradiologia
Fondazione IRCCS Cà Granda Ospedale Maggiore Policlinico, Milano

Strutture coinvolte nel progetto PREP

- ASST Grande Ospedale Metropolitano Niguarda, Milano
- Fondazione IRCCS Cà Granda, Ospedale Maggiore Policlinico, Milano
- Politecnico Milano, Dipartimento di Energia, Sezione Ingegneria Nucleare
- San Paolo-Polo Universitario, ASST Santi Paolo e Carlo, Milano
- Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) - Università degli Studi di Milano-Bicocca
- Fondazione Bruno Kessler, Progetto IRCS, Trento
- Ospedale dei Bambini Vittore Buzzi, ASST Fatebenefratelli Sacco, Milano
- ASST Spedali Civili, Brescia
- ATS Milano Città Metropolitana

Presentazione

Fabio Triulzi

La diagnostica mediante immagini in pediatria si avvale oggi di procedure all'avanguardia che hanno cambiato non solo l'approccio diagnostico alle singole patologie ma il modo stesso di considerare la malattia e il malato. La "rivoluzione" della tomografia computerizzata prima e della risonanza magnetica in seguito ha consentito la disponibilità di una quantità di informazioni diagnostico-terapeutiche fino a pochi anni fa impensabile.

Per quanto spesso cruciali nel fornire risposte al quesito diagnostico in tempi brevi, gli esami tecnologicamente più avanzati - quali la TC e le indagini di medicina nucleare - rappresentano modalità impegnative in termini di esposizione a radiazioni ionizzanti e tra le più rischiose dal punto di vista radiobiologico, soprattutto in età evolutiva. L'ambito pediatrico è caratterizzato infatti da una elevata radiosensibilità dei tessuti e da una lunga aspettativa di vita.

La TC è un esame ampiamente diffuso in Italia e in tutta Europa, con una tendenza all'incremento del suo impiego in ambito diagnostico - soprattutto in pediatria - anche grazie alla riduzione dei tempi richiesti per realizzare una scansione e alla possibilità di non dover ricorrere alla sedazione del paziente. Si stima tuttavia che almeno un terzo delle TC eseguite non sia pienamente giustificato.

Per invertire la tendenza a una prescrizione non appropriata, è fondamentale una continua e costante formazione e la collaborazione tra la radiologia e la clinica.

Questo manuale è il risultato di un percorso formativo a distanza realizzato da un gruppo di lavoro multidisciplinare di odontoiatri, medici specialisti in radiologia e pediatria, ingegneri esperti in fisica nucleare e fisici medici. Il gruppo ha sviluppato il progetto di ricerca indipendente PREP-Procedure Radiodiagnostiche in Età Pediatrica, interamente finanziato dalla Regione Lombardia.

Uno degli obiettivi di PREP è rispondere ai bisogni formativi dei medici prescrittori in tema di radioprotezione in pediatria, fornendo loro un supporto culturale adeguato ad aumentare le conoscenze sul rischio radiologico e guidandoli a una prescrizione giustificata da un'effettiva necessità e appropriata alla risoluzione del quesito diagnostico.

Ci auguriamo che i contenuti di questa guida, per quanto limitati e sicuramente non esaustivi, costituiscano oltre che uno strumento utile al processo decisionale soprattutto uno spunto di riflessione e un punto di partenza per un atteggiamento sempre più consapevole e virtuoso nella pratica clinica quotidiana.

Per la consulenza scientifica si ringraziano

Luca Fabio Colombo	Specialista in Ortopedia e Traumatologia Direttore medico I SC di Ortopedia Pediatrica, Ospedale dei Bambini Vittore Buzzi ASST Fatebenefratelli Sacco, Milano
Stefano d'Arrigo	Specialista in Neuropsichiatria Infantile Dirigente medico UO Neurologia dello Sviluppo Fondazione IRCCS Istituto Neurologico C Besta, Milano
Tiziana Granata	Specialista in Neuropsichiatria Infantile Dirigente medico UO Neurologia dello Sviluppo Fondazione IRCCS Istituto Neurologico C Besta, Milano
Paola Marchisio	Professore Associato di Pediatria Clinica Pediatrica 1 Dipartimento di Fisiopatologia e Trapianto, Università degli Studi di Milano Fondazione IRCCS Ca' Granda Ospedale Maggiore Policlinico, Milano
Francesco Motta	Specialista in Ortopedia e Traumatologia Direttore medico II SC Ortopedia Pediatrica, Ospedale dei Bambini Vittore Buzzi, ASST Fatebenefratelli Sacco, Milano
Giorgio Selvaggio	Specialista in Chirurgia Pediatrica Responsabile SS Urologia Pediatrica, SC Chirurgia Pediatrica, Ospedale dei Bambini Vittore Buzzi, ASST Fatebenefratelli Sacco, Milano
Paola Tommasi	Specialista in Pediatria Responsabile Ambulatorio Nefrologia Pediatrica, UO Pediatria, Ospedale dei Bambini Vittore Buzzi Istituti Clinici di Perfezionamento, Milano
Gian Vincenzo Zuccotti	Professore Ordinario di Pediatria Dipartimento di Scienze Biomediche e Cliniche, Università degli Studi di Milano Direttore Clinica Pediatrica, Ospedale dei Bambini Vittore Buzzi, ASST Fatebenefratelli Sacco, Milano

Realizzazione editoriale

Daniela Tinelli	Scientific Writer Specialista in Comunicazione scientifica e e-learning
------------------------	--

Autori

Paola E Colombo	Fisico Medico Dirigente SC Fisica Sanitaria ASST Grande Ospedale Metropolitano Niguarda, Milano
Daniela Corbella	Medico Chirurgo, Specialista in Pediatria ATS Milano Città Metropolitana
Patrizia Elli	Medico Chirurgo, Specialista in Pediatria Pediatria di famiglia Formatrice Counselling Sistemico ATS Milano Città Metropolitana
Giovanna D Garattini	Medico Chirurgo, Specialista in Odontostomatologia e in Ortognatodonzia Professore Associato di Odontoiatria e Protesi dentaria, Università degli Studi di Milano, Dipartimento di Scienze Biomediche, Chirurgiche e Odontoiatriche, Clinica Odontoiatrica, Ospedale San Paolo-Polo Universitario, ASST Santi Paolo e Carlo, Milano
Giacomo M Grasso	Medico Chirurgo, Specialista in Odontostomatologia e Ortognatodonzia Università degli Studi di Milano Dipartimento di Medicina, Chirurgia e Odontoiatria, Ospedale San Paolo-Polo Universitario, ASST Santi Paolo e Carlo, Milano
Maria Vittoria Introini	Dottore di Ricerca in Scienza e Tecnologia delle Radiazioni, Gruppo Misure e Rilevamento Radiazioni, Dipartimento di Energia, Politecnico di Milano
Ernesto Mola	Medico Chirurgo, Specialista in Igiene e Medicina Preventiva Medico di Medicina Generale ASL Lecce Commissione WHO Linee guida sulle tecniche di imaging
Angelica Munari	Odontoiatra, Specialista in Ortognatodonzia Clinica Odontoiatrica, Ospedale San Paolo-Polo Universitario, ASST Santi Paolo e Carlo, Milano
Andrea Pola	Professore Associato di Misure e Strumentazione Nucleari, Dottore di Ricerca in Scienza e Tecnologia delle Radiazioni, Gruppo Misure e Rilevamento Radiazioni, Dipartimento di Energia, Politecnico di Milano
Andrea Righini	Medico Radiologo Direttore della SC di Radiologia e Neuroradiologia Pediatrica Ospedale dei Bambini Vittore Buzzi, ASST Fatebenefratelli Sacco, Milano
Laura Strohmer	Professore Ordinario Odontoiatria e Protesi dentaria, Università degli Studi di Milano, Coordinatrice Centro di Epidemiologia Orale e Odontoiatria di Comunità OMS, Direttore Unità Complessa di Odontostomatologia e Prevenzione Orale, Ospedale San Paolo-Polo Universitario, ASST Santi Paolo e Carlo, Milano
Fabio Triulzi	Medico Radiologo Direttore UOC Neuroradiologia Fondazione IRCCS Cà Granda Ospedale Maggiore Policlinico, Milano
Alberto Torresin	Fisico Medico Direttore SC Fisica Sanitaria ASST Grande Ospedale Metropolitano Niguarda, Milano
Giorgio Visentin	Medico di Medicina Generale USSL6 Vicenza Ricercatore Centro Studi e Ricerche in Medicina Generale (CSRMeG) Commissione WHO Linee guida sulle tecniche di imaging

Indice

I. Procedure radiodiagnostiche e rischio radiologico	8
<ul style="list-style-type: none"> • Radiazioni ionizzanti e rischio di tumore in età evolutiva • Principi di radioprotezione • Direttiva Europea 2013/59/EURATOM • Verso un miglioramento della cultura ALARA • Bibliografia 	
II. La diagnostica mediante immagini in pediatria	14
<ul style="list-style-type: none"> • Punti chiave • Bibliografia 	
III. Tomografia computerizzata: caratteristiche e applicazioni cliniche	17
<ul style="list-style-type: none"> • Tomografia computerizzata spirale e multistrato • Vantaggi della TC • Rischio radiologico • Indicazioni cliniche • Bibliografia 	
IV. Risonanza magnetica: caratteristiche e applicazioni cliniche	22
<ul style="list-style-type: none"> • Risonanza magnetica • Vantaggi e limiti della RM • Indicazioni cliniche • Tecniche RM di ultima generazione • Bibliografia 	
V. Ecografia: caratteristiche e applicazioni cliniche	29
<ul style="list-style-type: none"> • Ecografia • Vantaggi e limiti dell'ecografia • Indicazioni cliniche • Tecniche ecografiche avanzate • Bibliografia 	
VI. Radioprotezione in pediatria: procedure radiodiagnostiche e rischio associato	32
<ul style="list-style-type: none"> • Un beneficio esposto a rischi • Esami diagnostici e radiazioni • Meccanismi del danno biologico • Conseguenze della lesione cellulare • Quantificazione dell'effetto biologico • Effetti biologici delle radiazioni • Fondo naturale di radiazioni • Valutazione e quantificazione del rischio • Esami radiologici e rischio aggiuntivo • Fattori legati al paziente • Bibliografia 	
VII. Principi di radioprotezione e strategie di ottimizzazione	49
<ul style="list-style-type: none"> • Normativa sulla radioprotezione • Principio di giustificazione • Principio di ottimizzazione • Visualizzazione del rischio • Strategie di ottimizzazione • Considerazioni conclusive • Bibliografia 	
VIII. Prescrizione giustificata e consapevolezza del rischio	61
<ul style="list-style-type: none"> • Giustificazione delle procedure radiodiagnostiche e linee guida • Cultura ALARA e consapevolezza del rischio radiologico • Bibliografia 	

IX. Giustificazione e ottimizzazione in odontoiatria pediatrica	69
<ul style="list-style-type: none">• Introduzione• Tecniche radiodiagnostiche: dosi efficaci e modalità di acquisizione• Radiografie endorali (periapicali, bitewing e occlusali)• Ottimizzazione delle radiografie endorali• Ortopantomografia• Ottimizzazione dell'ortopantomografia• Teleradiografia del cranio latero-laterale• Teleradiografia del cranio postero-anteriore• Ottimizzazione delle teleradiografie del cranio• Tecniche tomografiche: tomografia computerizzata e cone beam TC• Indicazioni alle indagini tomografiche• Ottimizzazione delle indagini tomografiche• Bibliografia	
X. Patologie odontoiatriche	85
<ul style="list-style-type: none">• Patologia cariosa• Trauma dentoalveolare• Trauma dentofacciale• Patologia parodontale• Articolazione temporomandibolare• Malocclusione• Scialolitiasi• Bibliografia	
XI. Percorsi di appropriatezza in clinica pediatrica	101
<ul style="list-style-type: none">• I criteri di appropriatezza ACR e i livelli di radiazione relativi• Bibliografia	
XII. Percorsi di appropriatezza in neurologia pediatrica	104
<ul style="list-style-type: none">• Cefalea• Crisi epilettiche• Bibliografia	
XIII. Percorsi di appropriatezza in infettivologia pediatrica	129
<ul style="list-style-type: none">• Febbre senza causa apparente o di origine sconosciuta• Rinosinusite batterica• Bibliografia	
XIV. Percorsi di appropriatezza in ortopedia pediatrica	152
<ul style="list-style-type: none">• Zoppia• Displasia evolutiva dell'anca• Maltrattamento fisico• Bibliografia	
XV. Percorsi di appropriatezza in nefrourologia pediatrica	181
<ul style="list-style-type: none">• Infezioni febbrili delle vie urinarie• Ematuria• Bibliografia	
XVI. Comunicazione del rischio radiologico	203
<ul style="list-style-type: none">• Concetti generali• Caratteristiche di una comunicazione efficace• Comunicazione del rischio• Bibliografia	
XVII. Glossario	207
XVIII. Acronimi e abbreviazioni	214

I. Procedure radiodiagnostiche e rischio radiologico

Fabio Triulzi

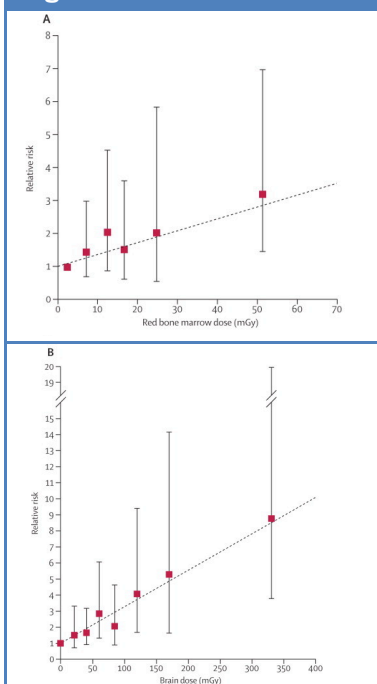
I progressi osservati negli ultimi dieci anni nella tecnologia della diagnostica per immagini hanno determinato nei paesi industrializzati un rapido incremento dell'utilizzo delle procedure che impiegano radiazioni ionizzanti, con una tendenza a un progressivo aumento della loro prescrizione (crescita annua del 10%).¹⁻⁶ In particolare si stima che la tomografia computerizzata (TC) - un esame che sottopone il paziente a dosi decine di volte più elevate di una radiografia convenzionale - costituisca la fonte di oltre il 50% della dose complessiva da radiazioni derivante dalla pratica medica.⁷ La TC rappresenta l'indagine diagnostica con la maggior tendenza alla prescrizione.⁸ Negli Stati Uniti il numero delle TC eseguite negli ultimi anni è raddoppiato, con una stima di 60 milioni di esami eseguiti annualmente, dei quali 4,7 milioni nei bambini.⁹

Il mantenimento di una qualità dell'assistenza in linea con la medicina basata sulle evidenze impone un utilizzo critico e appropriato delle tecnologie radiodiagnostiche, basato sulla valutazione attenta del costo-beneficio. Ciò è fondamentale soprattutto alla luce del fatto che almeno un terzo delle TC eseguite non è giustificato da chiare indicazioni mediche e potrebbe essere evitato se si seguissero le linee guida di riferimento.¹⁰⁻¹³

Radiazioni ionizzanti e rischio di tumore in età evolutiva

I benefici clinici di un esame radiodiagnostico superano il rischio assoluto di sviluppare un tumore quando l'esame è giustificato e oggi è indubbio l'elevato valore diagnostico di una TC eseguita secondo i criteri della giustificazione. Tuttavia, come ha evidenziato l'ultimo rapporto statunitense sugli effetti biologici delle radiazioni BEIR-VII e come dimostra il numero crescente di pubblicazioni internazionali sull'argomento, l'impiego di questa metodica è gravato da una quota individuale di rischio di sviluppare un tumore e/o di subire un danno genetico.^{1-9,14-18} Tale rischio è particolarmente elevato nella popolazione pediatrica (fascia di età compresa tra 0 e 18 anni) in quanto caratterizzata da una maggiore radiosensibilità dei tessuti e da un'aspettativa di vita superiore rispetto all'adulto. I bambini infine sono spesso esposti a dosi di radiazioni superiori a quanto necessario poiché i macchinari non sono adeguati alle loro dimensioni.⁸ Uno studio retrospettivo condotto in Gran Bretagna su quasi 180.000 bambini ha valutato per la prima volta in maniera diretta il rischio di cancro da radiazioni ionizzanti derivanti da TC.¹⁸

Figura 1.



Rischio relativo di leucemia (A) e di tumori cerebrali (B) stimato in una coorte di quasi 180.000 bambini e giovani adulti sottoposti a dosi di radiazioni da TC dirette al midollo osseo e all'encefalo (Pearce MS et al. Lancet 2012)¹⁸

L'analisi ha dimostrato un'associazione diretta tra dose di radiazioni e rischio di tumore: l'esposizione a dosi cumulative di 50 mGy e di 60 mGy sarebbe in grado di triplicare rispettivamente il rischio di leucemia e di tumore cerebrale nei bambini (Figura 1).¹⁸ Il numero di TC necessarie per ottenere una dose cumulativa di 50-60 mGy al cervello - pari a quella descritta nello studio - dipende da diversi fattori quali il tipo di TC, l'età del bambino e il setting radiologico. Si stima che, in situazioni standard, 2-3 TC dell'encefalo siano sufficienti a erogare un dosaggio di 50-60 mGy. La stessa dose nei confronti del midollo osseo potrebbe derivare da 5-10 TC encefaliche in un bambino di età < 15 anni.

Nuove conferme sull'associazione tra TC e tumore nei bambini arrivano da un ampio studio di popolazione condotto in Australia e pubblicato sul British Medical Journal.¹⁹ I risultati della ricerca australiana dimostrano che l'esposizione a radiazioni ionizzanti da TC nei bambini e negli adolescenti presenta un piccolo - ma significativo - incremento di rischio di sviluppare un tumore. Gli autori hanno esaminato una coorte di circa 11 milioni di pazienti di età compresa tra 0 e 19 anni afferenti al servizio sanitario australiano, misurando l'incidenza di tumore in 680.211 soggetti esposti a TC. Il confronto con i pazienti della stessa fascia di età che non avevano subito alcuna esposizione ha evidenziato un aumento dell'incidenza di tumore del 24%, con un incremento ulteriore del 16% per ogni esame aggiuntivo. Il rischio era inversamente correlato all'età e permaneva fino a 15 anni dall'ultima esposizione. In termini di rischio assoluto, l'eccesso di rischio misurato era di circa 0,125 tumori/Sievert, corrispondente a un eccesso di 1 caso di tumore ogni 4.000 TC dell'encefalo (alla dose tipica di circa 2 mSv attualmente stimata per il singolo esame).

Gli autori hanno concluso che, poiché i tumori in età pediatrica hanno un'incidenza molto bassa, l'incremento osservato - se pur significativo - è comunque molto piccolo e numericamente poco incisivo. Il lavoro presenta inoltre il bias di avere arruolato pazienti con fattori o condizioni cliniche predisponenti allo sviluppo di tumori, come evidenziato in un'altra recente indagine francese condotta su un campione di più di 60.000 pazienti, secondo cui tale predisposizione sarebbe di oltre il 30% del totale,²⁰ riducendo pertanto il rischio effettivo di contrarre un tumore in seguito a TC nei bambini senza fattori predisponenti. Ciononostante questi risultati rappresentano una chiara indicazione a valutare attentamente il rischio/beneficio di una TC, limitando le indagini ai soli casi con indicazione clinica ben definita e ottimizzando ogni singolo esame allo scopo di esporre il paziente alla minore dose di radiazioni possibile, in particolare nei bambini sottoposti a imaging ricorrente.²¹

Principi di radioprotezione

Alla luce della considerazione che secondo il modello lineare senza soglia non esiste una dose priva di rischio e che tale rischio aumenta all'aumentare della dose con un effetto cumulativo, le normative internazionali ribadiscono la necessità che l'esposizione alle radiazioni ionizzanti avvenga solo quando strettamente necessario, che i dosaggi siano mantenuti al livello il più basso possibile e che siano prese

in considerazione procedure alternative che non comportino l'impiego di radiazioni ionizzanti.^{14,22-27} La giustificazione e l'ottimizzazione delle procedure radiodiagnostiche (art 4

Tabella 1.

Giustificazione	<ul style="list-style-type: none"> • Si fonda sulla valutazione dei potenziali vantaggi diagnostici o terapeutici complessivi derivanti da un esame radiologico rispetto al danno alla persona che l'esposizione potrebbe causare (rapporto rischio/beneficio)
Ottimizzazione	<ul style="list-style-type: none"> • Stabilisce che tutte le dosi che derivano da esposizioni mediche per scopi radiologici debbano essere mantenute al livello più basso ragionevolmente possibile, compatibilmente con il raggiungimento dell'informazione diagnostica secondo il principio <u>As Low As Reasonably Achievable</u> (ALARA)

e 5 del DL 187/2000) sono i due principi cardine sui quali si fonda la radioprotezione (Tabella 1). Il primo sottende i criteri di appropriatezza dell'esecuzione di un esame radiodiagnostico ed è relativo al rapporto rischio-beneficio legato alla singola procedura. Il secondo riguarda l'ottimizzazione delle diverse fasi che portano dalla prescrizione alla refertazione. Entrambi i principi rispondono al concetto ALARA, dall'anglosassone *As Low As Reasonably Achievable*, che evidenzia l'importanza del contenimento dell'esposizione del paziente alle radiazioni al minimo indispensabile per la formulazione di una diagnosi.

La risonanza magnetica (RM) offre in molti casi una valida alternativa alla TC e soddisfa pienamente le indicazioni della radioprotezione poiché non impiega radiazioni ionizzanti. Tuttavia i tempi di esecuzione dell'indagine mediamente molto lunghi, la scarsa disponibilità di apparecchiature a uso esclusivamente pediatrico, il pressoché totale impiego dei macchinari in ambito neuroradiologico (che non dispone di metodiche alternative), il frequente ricorso alla sedazione o alla narcosi, per i più piccoli, costituiscono un limite non di poco conto per una maggior diffusione della RM e, conseguentemente, per una riduzione del numero di TC in pediatria. Non è infrequente, infatti, che si renda necessario trasformare l'indicazione a una RM in una richiesta di TC.²⁸

Direttiva Europea 2013/59/EURATOM

La nuova Direttiva Europea 2013/59/EURATOM, adottata dal Consiglio dell'Unione Europea il 5 dicembre 2013, stabilisce gli standard di sicurezza (BSS) per la protezione contro il rischio da esposizione a radiazioni ionizzanti alla luce delle nuove evidenze scientifiche.^{29,30} Gli aspetti più rilevanti della nuova direttiva riguardano la giustificazione delle procedure radiodiagnostiche, l'informazione al paziente, la determinazione e la registrazione delle dosi di esposizione nella diagnostica per immagini, l'uso dei livelli diagnostici di riferimento (Diagnostic Reference Level), l'impiego di strumenti per la misurazione della dose. Obiettivo primario è rafforzare il sistema di radioprotezione basato sul principio di giustificazione, ottimizzazione e limitazione della dose per tutte le esposizioni. La direttiva cita il ruolo non solo del medico deputato alla prescrizione della procedura radiologica (raccomandazione recepita in Italia dal DL 187 del 26 maggio 2000) ma di tutte le figure professionali coinvolte nell'esposizione medica - dai medici clinici, agli odontoiatri, ai radiologi ai fisici medici e ai tecnici sanitari di radiologia medica - al fine di assicurare un'adeguata protezione dei pazienti. Questi professionisti contribuiscono a incrementare l'appropriatezza prescrittiva attraverso la condivisione di linee guida, la valutazione del rischio/beneficio del singolo paziente, la comunicazione del rischio radiologico e il coinvolgimento del paziente o delle famiglie nel processo decisionale.³¹

Verso un miglioramento della cultura ALARA

Secondo diverse indagini in letteratura in media oltre il 40% dei medici che prescrivono quotidianamente esami radiologici non è consapevole dei rischi associati alle diverse procedure diagnostiche e ne sottostima la pericolosità.³²⁻⁴⁰ Il comportamento poco consapevole è denunciato con sempre maggior vigore dalle società scientifiche radiologiche nazionali e internazionali, tra le quali l'International Atomic Energy Agency (IAEA) e l'American College of Radiology (ACR), allarmate dal livello significativo di non appropriatezza che si registra nella prescrizione delle procedure radiodiagnostiche in ambito pediatrico.^{22-25,32-34}

Negli ultimi anni la diffusione della cultura ALARA all'interno della comunità medica e tra i pazienti ha assunto un ruolo centrale nell'agenda di intenti dei principali organismi deputati alla radioprotezione.^{22-25,41,42} A livello nazionale e internazionale molte sono le iniziative rivolte ai medici o al pubblico. Tra le più rilevanti la campagna *Image Gently* (<http://www.pedrad.org/associations/5364/ig/>)⁵ implementata dall'Alliance for Radiation

Safety in Pediatric Imaging (composta da oltre 70 organizzazioni mediche in tutto il mondo tra le quali l'ACR) allo scopo sia di aumentare la consapevolezza della classe medica sia di favorire la diffusione delle informazioni alle famiglie, predisponendo materiale educativo e informativo sul rischio radiologico e sulla diagnostica per immagini in pediatria. La Food and Drug Administration (FDA) statunitense nel febbraio 2010 ha lanciato una iniziativa volta a ridurre le esposizioni ingiustificate derivanti dalle procedure radiodiagnostiche.³² Nello stesso anno l'International Atomic Energy Agency (IAEA) ha lanciato la campagna 3A: *Audit, Appropriateness, Awareness* per la giustificazione in radiologia.³⁵

In Italia il tema è sempre più sentito. In Lombardia nel 2011 è nato il progetto di ricerca indipendente PREP-Procedure Radiodiagnostiche in età Pediatrica (www.prepnet.lombardia.it) e sul territorio nazionale sono ormai presenti iniziative analoghe. Come il progetto di Slow Medicine, la rete di professionisti sanitari e cittadini che opera nella comune visione di una medicina più giusta, che ha implementato “Fare di più non significa fare meglio”, invitando i medici e le società scientifiche a segnalare gli esami e i trattamenti a rischio di non appropriatezza.⁴³ Con un intento analogo di sensibilizzazione sull'utilizzo corretto delle procedure radiologiche l'Associazione Italiana di Fisica Medica (AIFM), la Società Italiana di Pediatria (SIP) e la Società Italiana di Radiologia Medica (SIRM) hanno lanciato il progetto “Radiazioni in pediatria” che come PREP ha l'intento di sensibilizzare i pediatri sull'impiego corretto delle procedure radiologiche, in particolare delle tomografie computerizzate, e sul rischio dell'esposizione cumulativa alle radiazioni nei bambini e negli adolescenti.⁴⁴

Bibliografia

1. Brenner D.J. et al. Estimated risks of radiation-induced fatal cancer from pediatric CT, *AJR* 2001; 176:289-296
2. Eisenberg MJ et al. Cancer risk related to low-dose ionizing radiation from cardiac imaging in patients after acute myocardial infarction
3. Regulla FD, Eder H. Patient exposure in medical X-Ray imaging in Europe. *Radiat Prot Dosimetry* 2005; 114: 11-25
4. Brenner D.J. et al. Computed tomography- An increasing source of radiation exposure. *N Engl J Med* 2007; 357:2277-2284
5. Amis SE, Butler PF. ACR White Paper on radiation dose in medicine: three years later. *J Am Coll Radiol* 2010; 7: 865-870 (<http://www.acr.org/~media/ACR/Documents/PDF/QualitySafety/Radiation%20Safety/WhitePaperRadiationDose3Years.pdf>)
6. Sarma A et al. Radiation and chest CT scan examinations: what do we know? *Chest* 2012; 142(3): 750-760
7. Fazel R et al. Exposure to low dose ionizing radiation from medical imaging procedures. *N Engl J med* 2009; 361: 849-857
8. Brody A.S. et al. Radiation risk to children from computer tomography. *Pediatrics* 2007;120:677-82
9. Strauss KJ et al. Image gently: Ten Steps You Can Take To Optimize Image Quality and Lower CT Dose for Pediatric Patients. *AJR* 2010; 194: 868-873
10. Rehani M, Frush D. Tracking radiation exposure of patients. *Lancet* 2010;376:754-755
11. Sodickson A, Baeyens PF, Andriole KP, et al. Cumulative radiation exposure, and associated radiation-induced cancer risks from CT of adults. *Radiology* 2009;251:175-184
12. Brenner DJ, Hricak H. Radiation exposure from medical imaging time to regulate? *JAMA* 2010;304:208-9.
13. Brenner DJ. Medical imaging in the 21st century—getting the best bang for the rad.

- N Engl J Med 2010; 362: 943-945
14. National Academy of Sciences. Health Risks from Exposure to low Levels of Ionizing Radiation: BEIR VII – Phase 2, 2006
 15. Berrington de Gonzalez A., Darby. S. Risk of cancer from diagnostic X-rays: estimates for UK and 14 other countries. *The Lancet* 2004;363:345-351
 16. Berrington de Gonzales A Projected Cancer risk from computed tomographic scans performed in the United States in 2007. *Archives of Internal Medicine* 2009; 169(22)
 17. Smith-Bindman R. Is computed tomography safe?. *N Engl J Med* 2010; 363: 1-4.
 18. Pearce et al. Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumours: a retrospective cohort study. *The Lancet*, 2012; 380 (9840) 499-505
 19. Mathews JD et al. Cancer risk in 680.000 people exposed to computed tomography scans in childhood or adolescence: data linkage study in 11 million Australians. *BMJ* 2013; 346: f2360 (<http://www.bmj.com/content/346/bmj.f2360>)
 20. Journy N et al. Are the studies on cancer risk from CT biased by indication? Elements of answer from a large-scale cohort study in France. *BJC British Journal of Cancer* 2015 Jan 6; 112(1): 185-193
 21. Sodickson A. CT radiation risks coming into clearer focus. *BMJ* 2013; 346: f3102 (www.bmj.com/content/346/bmj.f3102)
 22. Referral guidelines for imaging, radiation protection 118, 2001 Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities
 23. International Commission on Radiological Protection, Radiological Protection in Medicine, 105. *Annals of the ICRP*, 2007; 37 (6): 1-332
 24. International Commission on Radiological Protection: The 2007 recommendations of the International Commission on Radiological Protection: ICRP publication 103: *Ann. ICRP* 37: 2-4, 2007
 25. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Sources and Effects of Ionizing Radiation, Volume I: Report to the General Assembly, Scientific Annexes A and B. *UNSCEAR Report 2008*, United Nations, New York, 2008.
 26. Semelka R.C. et al. Imaging strategies to reduce the risk of radiation in CT studies, including selective substitution with MRI. *J Magn Reson Imaging* 2007;25: 900-909
 27. Wallace S. New clinical report guides pediatricians on when to use CT scanning. *AAP news* 2007; 28(9): 45-45
 28. Triulzi F, Defilippi C. La diagnostica per immagini in pediatria: il presente e gli sviluppi futuri. *Prospettive in pediatria* 2012; 42: 152-162
 29. Council Directive 2013/59 Euratom (5 december 2013) Official Journal of the European Union L13/1-73 <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32013L0059>
 30. European Society of Radiology (ESR). Summary of the European Directive 2013/59/Euratom: essentials for health professionals in radiology. *Insights Imaging* 2015; 6: 411-417
 31. Mola E, Visentin G. Rischio radiologico e medicina generale MD *Medicinae Doctor* 2011; Anno XVIII numero 5: 22-23
 32. Rehani MM, Berris T. International Atomic Energy Agency study with referring physicians on patient radiation exposure and its tracking: a prospective survey using a web-based questionnaire. *BMJ*

- Open2012;2:e001425.doi:10.1136/bmjopen-2012
33. Carpeggiani C et al. Radioprotection (un)awareness in cardiologists, and how to improve it. In J Cardiovasc Imaging 2012; 28(6): 1369-1374
 34. Mola E et al. Valutazione dei Bisogni Formativi dei Medici Prescrittori in Merito al Rischio da Radiazioni Ionizzanti. Occhio Clinico 2012; 2; node/1375 (<http://www.occhioclinico.it/cms/node/1375>)
 35. O'Sullivan J et al An assessment of medical students awareness of radiation exposures associated with diagnostic imaging investigations. Insights Imaging 2010; 1: 86-92
 36. Lee C et al. Diagnostic CT scans: assessment of patient, physician, and radiologist awareness of radiation dose and possible risk. Radiology 2004; 231: 393-398
 37. Thomas KE et al. Assessment of radiation dose awareness among pediatricians. Paediatr Radiol 2006; 36: 823-832
 38. Heyer CM et al. Paediatricians awareness of radiation dose and inherent risk in chest imaging studies- A questionnaire study. Europ J radiol 2010;76(2):288-293
 39. Shiralkar S et al. Doctors' knowledge of radiation exposure: questionnaire study. BMJ 2003; 327: 371-372
 40. Bautista AB et al. Do clinicians use the American College of Radiology Appropriateness Criteria in the Management of their patients? AJR 2009; 192: 1581-1585
 41. Bettmann M. The ACR appropriateness criteria: view from the committee chair. J Am Coll Radiol 2006; 3: 510-512
 42. Malone J et al. Justification of diagnostic medical exposures: some practical issues. Report of an International Atomic Energy Agency Consultation Br J Radiol 2012; 85(1013): 523-538
 43. <http://www.slowmedicine.it/fare-di-piu-non-significa-fare-meglio/48-fare-di-piu-non-significa-fare-meglio/36-il-progetto.html>
 44. Salerno S et al. Radiation risks knowledge in resident and fellow in paediatrics: a questionnaire survey. Italian Journal of Paediatrics 2015; 41: 21-27

II. La diagnostica mediante immagini in pediatria

Fabio Triulzi

Negli ultimi decenni nell'ambito diagnostico-terapeutico delle patologie pediatriche le procedure mediante immagini hanno registrato un incremento esponenziale del loro ruolo, con un aumento conseguente del rischio di sovraesposizione alle radiazioni ionizzanti. La riduzione del rischio radiologico nel bambino è un obiettivo realistico, che può essere ottenuto soprattutto con una riduzione della prescrizione di TC.

Si stima che le TC siano responsabili di oltre il 50% delle fonti di radiazioni ionizzanti provenienti dalla diagnostica per immagini, a fronte di una prescrizione del 10% delle indagini che impiegano raggi X.¹ Pur essendosi alquanto evolute in termini di calibrazione e personalizzazione della dose - con una conseguente riduzione del rischio, in particolare nella **TC toracica**¹ - le tecniche tomografiche espongono tuttora il paziente a dosi significativamente elevate se paragonate a una radiografia del torace.^{2,3} La dose erogata per ogni singolo esame TC al cranio, per esempio, è in media equivalente a 2 mSv.

È fondamentale pertanto l'impiego di apparecchiature tomografiche dotate di nuovi detettori e di nuovi software di acquisizione, che consentano una sostanziale riduzione della dose erogata. Di pari passo la riduzione dell'impiego della TC presuppone l'incentivazione di tecniche alternative, che non prevedano l'impiego di radiazioni ionizzanti. Esempi di rilievo in questo senso sono l'**ecografia**, attualmente impiegata in aree che di solito non sono studiate con questa metodica, quali il polmone e gli spazi pleurici,² e la **risonanza magnetica (RM)**, fondamentale nell'ambito neuroradiologico e da implementare in radiologia generale pediatrica.² Questi due ambiti hanno modalità di applicazione delle tecniche radiodiagnostiche differenti: lo studio del sistema nervoso centrale è prerogativa quasi esclusiva della **RM** mentre la valutazione dell'addome, del torace e dei tessuti molli richiede un approccio sinergico tra le diverse tecniche, tradizionali e avanzate.²

In neuroradiologia l'impiego della **RM** ha contribuito negli anni a migliorare la valutazione di diversi quadri patologici, favorendo l'indagine anatomica in vivo, in particolare per quanto riguarda lo studio delle malformazioni dello sviluppo corticale⁴ o la conoscenza dei processi evolutivi mielinici e corticali dei primi anni di vita del bambino.²

Dalla sua introduzione nella pratica clinica nella prima metà degli anni ottanta la tecnologia alla base di un esame RM è notevolmente evoluta. La **uroRM**, per esempio, è una tecnica promettente, che sta affiancando sempre più le metodiche di riferimento in urologia per la varietà delle informazioni che è in grado di fornire.²

Oggi - soprattutto nell'ambito della ricerca - sono disponibili tecniche all'avanguardia, che consentono approfondimenti mirati in diverse patologie: tra queste la **angioRM** o le **tecniche di diffusione RM**, utilizzate in vari campi della patologia neurologica dalle lesioni vascolari a quelle neoplastiche a quelle infettive.² Un limite alla diffusione della **RM** nella prima infanzia resta invece il ricorso alla sedazione nei bambini di età inferiore a 5-6 anni, che presuppone

l'esistenza di un'equipe dedicata di anestesisti in un contesto qualificato per le patologie pediatriche.²

La **TC** ha un impiego limitato in neuroradiologia pediatrica, pur rappresentando la tecnica di scelta nell'ambito dell'emergenza-urgenza neurologica e neurochirurgica e nelle patologie dell'osso (Tabella 1).² In particolare, il suo impiego è giustificato nello studio delle calcificazioni endocraniche associate a diverse patologie in quanto le attuali modalità di acquisizione **RM**, pur essendo molto sensibili alla presenza di calcio, non sono ancora diffuse e restano di difficile interpretazione.² Per quanto riguarda la valutazione dei seni paranasali, la **TC** - a dose contenuta - è impiegata per valutare lo stato di pervietà e di pneumatizzazione dei seni paranasali e delle fosse nasali, mentre la radiografia convenzionale non è più giustificata.⁶ Nell'ambito delle infezioni delle prime vie respiratorie, le indicazioni all'esecuzione di una **TC** si basano sulla presenza di rinosinusiti croniche e/o ricorrenti e sul sospetto di associazione a poliposi.^{6,7}

Per quanto riguarda la radiologia generale, l'introduzione nella pratica clinica di nuove metodiche di imaging non ha determinato l'abbandono delle tecniche convenzionali, ma ha definito un loro ruolo differente nell'ambito dei percorsi diagnostici, rendendo questi ultimi sempre più complessi.² In pediatria la scelta dell'indagine appropriata per il raggiungimento della diagnosi - sempre nel rispetto del rapporto costo/beneficio⁸ - è articolata e deve tener conto di un rischio biologico correlato non solo all'esposizione alle radiazioni ionizzanti ma ad ulteriori fattori, quali gli eventi avversi associati alla somministrazione del mezzo di contrasto, la necessità di sedazione o di narcosi, la disponibilità di apparecchiature per l'uso pediatrico e il livello di formazione degli operatori sanitari e del personale tecnico di supporto.² Il gradimento dei genitori nei confronti della singola metodica, la necessità o meno del ricovero e l'impatto psicologico dell'esame sul bambino e sulla famiglia sono fattori aggiuntivi che rientrano nell'algoritmo diagnostico.²

A differenza di quanto accade nell'adulto (nel quale è soprattutto il quadro patologico a guidare il percorso diagnostico) nel bambino un elemento decisionale importante è rappresentato dall'età.² Nei neonati, per esempio, le malformazioni cardiovascolari congenite sono studiate quasi esclusivamente mediante **cardioTC**.² Pur esponendo a dosi elevate di radiazioni, questa metodica richiede un tempo di esecuzione da pochi secondi a qualche minuto e viene eseguita ormai senza sedazione o narcosi, a differenza di quanto avviene con la **cardioRM**, che necessita di lunghi tempi di esecuzione.² Rispetto alla risonanza, ulteriori fattori a favore dell'indagine cardiaca tomografica risiedono nelle ridotte dimensioni degli organi studiati e nell'impossibilità di garantire l'apnea nel neonato o nel lattante. Questi specifici fattori non costituiscono infatti una limitazione, bensì caratteristiche vantaggiose, al pari dell'elevata frequenza respiratoria e del ritmo cardiaco accelerato.⁹

Indipendentemente dal rischio biologico, **radiografia convenzionale** e **TC** costituiscono l'esame di scelta per lo studio dello scheletro e del polmone¹¹ e la **TC** è la metodica di primo livello nella valutazione del bambino politraumatizzato.²

L'**ecografia** rappresenta tuttora la principale tecnica mediante immagini in radiodiagnostica pediatrica, sia quale approccio di primo livello (o quale unica indagine) sia quale esame di secondo livello.¹ Gli ultrasuoni sono preferibili non solo in termini di radioprotezione. Le minori dimensioni corporee e la relativamente minore quantità di tessuto adiposo del bambino costituiscono infatti un vantaggio per l'esplorazione ultrasonografica e l'utilizzo di sonde a elevata frequenza garantisce una migliore risoluzione spaziale e di contrasto.²

In Europa, e in particolare in Italia, l'ecografia è la tecnica più utilizzata nello studio della cavità e degli organi addominali, dei tessuti molli e degli organi superficiali. L'esame con ultrasuoni trova ampio utilizzo anche nella valutazione degli spazi pleurici e del parenchima polmonare¹² (queste aree non sono tradizionalmente studiate da questa metodica) e può

affiancare - o addirittura - sostituire la **radiografia convenzionale** o la **TC** nella valutazione di alcune condizioni patologiche dell'apparato scheletrico.²

La disponibilità di software ecografici avanzati ha infine permesso lo sviluppo di trasduttori sempre più sofisticati e di apparecchi sempre più compatti e maneggevoli ad alta prestazione anche per quanto riguarda la **metodica doppler ed ecocolordoppler**.²

Punti chiave

- La RM è la tecnica di scelta per la maggior parte delle patologie del sistema nervoso centrale
- In neuroradiologia, la TC è indicata nelle urgenze-emergenze, nei follow up chirurgici e nelle patologie delle strutture ossee (compreso l'orecchio) e dei seni paranasali
- La radiologia convenzionale è una metodica fondamentale per lo studio del polmone e dell'apparato scheletrico
- L'ecografia ha un ruolo centrale nella diagnosi mediante immagini pediatrica ed è la metodica di scelta quale approccio di primo livello nello studio dell'addome e nella valutazione dei tessuti molli superficiali

Bibliografia

1. Sorantin E, Weissensteiner S, Hesemberger G, et al. CT in children – dose protection and general consideration when planning CT in a child. *Eur J Radiol* 2012, in press, doi:10.1016/j.ejrad.2011.11.041
2. Triulzi F, Defilippi C. La diagnostica per immagini in pediatria: il presente e gli sviluppi futuri. *Prospettive in Pediatria* 2012; 42(167): 152-162
3. Brody AS et al. Radiation risk to children from computer tomography. *Pediatrics* 2007; 120: 677-682
4. Barkovich AJ, Guerrini R, Kuzniecky RI, et al. A developmental and genetic classification for malformations of cortical development: update 2012. *Brain* 2012; 135: 1348-1369
5. Napolitano M. et al. Ruolo dell'uro-risonanza magnetica in urologia pediatrica: stato dell'arte. *Prospettive in Pediatria* 2012; 42(167): 163-169
6. American College of Radiology. ACR appropriateness Criteria®. Sinusitis-Child. Date of origin 1999; last review date: 2012 (http://www.acr.org/departments/appropriateness_criteria/toc.html)
7. Leo G, Triulzi F, Incorvaia C. Sinus Imaging for diagnosis of chronic rhinosinusitis in children. *Curr Allergy Asthma Resp* 2012;12: 136-143
8. Strauss KJ, Goske MJ, Kaste SC, et al. Image gently: ten steps you can take to optimize image quality and lower CT dose for pediatric patients. *AJR* 2010; 194: 868-873
9. Goo HW. Cardiac MDCT in Children: CT Technology Overview and Interpretation. *Radiol Clin N Am* 2011; 49: 997-1010
10. Mahesh M. Advances in CT technology and application to pediatric imaging. *Pediatr Radiol* 2011;41 (Suppl 2): S493-497
11. Guillerman RP, Brody AS. Contemporary perspectives on pediatric diffuse lung disease. *Radiol Clin N Am* 2011; 49: 825-846
12. Coley BD. Chest sonography in children: current indications, techniques, and imaging findings. *Radiol Clin N Am* 2011; 49: 137-147

III. Tomografia computerizzata: caratteristiche e applicazioni cliniche

Fabio Triulzi, Andrea Righini

Tomografia computerizzata spirale e multistrato

La tomografia computerizzata (TC) è una metodica diagnostica non invasiva che permette di ottenere immagini assiali del corpo secondo angolazioni molteplici, con la distinzione dei diversi tessuti in base alla loro densità. I raggi X emessi da un tubo radiogeno ruotante intorno al paziente sono captate dai detettori, che trasformano il fascio di raggi in segnali analogici, poi convertiti in segnali digitali elaborati mediante computer.

Le tecniche attualmente disponibili sono la TC spirale (o elicoidale), introdotta alla fine anni ottanta, e la TC multistrato (o multidetettore), impiegata a partire dalla fine degli anni novanta.

- La **TC spirale**, detta anche elicoidale, si basa su una scansione continua a velocità costante. Il movimento continuo permette di ottenere dati relativi a un intero volume in un unico passaggio, con un'acquisizione non più per singolo piano ma spiroidale. I dati sono in seguito elaborati per la ricostruzione delle scansioni assiali singole.
- La **TC multistrato**, detta anche multidetettore, ha reso possibile l'acquisizione tridimensionale anziché assiale delle immagini. L'apparecchiatura, basata sul principio della TC spirale, è in grado di acquisire più proiezioni contemporaneamente utilizzando un sistema di sensori multipli paralleli (detettori), con performance almeno 4 volte superiori a quelle delle apparecchiature TC spirali e convenzionali. Questa tecnologia permette di effettuare scansioni di breve durata, riducendo gli artefatti da movimento, soprattutto nei bambini o nei pazienti poco collaborativi.

Vantaggi della TC spirale e multistrato

- **Acquisizione rapida e continua dei dati.** I principali vantaggi della TC spirale consistono nell'acquisizione continua dei dati e nella brevità del tempo di scansione totale, che permettono di esaminare in pochi secondi interi organi, apparati o aree corporee estese.
- **Archiviazione dei dati e successiva elaborazione.** Le immagini tomografiche possono essere direttamente archiviate o ulteriormente elaborate grazie a una serie di software applicativi che permettono la loro ricostruzione sui diversi piani dello spazio (assiale, sagittale, coronale e obliquo) e in tre dimensioni. Grazie a queste caratteristiche le capacità diagnostiche della TC spirale e multistrato sono superiori a quelle della TC convenzionale in particolare per quanto riguarda la tipizzazione, l'estensione e la localizzazione delle lesioni.
- **Assenza di artefatti da movimento.** La TC convenzionale è sensibile al movimento o

alla respirazione, fattori che impediscono il riconoscimento di patologie di piccole dimensioni (per esempio, le metastasi polmonari o epatiche) e non rendono possibile la continuità del profilo delle ricostruzioni multiplanari. Viceversa, la TC spirale è priva di tali artefatti grazie all'acquisizione delle immagini nell'arco di un unico atto di inspirazione. In organi come fegato, pancreas o rene - nei quali gli artefatti da respiro sono meno importanti rispetto al polmone - la rapidità della scansione consente una migliore tipizzazione della lesione e lo studio approfondito della farmacocinetica del mezzo di contrasto (modalità di assunzione, grado di vascolarizzazione, dismissione da parte di neoplasie benigne o maligne).

- **Riduzione dei tempi di indagine.** La notevole riduzione dei tempi richiesti per l'esecuzione dell'esame è particolarmente favorevole per i pazienti non collaborativi, in particolare i bambini, i politraumatizzati o i disabili.

Tabella 1. Principali vantaggi della TC spirale o multistrato

Assenza di artefatti da movimento (paziente in apnea)
Acquisizioni volumetriche (non singole <i>slice</i>)
Ricostruzione delle immagini da una singola acquisizione modificando i parametri
Riduzione del tempo di esame rispetto alla TC convenzionale
Maggiore copertura volumetrica e migliore risoluzione sull'asse z (ricostruzioni tridimensionali)
Qualità delle ricostruzioni più elevata
Aumento della velocità di acquisizione (tempo di scansione inferiore al secondo)
Possibilità di ricostruzioni multiple sulla base dei dati acquisiti

Rischio radiologico

Ai fini della radioprotezione è importante sottolineare che la TC comporta l'esposizione a una dose elevata di radiazioni (decine/centinaia di volte superiore rispetto a una comune radiografia del torace) e pertanto richiede una giustificazione clinica, in particolare nel bambino. È sempre necessario prendere in considerazione la possibilità di indagini alternative non ionizzanti, quali l'ecografia o la risonanza magnetica oppure esami radiologici a dose inferiore.

Indicazioni cliniche

Capo/neuroradiologia

- Permette la rappresentazione anatomica dell'encefalo nei diversi piani, differenziando tra sostanza bianca, sostanza grigia e spazi liquorali, cisternali e ventricolari, dei quali permette di valutare le alterazioni morfologiche e strutturali.
- È l'indagine di scelta nell'ambito dell'emergenza-urgenza neurologica e neurochirurgica e nelle patologie dell'osso (alterazioni e malformazioni del massiccio facciale, del cranio e dell'orecchio medio e interno).
- Permette di individuare lesioni scheletriche ed encefaliche da trauma (in fase acuta o di monitoraggio) e rappresenta la modalità di scelta nello studio delle patologie encefaliche e craniche, quali aneurismi e malformazioni vascolari, emorragia subaracnoidea e intraparenchimale o ischemia cerebrale.
- È utilizzata in alternativa alla RM per la valutazione delle patologie infettive focali (ascessi o cisti). Può essere utilizzata per lo studio delle calcificazioni endocraniche associate a patologie poiché le tecniche RM, se pur molto sensibili nei confronti della presenza di calcio, non sono ancora diffuse e sono di difficile interpretazione.

- Nello studio dei seni paranasali la TC a basso dosaggio fornisce informazioni dettagliate sull'anatomia e sulle anomalie a essi correlate. La dose può essere contenuta poiché l'obiettivo clinico non è lo studio dei tessuti molli (per i quali la TC ha una bassa capacità di caratterizzazione) ma la valutazione complessiva dello stato di pervietà e della pneumatizzazione dei seni e delle fosse paranasali.
- È indicata nella ricerca delle malformazioni della scatola cranica in età pediatrica (craniostenosi), sia per la velocità dell'esame sia per la possibilità di effettuare ricostruzioni tridimensionali (Tabella 2).

Torace/cardiologia

- Identifica lesioni traumatiche non direttamente visibili alla radiografia quali fratture sternali, sternoclavicolari e fratture occulte delle coste.
- È indicata nello studio delle patologie cardiache (cardioTC, complementare alla coronarografia convenzionale). L'impiego del mezzo di contrasto permette lo studio della struttura vascolare coronarica in tutta la sua estensione su vari piani e rende possibile l'identificazione di stenosi e la loro entità e l'individuazione precoce di placche calcifiche parietali (anche di dimensioni millimetriche) o irregolarità della parete vascolare.
- È utilizzata nella valutazione funzionale della cinesia delle camere e delle valvole cardiache.
- Permette lo studio morfodinamico in tre dimensioni dei distretti vascolari (angioTC), di aneurismi dell'aorta toracica e addominale e dei loro vasi periferici
- È impiegata nello studio dell'embolia dell'arteria polmonare, con sensibilità e specificità elevate (sostitutiva dell'esame angiografico convenzionale) (Tabella 2).

Torace/pneumologia

- È impiegata nello studio del mediastino e delle strutture ilari: a livello ilare individua lesioni retrocardiache, iloparailari e subpleuriche, di difficile evidenziazione con le tecniche convenzionali. A livello pleurico consente il rilievo precoce di piccoli ispessimenti, formazioni nodulari e versamenti.
- Identifica e definisce nel dettaglio lesioni polmonari di piccole dimensioni e permette lo studio della vascolarizzazione polmonare e mediastinica, delle malformazioni congenite artero-venose polmonari o endotoraciche e dell'embolia polmonare.
- È utile per l'identificazione di corpi estranei endobronchiali, nella valutazione dell'anatomia e nella diagnosi differenziale di una massa del mediastino.
- Identifica processi infiammatori e infettivi (mediastinite, ascessi o osteomielite sternale) e permette la valutazione delle complicanze post-trattamento e di masse residue o ricorrenti (Tabella 2).

Ortopedia.

- Consente di documentare lesioni traumatiche a livello del torace e dell'addome, in particolare fratture-lussazioni, specie se complesse e associate a distacco di piccoli frammenti ossei
- È impiegata nella valutazione dell'articolazione (ricostruzione tridimensionale) con documentazione completa di eventuali anomalie o entità di lussazione, sublussazione e fratture (Tabella 2).

Addome/nefrourologia

- È indicata per la valutazione dell'anatomia e dei rapporti topografici dei reni, degli ureteri e della vescica ed evidenzia eventuali reperti patologici. Le principali

indicazioni sono i traumi e le masse renali, il rene trapiantato e il rene escluso. Di quest'ultimo permette di valutare sede, causa ed estensione dell'ostacolo al deflusso urinario (Tabella 2).

Addome/gastroenterologia

- Impiegata nella stadiazione dei tumori e nella valutazione delle lesioni addominali o viscerali di origine traumatica (Tabella 2).

Oncologia

- Studia e documenta la patologia neoplastica ed è impiegata nella stadiazione di diverse neoplasie maligne, oltre che nel monitoraggio della risposta alla terapia.
- Fornisce importanti informazioni preoperatorie e guida le manovre di drenaggio, le biopsie, il posizionamento di cateteri e la resezione chirurgica (Tabella 2).

Bibliografia

- American Academy of Pediatrics. Subcommittee on Management of Sinusitis and Committee on Quality Improvement. Clinical practice guideline: management of sinusitis. *Pediatrics* 2001; 108: 708-808
- American College of Radiology. Appropriateness Criteria: Sinusitis Child. Disponibile all'indirizzo: http://www.acr.org/SecondaryMainMenuCategories/quality_safety/app_criteria/pdf/ExpertPanelonPediatricImaging/SinusitisChildDoc8.aspx
- American College of Radiology. ACR-SPR practice guidelines for the performance of pediatric computed tomography (CT). *Resolution 22 Radiology* 2008; 247: 331-343
- Barkovich AJ, Guerrini R, Kuzniecky RI, et al. A developmental and genetic classification for malformations of cortical development: update 2012. *Brain* 2012; 135: 1348-1369
- Brody AS et al. Radiation risk to children from computer tomography. *Pediatrics* 2007; 120: 677-682
- Goo HW. Cardiac MDCT in Children: CT Technology Overview and Interpretation. *Radiol Clin N Am* 2011; 49: 997-1010
- Leo G, Triulzi F, Incorvaia C. Sinus Imaging for diagnosis of chronic rhinosinusitis in children. *Curr Allergy Asthma Resp* 2012; 12: 136-43
- Mahesh M. Advances in CT technology and application to pediatric imaging. *Pediatr Radiol* 2011; 41 (Suppl 2): S493-497
- YU L et al. Radiation dose reduction in computed tomography: techniques and future perspective. *Imaging Med* 2009; 1(1): 65-84
- Sorantin E, Weissensteiner S, Hesenerberger G, et al. CT in children – dose protection and general consideration when planning CT in a child. *Eur J Radiol* 2012, in press, doi:10.1016/j.ejrad.2011.11.041
- Strauss KJ, Goske MJ, Kaste SC, et al. Image gently: ten steps you can take to optimize image quality and lower CT dose for pediatric patients. *AJR* 2010; 194: 868-873
- Triulzi F, Defilippi C. La diagnostica per immagini in pediatria: il presente e gli sviluppi futuri. *Prospettive in Pediatria* 2012; 42(167): 152-162
- Voss SD. Pediatric oncology and the future of oncological imaging. *Pediatr Radiol* 2011;41 (Suppl 1): S172-85
- Wootton-Gorges SL. Musculoskeletal imaging in children. Preface. *Radiol Clin N Am* 2009; 47

Tabella 2. Principali indicazioni all'impiego della TC in radiodiagnostica

Cranio/Neuroradiologia	<ul style="list-style-type: none"> • Urgenze in traumatologia (cranio, encefalo e rachide) • Urgenze non traumatiche (ictus ischemico o emorragico) • Follow up chirurgico • Patologie ossee e malformazioni dell'orecchio medio e interno, malformazioni del cranio, del massiccio facciale e del rachide • Patologie infettive focali (ascessi o cisti) • Ricerca delle calcificazioni intracraniche • Patologia dei seni paranasali (no tessuti molli) • Studio delle malformazioni craniche in età pediatrica
Torace/Cardiologia	<ul style="list-style-type: none"> • Studio dei vasi coronarici • Valutazione della cinesi delle camere e delle valvole cardiache • Studio morfodinamico di distretti vascolari, aneurismi dell'aorta o dei vasi periferici • Studio dell'embolia dell'arteria polmonare
Torace/Pneumologia	<ul style="list-style-type: none"> • Studio del mediastino e delle strutture ilari • Definizione di lesioni polmonari di piccole dimensioni • Studio della vascolarizzazione polmonare e mediastinica • Studio delle malformazioni congenite arterovenose polmonari ed endotoraciche • Diagnosi di embolia polmonare • Identificazione di corpi estranei endobronchiali • Valutazione anatomica e diagnosi differenziale di una massa mediastinica • Identificazione di processi infiammatori e infettivi • Valutazione delle complicanze post-trattamento, masse residue o ricorrenti
Ortopedia	<ul style="list-style-type: none"> • Documentazione di lesioni traumatiche toraciche e addominali complesse • Documentazione di anomalie articolari mediante ricostruzione tridimensionale (lussazione, sublussazione e fratture) • Valutazione dell'articolazione (ricostruzione tridimensionale) • Identificazione di fratture sternali, sternoclavicolari e fratture occulte delle coste
Addome/Nefrourologia	<ul style="list-style-type: none"> • Studio dell'anatomia e dei rapporti topografici di reni, ureteri e vescica • Studio di traumi addominali, masse renali, rene trapiantato e rene escluso • Studio di ostacoli al deflusso urinario • Studio morfodinamico di distretti vascolari, aneurismi dell'aorta o dei vasi periferici
Addome/Gastroenterologia	<ul style="list-style-type: none"> • Valutazione delle lesioni addominali o viscerali traumatiche • Studio morfodinamico di distretti vascolari, aneurismi dell'aorta o dei vasi periferici
Oncologia	<ul style="list-style-type: none"> • Studio dei noduli polmonari • Stadiazione delle neoplasie maligne • Monitoraggio della risposta terapeutica • Valutazione prechirurgica • Guida alla biopsia e ai drenaggi, al posizionamento di cateteri e alla resezione

IV. Risonanza magnetica: caratteristiche e applicazioni cliniche

Fabio Triulzi, Andrea Righini

Risonanza magnetica

La risonanza magnetica (RM) è una metodica non invasiva che non utilizza radiazioni ionizzanti in quanto si basa sulle proprietà magnetiche degli atomi che costituiscono i tessuti. La radiazione elettromagnetica emessa dai tessuti viene captata e trasformata in immagine grazie a un convertitore analogico-digitale e a un'unità di elaborazione computerizzata.

La RM consente acquisizioni dirette delle strutture anatomiche su tutti i piani spaziali: oltre al piano assiale di riferimento permette di valutare il piano sagittale e quello coronale.² La sagittale mediana è fondamentale per lo studio delle strutture della linea mediana dell'encefalo mentre quello coronale è indispensabile per lo studio dei lobi encefalici temporali.

L'elevata accuratezza diagnostica della RM dipende da diversi fattori: il tempo di rilassamento longitudinale (contrasto T1) e trasversale (contrasto T2), la densità protonica della regione studiata, la presenza di liquidi in movimento (per esempio, sangue e siero) o di sostanze paramagnetiche endogene (calcio, derivati dell'emoglobina, eccetera). La RM permette di evidenziare (o al contrario sopprimere) il segnale dovuto al sangue oppure di ottenere informazioni di carattere funzionale.

Vantaggi e limiti della RM

Vantaggi

- La RM permette di studiare tutti gli organi o apparati ed è un esame ripetibile che non espone a radiazioni ionizzanti.
- Ha una migliore risoluzione rispetto alla TC nei confronti dei tessuti molli, del sistema nervoso centrale e delle articolazioni.
- Permette di discriminare tra diversi tessuti, per esempio il tessuto epatico da quello della milza (che ai raggi X presentano la stessa trasparenza) oppure i tessuti sani da quelli patologici (Tabella 3).

Limiti

- L'esecuzione corretta e completa di una RM nei bambini di età inferiore a 5-6 anni richiede la sedazione
- Richiede tempi di scansione più lunghi rispetto alle altre tecniche radiologiche (da 30 a 60 minuti)
- Ha basse risoluzioni temporale (qualche immagine al secondo) e spaziale intrinseca (le lesioni di 1 mm sono al limite della visibilità)
- È scarsa la disponibilità di apparecchiature RM a esclusivo uso pediatrico (Tabella 3).

Tabella 3. Principali vantaggi e limiti della RM

Vantaggi	<ul style="list-style-type: none"> • Assenza di esposizione a radiazioni ionizzanti • Possibilità di studiare qualunque organo e apparato • Esame ripetibile • Migliore risoluzione vs TC per sistema nervoso centrale, articolazioni e tessuti molli • Discriminazione tra tessuti (per esempio epatico e splenico, fisiologico e patologico)
Limiti	<ul style="list-style-type: none"> • Sedazione/anestesia nei bambini di età < 5-6 anni • Lunghi tempi di scansione (30-60 minuti) • Bassa risoluzione temporale (qualche immagine al secondo) • Bassa risoluzione spaziale (limite visibilità: lesioni < 1mm) • Scarsa diffusione di apparecchiature RM a esclusivo uso pediatrico

Indicazioni cliniche

Sistema nervoso centrale

- Tecnica fondamentale per lo studio delle lesioni encefaliche, quali patologie degenerative (per esempio sclerosi multipla) e infiammatorie diffuse o localizzate, neoplasie, edema, emorragia e ischemia intracerebrale, calcificazioni. In particolare la RM è un esame utile a evidenziare placche di demielinizzazione.
- In campo prettamente oncologico (in particolare nei tumori sottotentoriali) ha un'elevata sensibilità nell'identificazione delle lesioni della fossa cranica posteriore, soprattutto a livello della giunzione cranio-vertebrale.
- È una metodica di scelta nello studio delle lesioni intramidollari ed extramidollari, sia primitive sia secondarie. A livello intramidollare permette di distinguere tra nodulo tumorale, cisti e siringomielia.
- Nell'ambito della patologia vascolare relativa al SNC identifica le lesioni ischemiche ed emorragiche in fase acuta ed è superiore alla TC nell'evidenziare la componente cicatriziale perilesionale.
- È indicata nella patologia malformativa e vascolare, nell'ambito della quale è in grado di evidenziare noduli emorragici (Tabella 4).

Apparato muscoloscheletrico

- Ha elevate sensibilità e specificità nello studio delle strutture cartilaginee (in particolare delle placche di accrescimento) e nell'evidenziazione delle patologie e delle varianti normali del midollo osseo (Tabella 4).

Apparato cardiovascolare

- È una metodica complementare alla cardio-TC nell'imaging cardiaco pediatrico, soprattutto nel bambino più piccolo.
- È indicata quale indagine di secondo livello insieme alla TC nello studio delle malformazioni vascolari congenite. La scelta tra RM e TC si basa su quesiti clinici specifici e dipende dal singolo paziente.
- Insieme alla cardio-TC, costituisce uno strumento essenziale per la diagnosi, la pianificazione terapeutica e il follow up postchirurgico ed endovascolare.
- Indicata nelle valutazioni funzionali cardiache (Tabella 4).

Sistema biliare e intestinale, apparato urinario

- Indicata per lo studio del sistema biliare (colangioRM) e delle vie urinarie (uroRM) in alternativa alle metodiche contrastografiche invasive come la colangiografia retrograda endoscopica o percutanea transepatica e la pielografia translombare o endoscopica.
- Impiegata nello studio dell'intestino, del sistema biliare e dell'apparato escretore urinario (sequenze single-shot T2 ultraveloci nel bambino non sedato) (Tabella 4).

Oncologia pediatrica

- Indicata nella valutazione delle lesioni tumorali, sia alla diagnosi sia nel follow up, in terapia e negli intervalli terapeutici. Per quanto riguarda in particolare le neoplasie del SNC, la RM permette di identificare i tumori sovra- e sottotentoriali e di delimitare topograficamente la lesione.
- Impiegata nella valutazione di patologie diffuse o disseminate del midollo osseo, nello studio della perfusione della massa tumorale e nella stadiazione e follow up dei tumori infantili (vedi Tecniche RM di nuova generazione) (Tabella 4).

Tecniche RM di ultima generazione

RM di diffusione

Le tecniche RM di diffusione rappresentano con immagini i microscopici movimenti spontanei e caotici delle molecole d'acqua (moti browniani) nei tessuti. Questi movimenti dipendono dalle caratteristiche di legame dell'acqua, dalla sua distribuzione in compartimenti e dalla temperatura. L'RM di diffusione è utilizzata per lo studio non invasivo dei processi in vivo. Si distinguono in:

- RM DWI: si basa sulla creazione di immagini con contrasto dipendente dalla diffusione (diffusion weighted imaging, DWI).
- RM a tensore di diffusione DTI (diffusion tensor imaging): misura la diffusione nelle tre direzioni spaziali, cioè nelle direzioni delle connessioni neuronali; fornisce informazioni sull'organizzazione microscopica della sostanza bianca ed è utile per esaminare le connessioni anatomiche tra le diverse aree cerebrali o per lo studio delle lesioni encefaliche.
- RM ADC: impiega mappe parametriche di espressione del coefficiente di diffusione (apparent diffusion coefficient, ADC) ed è utile per identificare la presenza di restrizioni (viscosità o masse). Ha un ruolo importante nella caratterizzazione dei tessuti in vivo (quali le neoplasie) e nel monitoraggio della risposta al trattamento.

L'impiego esteso della RM di diffusione - oltre che all'elevato contenuto di informazioni - è dovuto alla rapidità di acquisizione delle immagini (anche meno di un minuto). È impiegata nello studio di diverse patologie: tumori cerebrali, infezioni (elevata sensibilità alla presenza di ascessi), malattie metaboliche.

La *whole body* RM è una tecnica RM di diffusione oggi già ampiamente utilizzata nella valutazione delle patologie diffuse o disseminate del midollo osseo; è impiegata con sempre maggiore frequenza nella stadiazione e nel follow up dei tumori infantili (Tabella 5).

Tabella 4. Principali indicazioni all'impiego della RM in radiodiagnostica

Neuroradiologia	<ul style="list-style-type: none"> • Studio delle lesioni encefaliche: patologie degenerative (per esempio, sclerosi multipla) e infiammatorie diffuse o localizzate, neoplasie, edema, emorragia e ischemia intracerebrale, calcificazioni • Evidenziazione di placche di demielinizzazione • Identificazione delle lesioni della fossa cranica posteriore, in particolare a livello della giunzione cranio-vertebrale (assenza di artefatti e possibilità di studio con sezioni sagittali e coronali) • Studio delle lesioni intramidollari ed extramidollari, sia primitive sia secondarie (metodica di scelta) • Distinzione a livello intramidollare tra nodulo tumorale, cisti e siringomielia • Identificazione delle lesioni ischemiche ed emorragiche in fase acuta nella patologia vascolare relativa al SNC (pari alla TC) • Evidenziazione della la componente cicatriziale perilesionale (superiore alla TC) • Evidenziazione dei noduli emorragici nella patologia malformativa e vascolare
Apparato muscolo scheletrico	<ul style="list-style-type: none"> • Valutazione delle patologie dell'apparato muscoloscheletrico e dei tessuti molli (metodica di scelta) • Studio delle strutture cartilaginee, in particolare delle placche di accrescimento (elevate sensibilità e specificità) • Evidenziazione delle patologie e delle varianti normali del midollo osseo (elevate sensibilità e specificità)
Apparato cardiovascolare	<ul style="list-style-type: none"> • Imaging cardiaco complementare alla cardioTC (soprattutto nel bambino più piccolo). • Diagnosi delle malformazioni cardiovascolari congenite (metodica di approfondimento con ecocardiogramma non esaustivo, in alternativa alla TC ma solo in base a quesiti clinici specifici in ambito multidisciplinare e in funzione del singolo paziente (cardio RM)) • Pianificazione terapeutica e follow up postchirurgico ed endovascolare nelle malformazioni vascolari congenite (insieme alla cardioTC) • Valutazioni funzionali (sono un'esclusiva della cardio-RM)
Sistema biliare e intestinale, apparato urinario	<ul style="list-style-type: none"> • Studio del sistema biliare (colangioRM) • Studio degli apparati renale, urinario e vascolare (uroRM) • Studio di intestino, sistema biliare e apparato escretore urinario con sequenze single-shot T2 ultraveloci nel bambino non sedato • Valutazione degli organi addominali e pelvici e del mediastino con sequenze single-shot T2 ultraveloci nel bambino non sedato (oggetto di dibattito)
Oncologia	<ul style="list-style-type: none"> • Studio e delimitazione topografica della lesione neoplastica • Diagnosi, stadiazione e follow up delle neoplasie (in corso di terapia e negli intervalli terapeutici) • Identificazione dei tumori nel sistema nervoso centrale (in particolare sottotensoriali) • Valutazione di patologie diffuse o disseminate del midollo osseo (RM avanzata) • Studio della perfusione della massa tumorale (RM avanzata)

Spettroscopia RM

Fornisce informazioni sulla presenza e sulla concentrazione relativa di alcuni metaboliti cerebrali (in particolare acido N-acetilaspartato, creatina e colina) ed è impiegata nello studio di alcune malattie metaboliche caratterizzate dall'accumulo di metaboliti specifici (iperglicinemia non chetotica, malattia di Canavan, eccetera). Rappresenta un importante esame complementare nella caratterizzazione dei tumori cerebrali e nella fase acuta dell'ischemia (Tabella 5).

Trattografia RM

E' una derivazione dalle tecniche di diffusione e permette di ricostruire tridimensionalmente in vivo l'architettura dei fasci di fibre nervose che formano la sostanza bianca dell'encefalo. E' una metodica utilizzata soprattutto nell'ambito della ricerca e non ha ancora una chiara applicazione clinica (Tabella 5).

RM di perfusione

Le tecniche di perfusione consentono di valutare la perfusione cerebrale con o senza mezzo di contrasto. In particolare forniscono informazioni sul volume ematico cerebrale regionale, sul tempo di transito regionale e (conoscendo l'input arterioso) sul flusso ematico cerebrale regionale. Queste tecniche sono importanti in tutta la patologia ischemica focale o diffusa e nella caratterizzazione dei tumori cerebrali. Non sono ancora utilizzate di routine (Tabella 5).

RM funzionale

Le tecniche di imaging funzionale (fRM) sfruttano l'effetto paramagnetico del sangue deossigenato (desossiemoglobina) che si accumula nelle regioni cerebrali funzionalmente attive. La fRM è in uso ormai da qualche decennio ed è utilizzata in ambito neurofisiologico, neuropsicologico e neuropsichiatrico. Non è una tecnica impiegata di routine nella clinica (Tabella 5).

RM volumetrica

Le tecniche RM volumetriche, mediante l'acquisizione dell'intero volume dell'encefalo e la successiva segmentazione, permettono la definizione quantitativa o semiquantitativa delle componenti encefaliche principali (sostanza bianca e sostanza grigia). Il dato volumetrico quantitativo che ne deriva è utile nello studio delle malattie degenerative, delle sindromi malformative e dell'epilessia del lobo temporale. La segmentazione mediante RM non è una tecnica di routine (Tabella 5).

RM ad alta risoluzione

La RM a elevata risoluzione è una metodica promettente soprattutto nello studio delle malformazioni dello sviluppo corticale cerebrale, ma non è ancora utilizzata in clinica. Questa tecnica impiega campi a risoluzione maggiore rispetto alla RM convenzionale (3T vs 1,5T) raggiungendo voxel (volume minimo della matrice di acquisizione dell'esame) di 0,3x0,3x1 mm. Le apparecchiature 3T sono più sensibili agli artefatti da movimento e da respirazione, tuttavia la velocità fino a 4 volte superiore costituisce un notevole vantaggio (Tabella 5).

Tabella 5. Tecniche RM avanzate e indicazioni all'impiego	
Tecnica RM	Indicazioni di impiego
RM di diffusione	<ul style="list-style-type: none"> Studio di patologie tumorali, infettive e metaboliche e di particolari forme di edema
RM DTI	<ul style="list-style-type: none"> Studio dell'organizzazione microscopica della sostanza bianca Esame delle connessioni anatomiche tra le diverse aree cerebrali Studio delle lesioni encefaliche
RM ADC	<ul style="list-style-type: none"> Identificazione di restrizioni (viscosità o masse) Caratterizzazione dei tessuti in vivo (neoplasie) Monitoraggio della risposta al trattamento
RM whole body	<ul style="list-style-type: none"> Valutazione delle patologie diffuse o disseminate del midollo osseo Stadiazione e follow up dei tumori infantili
Spettroscopia RM	<ul style="list-style-type: none"> Studio di malattie metaboliche Caratterizzazione dei tumori cerebrali e della fase acuta dell'ischemia (esame complementare)
Trattografia RM	<ul style="list-style-type: none"> Ricostruzione tridimensionale dell'architettura della sostanza bianca encefalica
RM di perfusione	<ul style="list-style-type: none"> Valutazione della perfusione cerebrale Valutazione del volume ematico cerebrale regionale, del tempo di transito regionale e del flusso ematico cerebrale regionale Studio delle patologie ischemiche focali o diffuse Caratterizzazione dei tumori cerebrali
RM funzionale	<ul style="list-style-type: none"> Studio in ambito neurofisiologico, neuropsicologico e neuropsichiatrico (non di routine)
RM volumetrica	<ul style="list-style-type: none"> Studio volumetrico nelle malattie degenerative, nelle sindromi malformative e nell'epilessia del lobo temporale (non di routine)
RM ad alta risoluzione	<ul style="list-style-type: none"> Studio della malformazione dello sviluppo corticale (solo nell'ambito della ricerca)

Bibliografia

- Barkovich AJ, Guerrini R, Kuzniecky RI, et al. A developmental and genetic classification for malformations of cortical development: update 2012. *Brain* 2012; 135: 1348-1369
- Cha S. Dynamic susceptibility-weighted contrast-enhanced perfusion MR imaging in pediatric patients. *Neuroimaging Clin N Am* 2006; 16: 137-147
- Dagia C, Ditchfield M. 3T MRI in paediatrics: challenge and clinical applications. *Eur J Radiol* 2008; 68: 309-319
- Huang J, Raman SS, Vuong N, et al. Utility of breath-hold fast-recovery fast spinecho T2 versus respiratory-triggered fast spin-echo T2 in clinical hepatic imaging. *AJR* 2005; 184: 842-848
- Huppi PS, Dubois J. Diffusion tensor imaging of brain development. *Semin Fetal Neonatal Med* 2006; 11: 489-497
- Napolitano M. et al. Ruolo dell'uro-risonanza magnetica in urologia pediatrica: stato dell'arte. *Prospettive in Pediatria* 2012; 42(167): 163-169
- Padhani AR, Miles KA. Multiparametric imaging of tumor response to therapy. *Radiology* 2010; 256: 348-336
- Rumboldt Z, Camacho DL, Lake D, et al. Apparent diffusion coefficients for differentiation of cerebellar tumors in children. *Am J Neuroradiol* 2006; 27: 1362-1369
- Schneider JF, Confort-Gouny S, Viola A, et al. Multiparametric differentiation of posterior fossa tumors in children using diffusion-weighted imaging and short echo-time 1H-MR spectroscopy. *J Magn Reson Imaging* 2007; 26: 1390-1398
- Triulzi F, Defilippi C. La diagnostica per immagini in pediatria: il presente e gli sviluppi futuri. *Prospettive in Pediatria* 2012; 42(167): 152-162
- Vasanawala SS, Lustig M. Advances in pediatric body MRI. *Pediatr Radiol* 2011;41 (Suppl 2): S549-554
- Vigneron DB. Magnetic resonance spectroscopic imaging of human brain development. *Neuroimaging Clin N Am* 2006; 16: 75-85
- Voss SD. Pediatric oncology and the future of oncological imaging. *Pediatr Radiol* 2011;41 (Suppl 1): S172-85
- Wang J, Licht DJ. Pediatric perfusion MR using arterial spin labelling. *Neuroimmagine Clin N Am* 2006; 16: 149-167
- Wootton-Gorges SL. Musculoskeletal imaging in children. Preface. *Radiol Clin N Am* 2009; 47

V. Ecografia: caratteristiche e applicazioni cliniche

Fabio Triulzi, Andrea Righini

Ecografia

L'ecografia è una tecnica strumentale per immagini che impiega gli ultrasuoni - onde sonore ad alta frequenza (1-20 MHz) - per lo studio di organi e apparati. Gli ultrasuoni sono generati da trasduttori presenti sulla sonda che trasformano l'energia elettrica in energia meccanica vibrazionale.

Le onde sonore sono inviate verso l'organo da sottoporre all'indagine e intercettano sul loro tragitto un'interfaccia di tessuti a diversa densità. Una parte degli ultrasuoni è riflessa e ricaptata dalla sonda. L'elaborazione dell'onda riflessa dà luogo alle immagini del tessuto studiato. L'ecografia è la metodica ideale per lo studio dei tessuti molli e parenchimatosi.

In molte branche della medicina l'ecografia è ormai considerata un completamento dell'esame clinico, per esempio in neonatologia, ginecologia e in cardiologia. Rappresenta il mezzo ideale di imaging in pediatria.

Vantaggi e limiti dell'ecografia

Vantaggi

- Non comporta l'esposizione del paziente a radiazioni ionizzanti,
- Non è invasiva
- Non richiede alcuna preparazione o sedazione del paziente
- Non ha controindicazioni
- È ripetibile
- È ideale nei bambini, in quanto presentano minori spessori e un minor contenuto di grassi nei tessuti, entrambe caratteristiche che rendono ottimale la resa della procedura
- È maneggevole e di basso costo, entrambi fattori che giustificano la sua esecuzione nella pratica clinica di routine, in emergenza, in reparto e in ambulatorio, con risposte immediate e facilmente verificabili nel follow up.

Limiti

- È una metodica fortemente operatore-dipendente, che richiede una formazione specifica e un'attività dedicata specificamente all'ambito pediatrico.

Indicazioni cliniche

Addome

È ideale per lo studio delle patologie di tutti gli organi addominali e dello scavo pelvico, la sottile struttura del bambino permette infatti di avere accesso anche ai tessuti più profondi.

È l'esame di scelta nei bambini con sospetta appendicite acuta, nello studio dei reni e delle vie urinarie, degli organi parenchimatosi e cavi.

Anche lo studio delle malattie infiammatorie croniche intestinali ha tratto grande vantaggio dall'ecografia, nel bambino in misura maggiore rispetto all'adulto.

Torace

Attualmente l'ecografia è impiegata anche nella valutazione degli spazi pleurici e del parenchima polmonare, fino a sostituire la radiografia tradizionale o la TC nella valutazione dell'apparato pleuropolmonare e dell'apparato scheletrico. L'ecografia è in grado di differenziare le atelectasie e le infezioni, può definire i depositi fibrinici di un versamento pleurico con sensibilità e specificità superiori alla TC.

L'indagine con ultrasuoni permette di definire il versamento pleurico, la sua struttura e il volume anche per guidare il drenaggio transtoracico.

Versamenti

Per la sua elevata sensibilità, l'ecografia è la metodica ideale per la valutazione delle raccolte liquide e delle falde intrarticolari, sottocapsulari, peritoneali, pleuriche, iuxtafasciali, intraparenchimali, eccetera. La specificità dell'ecografia non è abbastanza elevata da permettere una definizione di certezza della natura del versamento.

Ortopedia-traumatologia

Quando la corticale dell'osso presenta una soluzione di continuità (frattura) gli ultrasuoni possono oltrepassare la barriera corticale e integrare le informazioni fornite dalla radiografia nella diagnosi di fratture, nel follow up dei calli ossei o nelle fratture perinatali della clavicola.

Lo studio delle cartilagini di accrescimento rappresenta il campo ottimale di indagine degli ultrasuoni (distacchi epifisari, apofisari, epifisiolisi, eccetera).

Nel neonato, oltre all'uso classico nella displasia evolutiva dell'anca, gli ultrasuoni hanno ampio spazio nello studio della colonna vertebrale (anomalie, schisi, eccetera) e nelle problematiche muscolari (torcicollo).

Tecniche ecografiche avanzate

Contrast enhancement sonography (CEUS)

È una tecnica innovativa che permette di ricostruire tridimensionalmente la scansione ecografica e di studiare la struttura dei tessuti utilizzando un mezzo di contrasto ecografico somministrato per via endovenosa. Attualmente la CEUS è limitata all'ambito sperimentale, alla patologia muscoloscheletrica, alla traumatologia addominale e al follow up della terapia oncologica.

Elastosonografia

È un'altra metodica innovativa che permette l'analisi quantitativa dei tessuti patologici attraverso lo studio delle caratteristiche ecostrutturali. L'elastosonografia è in grado di misurare l'elasticità di un tessuto quale risposta alla pressione generata dall'impulso ultrasonoro o da una pressione diretta. Le indicazioni dell'elastosonografia sono principalmente la tiroide, il fegato, i muscoli e la mammella. In campo pediatrico nelle malattie croniche, metaboliche, epatocitarie e biliari viene utilizzata per il follow up.

Bibliografia

- Coley BD: Chest sonography in Children: Current indications, Techniques, and Imaging findings. *Radiol Clin N Am* 2011; 16: 137-147
- Guillerman RP, Brody AS. Contemporary Perspectives on Pediatric Diffuse Lung Disease. *Radiol Clin N AM* 2011; 49: 847-868
- Triulzi F, Defilippi C. La diagnostica per immagini in pediatria: il presente e gli sviluppi futuri. *Prospettive in Pediatria* 2012; 42(167): 152-162

VI. Radioprotezione in pediatria: procedure diagnostiche e rischio associato

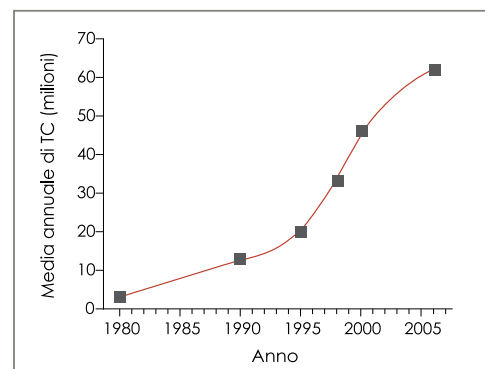
Andrea Pola, Maria Vittoria Introini

Un beneficio esposto a rischi

Nell'ultimo decennio la comunità scientifica internazionale ha mostrato una crescente sensibilità nei confronti del rischio associato all'esposizione a radiazioni dei pazienti sottoposti a procedure diagnostiche. Dopo una prima fase storica nella quale tutta l'attenzione fu rivolta al personale esposto per motivi professionali, le diverse organizzazioni e commissioni internazionali che si occupano degli effetti biologici delle radiazioni e di protezione radiologica, tra le quali lo United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), la International Agency for Research on Cancer (IARC), la National Academy of Sciences (NAS/NRC) e l'International Commission on Radiological Protection (ICRP), hanno sottolineato con sempre maggior vigore la necessità di avviare processi di formazione del personale coinvolto nella prescrizione ed esecuzione di esami radiodiagnostici su tematiche inerenti la radioprotezione del paziente.

Questa esigenza è diventata ancora più urgente alla luce di un marcato aumento nei paesi industrializzati del ricorso alla tomografia computerizzata (TC) (Figura 1), un esame che comporta una dose di radiazioni ionizzanti centinaia di volte superiore a una comune radiografia. La disponibilità di attrezzature tecnologicamente sempre più avanzate, in grado di ridurre i tempi di acquisizione e di migliorare la risoluzione delle immagini, ha portato al graduale ma costante incremento di tale tecnica anche in ambito pediatrico, con un impiego addirittura raddoppiato negli ultimi dieci anni. Questa tendenza, che nel 30% dei casi si dimostra non giustificata, ha dunque fatto emergere una serie di interrogativi circa la reale percezione del rischio radiologico da parte del personale medico coinvolto.

Figura 1. Stima del numero di indagini tomografiche eseguite annualmente negli Stati Uniti



Fonte: Brenner DJ. N Engl J Med 2007; 357: 2277-2284

Esami diagnostici e radiazioni

Le attuali tecnologie utilizzate nell'ambito della diagnostica medica forniscono informazioni morfologiche e/o funzionali in maniera non invasiva mediante la generazione e l'analisi di campi elettromagnetici. Ciascuna delle procedure utilizzate ha un diverso impatto sulla salute del paziente, ovvero un rischio specifico associato alle proprietà delle onde elettromagnetiche utilizzate e alle modalità di interazione con le strutture a diversa densità che costituiscono il distretto corporeo irradiato. Tale interazione avviene mediante il trasferimento di energia dall'onda elettromagnetica agli atomi costituenti il tessuto biologico: quando la quantità di energia trasferita durante l'interazione onda-materia è piccola, i processi innescati a livello atomico e molecolare sono di tipo eccitativo e gli effetti sono esclusivamente di carattere termico. Si parla in questo caso di **radiazioni non ionizzanti**, tipiche dell'ecografia (o ecotomografia) - basata sulla riflessione (eco) di onde elettromagnetiche di frequenza dell'ordine dei megahertz (ultrasuoni) - e della risonanza magnetica (RM), che sfrutta invece l'interazione di campi magnetici con le molecole che costituiscono il tessuto, in particolare con i protoni presenti nel nucleo di ciascun atomo. Quando la quantità di energia trasmessa è tale da ionizzare gli atomi colpiti, all'interazione seguono processi fisici, chimici e biologici in grado di compromettere le funzionalità del tessuto interessato. È quanto si verifica nelle procedure radiografiche convenzionali, nella TC o nella tomografia a emissione di positroni (PET), procedure basate sull'impiego di onde elettromagnetiche ad altissima frequenza (**radiazioni ionizzanti**) (Tabella 1).

Tabella 1. Esempi di procedure diagnostiche che impiegano radiazioni non ionizzanti o ionizzanti

Procedura diagnostica	Tipo di radiazione	Meccanismo d'azione	Rischio
Ecografia	Non ionizzante	Riflessione di onde elettromagnetiche dell'ordine dei megahertz (ultrasuoni)	Nulla
Risonanza magnetica	Non ionizzante	Interazione di campi magnetici con i protoni degli atomi che costituiscono il tessuto	Nulla
Radiografia, tomografia computerizzata, tomografia a emissione di positroni	Ionizzante	Ionizzazione degli atomi che costituiscono il tessuto (raggi X)	Possibile lesione cellulare a livello del tessuto irradiato

Ne consegue che mentre l'impiego di tecniche quali l'ecografia e la RM non comporta alcun effetto rilevante per la salute del paziente, il ricorso alle indagini radiodiagnostiche - e in particolare alla TC - implica un rischio non nullo, in particolare nel paziente pediatrico, che ha una lunga aspettativa di vita oltre che una maggiore distribuzione di tessuti in accrescimento (e pertanto particolarmente radiosensibili). Si stima infatti che nel bambino la probabilità di danno dovuto all'esposizione a radiazioni ionizzanti sia almeno 3-4 volte superiore rispetto all'adulto.

Meccanismi del danno biologico

Gli effetti che le radiazioni inducono su un tessuto biologico o su un organo sono la conseguenza di una serie complessa di processi chimici e fisici innescati dal trasferimento di energia dalla radiazione al tessuto o organo colpito. Quando la radiazione attraversa il tessuto gli atomi e le molecole di cui esso è composto possono essere ionizzati o eccitati. Questi

processi primari, che avvengono in tempi estremamente brevi (frazioni di nanosecondi), avviano una complessa catena di eventi che conduce alla manifestazione del danno biologico. L'entità di tale danno è variabile e risulta dall'insieme di diversi fattori, tra i quali il tipo di radiazione e di tessuto, il meccanismo di difesa attivato dall'organismo e la fase del ciclo cellulare. La porzione di cellula più radiosensibile è il DNA, che può essere danneggiato per via **diretta** - ovvero mediante l'interazione della radiazione con la doppia elica - o **indiretta**, cioè a opera di specie chimiche altamente reattive prodotte dalla radiazione (Figura 2). Poiché le cellule sono costituite per più del 70% di acqua, la maggior parte dei danni avviene per via indiretta mediante la ionizzazione e/o l'eccitazione delle molecole di acqua, con conseguente produzione di radicali liberi ed elettroni che sono in grado di colpire e danneggiare le basi del DNA. Tali processi possono condurre - con probabilità estremamente variabile - alla rottura di un singolo filamento di DNA (*single strand break*). Quando due rotture avvengono a distanza sufficientemente ravvicinata su ciascuno dei due filamenti si verifica una rottura della doppia elica (*double strand break*) (Figura 3).

Figura 2. Modalità diretta e indiretta di danneggiamento dell'elica di DNA da parte della radiazione

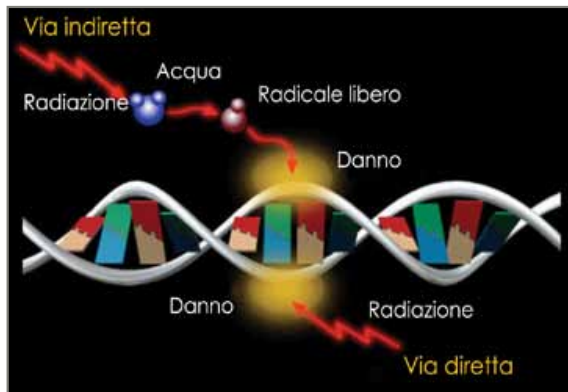
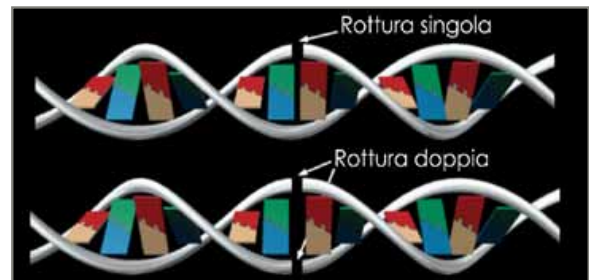


Figura 3. Rappresentazione schematica di una rottura singola o doppia dell'elica di DNA



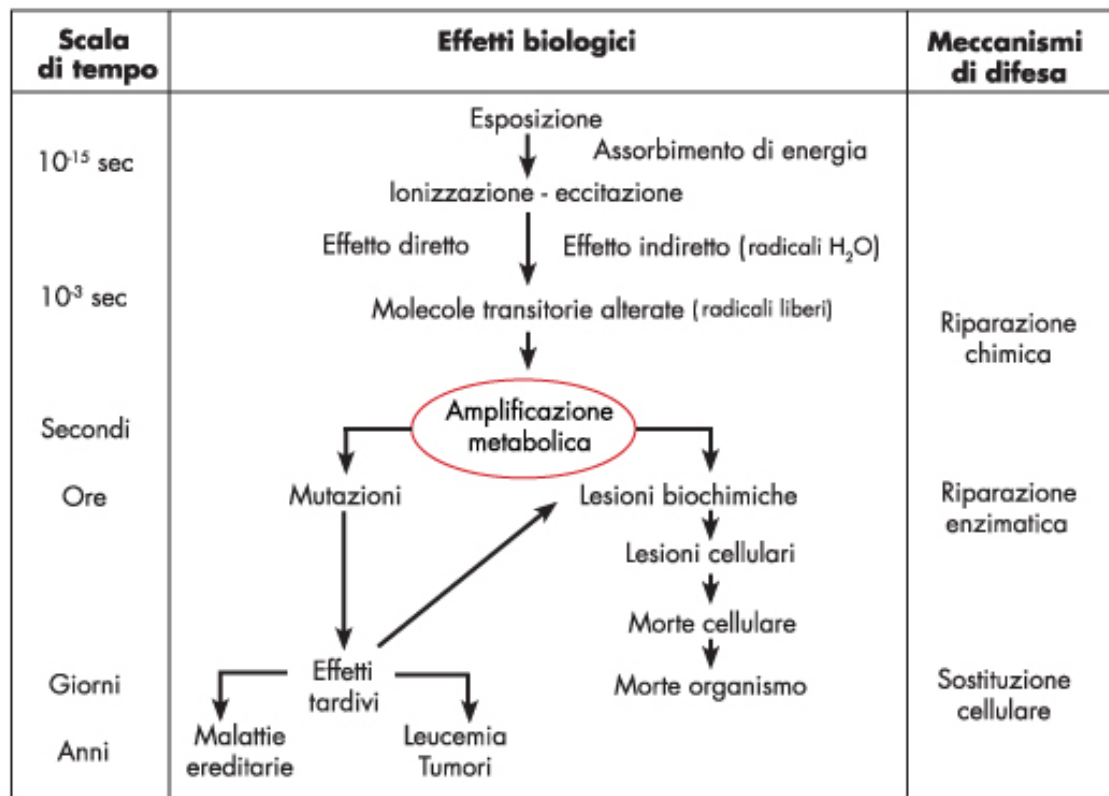
Conseguenze della lesione cellulare

Le evidenze sperimentali mostrano che in molti sistemi biologici le rotture singole dell'elica si verificano anche in assenza di irradiazione e possono essere riparate mediante meccanismi chimici o enzimatici; viceversa le rotture doppie portano quasi sicuramente alla morte cellulare. L'effetto della radiazione sul tessuto irradiato consiste dunque in una lesione biochimica a livello del DNA che può comportare esiti differenti:

- la lesione non è riparata ► la cellula muore
- la lesione è riparata correttamente ► la cellula recupera le proprie funzionalità
- la lesione è riparata, ma non correttamente ► la cellula subisce una mutazione.

Le mutazioni cellulari provocate dall'interazione delle radiazioni possono essere il primo passaggio di un lungo e complicato processo di carcinogenesi che richiede un numero elevato di mutazioni successive, verosimilmente non indotte da radiazioni. Qualora fossero coinvolte cellule germinative, simili meccanismi di mutazione potrebbero condurre a malattie ereditarie nei discendenti delle persone irradiate, con tempi e meccanismi diversi (Figura 4).

Figura 4. Processi innescati dall'esposizione a radiazioni ionizzanti e relativi tempi di evoluzione



Quantificazione dell'effetto biologico

Dose assorbita. La radiazione interagisce con il tessuto cedendo la propria energia agli atomi e alle molecole di cui questo è composto. Per quantificare tale effetto si utilizza una grandezza detta **dose assorbita** (D), definita come il quoziente tra l'energia depositata dalla radiazione in un certo elemento di volume (espressa in joule, J) e la massa dell'elemento di volume stesso (espressa in kg). L'unità di misura della dose assorbita è il gray (Gy).

Dose efficace. La valutazione del danno che la radiazione provoca nel tessuto biologico necessita, oltre che della dose assorbita, di informazioni quali il tipo di radiazione incidente e il tessuto o il distretto corporeo interessato. Gli effetti delle radiazioni sono infatti diversi a seconda del tipo di particelle che costituiscono il campo di radiazione (radiazioni elettromagnetiche, protoni, neutroni, eccetera) e della modalità di cessione dell'energia. A parità di dose assorbita l'entità del danno biologico dipende inoltre dal tipo di tessuto irradiato, poiché non tutti i tessuti e gli organi sono ugualmente radiosensibili.

L'ICRP, l'organismo internazionale che si occupa di radioprotezione, ha introdotto alcuni fattori correttivi che tengono conto sia del tipo di radiazione sia della diversa radiosensibilità dei tessuti:

- fattori di ponderazione delle radiazioni (*radiation weighting factors*, **w_R**)
- fattori di ponderazione dei tessuti (*tissue weighting factors*, **w_T**).

Ai diversi tipi di radiazione e di tessuto/organo irradiato sono attribuiti valori specifici rispettivamente di **w_R** e **w_T**: per le radiazioni impiegate nell'ambito della radiodiagnostica (radiazioni elettromagnetiche) si assume convenzionalmente che **w_R** sia uguale a 1; per quanto concerne i tessuti, i singoli valori **w_T** - ricavati mediante valutazioni di rischio - sono calcolati in modo da attribuire un valore unitario alla somma dei tessuti, ovvero al corpo intero (Tabella 2).

Tabella 2. Fattori di ponderazione dei tessuti raccomandati dall'ICRP

Organo o tessuto	w_T
Midollo osseo, colon, polmone, stomaco, mammella	0,12
Tessuti rimanenti*	0,12
Gonadi	0,08
Vescica, esofago, fegato, tiroide	0,04
Superficie dell'osso, cervello, ghiandole salivari, pelle	0,01

*ghiandole surrenali, regione extratoracica, cistifellea, cuore, reni, linfonodi, muscolo, mucosa orale, pancreas, prostata, intestino tenue, milza, timo, utero/cervice

La somma delle dosi assorbite dei singoli organi/tessuti, pesate per i rispettivi fattori di ponderazione **w_T e con w_R pari a 1**, rappresenta la **dose efficace (E)**, espressa in sievert (Sv). Tale dose non è correlata alle caratteristiche del singolo soggetto irradiato, poiché i fattori w_T sono valori calcolati a partire da modelli di rischio applicati a una popolazione tipo in età lavorativa di entrambi i sessi. L'impiego della dose efficace in un contesto di stima degli effetti biologici è utile pertanto solo ai fini di un confronto qualitativo tra procedure diverse. In tale contesto questa grandezza resta infatti puramente indicativa e utile nella misura in cui la si utilizza per quantificare il rischio associato a una irradiazione non uniforme del corpo intero. Poco dice sulle dosi assorbite dai singoli organi (per esempio, se un organo è sovraesposto) e sul rischio individuale, per determinare il quale è necessario combinare coefficienti specifici per età, sesso e organo irradiato.

Effetti biologici delle radiazioni

Gli effetti biologici delle radiazioni ionizzanti possono essere suddivisi in due categorie:

- effetti derivanti da morte cellulare diffusa (detti anche effetti **deterministici** o reazioni tissutali)
- effetti associati a mutazioni cellulari, tra cui la carcinogenesi e i disturbi ereditari (detti anche effetti **stocastici**).

Effetti deterministici

Gli effetti derivanti da un'estesa uccisione cellulare indotta dalle radiazioni sono conseguenza dell'incapacità dei meccanismi di proliferazione cellulare di riparare un danno diffuso. Sono effetti che si manifestano su un numero statisticamente significativo di individui irradiati solo se sono superati determinati valori-soglia di dose (**effetto soglia**), con una frequenza e una severità che crescono rapidamente all'aumentare della dose assorbita. Tale relazione dose-frequenza è descritta da una curva a gradino, la cui ripidità dipende dalla diversa sensibilità individuale (Figura 5).

Gli effetti appartenenti a questa categoria sono detti **deterministici** in quanto caratterizzati da una relazione causale tra dose ed effetto. Esempi di tali effetti sono la necrosi, la fibrosi di organi interni, la sindrome acuta da radiazioni, la cataratta e la sterilità. Essi sono la conseguenza di esposizioni a dosi elevate, che vanno da frazioni di Gy a decine di Gy a seconda dell'effetto clinico considerato (Tabella 3). Simili livelli di dose assorbita, singola o cumulativa, si possono incontrare in alcuni casi di radioterapia oppure nell'ambito di procedure interventistiche. Per quanto riguarda le tecniche radiodiagnostiche più diffuse i livelli di dose tipici di alcuni

esami radiografici (Tabella 4A) e tomografici (Tabella 4B) e delle più comuni procedure di radiologia dentale (Tabella 4C) sono lontani dai valori-soglia indicati per gli effetti deterministici (Tabella 3). L'analisi degli eventuali effetti biologici - e di conseguenza dei rischi derivanti da esami radiodiagnostici - si colloca infatti nell'ambito del cosiddetto **regime delle basse dosi**, ovvero dosi alle quali non si hanno evidenze epidemiologiche di rischio aggiuntivo associato a irradiazione. Tale regime è caratterizzato da dosi inferiori a 0,1 Gy.

Effetti stocastici

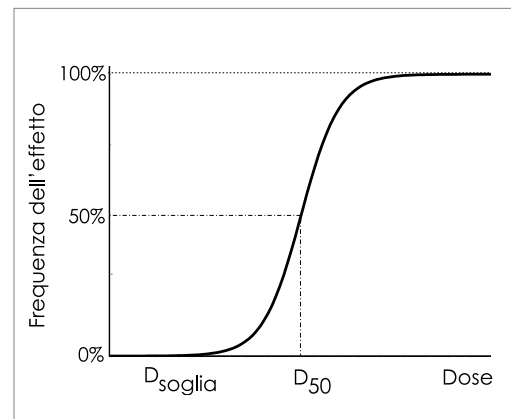
Le eventuali modificazioni di cellule irradiate, alterate e sopravvissute, possono portare a neoplasie e/o a mutazioni ereditarie nell'individuo irradiato. Questi effetti negativi si manifestano quando la complessa sequenza di processi biochimici e metabolici che segue l'interazione radiazione-tessuto non si conclude con la riparazione tissutale. Come accennato nei paragrafi precedenti, i processi in gioco evolvono su scale temporali molto diverse tra loro e portano allo sviluppo di tumori in tempi dell'ordine di anni o decenni. Data la complessità e la tempistica associata all'evoluzione del danno cellulare indotto dalla radiazione risulta estremamente difficile stabilire una relazione diretta di causa-effetto per queste manifestazioni, ma è necessario ricorrere a studi epidemiologici e ad analisi di tipo probabilistico (**effetti stocastici**).

Lo studio degli effetti stocastici è molto complesso in quanto il tumore derivante dall'esposizione alle radiazioni non è qualitativamente distinguibile da quelli dovuti ad altre cause (per esempio, ambientali o alimentari). Gli effetti stocastici da irradiazione si sommano ad analoghi effetti spontanei, tipicamente numerosi e caratterizzati da una fluttuazione statistica molto ampia. La stima dell'incidenza dei tumori indotti da radiazioni nell'ambito delle basse dosi mediante studi epidemiologici richiede inoltre campioni di popolazione enormi (per esempio, milioni di individui per i valori tipici degli esami tomografici) (Tabella 5).

Per i motivi citati, al di là di alcuni studi radiobiologici su colture cellulari, al momento non è chiaro quale sia la relazione tra la dose di radiazioni e la manifestazione degli effetti stocastici. L'incertezza associata ai dati a disposizione è talmente elevata che si va da modelli catastrofici, secondo i quali gli effetti dell'esposizione alle basse dosi sono paragonabili a quelli delle alte dosi, fino alla teoria dell'ormesi, secondo la quale l'irradiazione avrebbe un effetto benefico e porterebbe addirittura a una riduzione dell'incidenza di tumore.

Per motivi di ragionevolezza e di conservatività in ambito scientifico internazionale è attualmente riconosciuto e adottato il cosiddetto **modello lineare senza-soglia**, secondo il

Figura 5. Relazione tra dose di irradiazione e frequenza di un effetto deterministico



D_{soglia} e D₅₀ rappresentano rispettivamente la dose-soglia e la dose per la quale si manifesta l'effetto considerato nel 50% dei pazienti irradiati

quale la frequenza di comparsa di effetti stocastici è sempre proporzionale alla dose assorbita dal paziente irradiato. Considerando che la severità degli effetti stocastici è indipendente dalla dose, in quanto del tipo **c'è - non c'è**, l'assunzione di tale modello ha una conseguenza importante sulla valutazione del rischio associato all'esposizione alle radiazioni: in linea teorica non esiste un'esposizione totalmente innocua e anche una singola irradiazione può avere una evoluzione maligna e letale per l'individuo irradiato.

È tuttavia necessario sottolineare che tale affermazione è conseguenza diretta del modello assunto per descrivere la realtà e non già il frutto di una conoscenza chiara e distinta della realtà stessa.

Fondo naturale di radiazioni

L'interazione tra le radiazioni e il tessuto biologico non è un evento straordinario, ma rappresenta per natura una condizione che il tessuto biologico è in grado di gestire positivamente. Lo stesso ambiente nel quale si sviluppa la vita è caratterizzato infatti dalla presenza di radiazioni provenienti dallo spazio (raggi cosmici), oppure da materiali radioattivi naturali presenti ovunque nell'ambiente (per esempio nel terreno, nelle rocce o cibo), che continuamente e incessantemente colpiscono l'uomo e costituiscono il cosiddetto fondo naturale (*natural background*). A questo si aggiunge il contributo delle radiazioni di origine prettamente artificiale, ovvero quello associato alla produzione energetica, ai test e agli incidenti nucleari e, soprattutto, alla pratica medica.

Nella Tabella 6 sono riportati a titolo informativo i valori medi dell'entità del fondo ambientale e una stima del peso dei vari contributi di origine artificiale. Gli intervalli di variabilità sono dovuti alla dipendenza dei valori effettivi da fattori geografici, economici e culturali. È da sottolineare l'importanza del contributo dato dagli esami medici alla dose annua media derivante da attività dell'uomo, pari a 0,4 mSv (media mondiale), che diventa superiore a 1 mSv all'anno se riferita ai paesi industrializzati come l'Italia.

Tabella 3. Valori-soglia di dose assorbita per alcuni effetti deterministici

Effetto	Organo/Tessuto	Tempo dell'effetto*	Dose assorbita (Gy)
Morbilità			Incidenza 1%
Sterilità temporanea	Testicoli	3-9 settimane	Circa 0,1
Sterilità permanente	Testicoli	3 settimane	< 0,6
Sterilità permanente	Ovaie	< 1 settimana	3
Depressione processi emopoietici	Midollo osseo	3-7 giorni	0,5
Fase principale arrossamento pelle	Pelle (superfici estese)	1-4 settimane	3-6
Ustioni	Pelle (superfici estese)	2-3 settimane	5-10
Perdita temporanea capelli	Pelle	2-3 settimane	< 4
Cataratta (indebolimento vista)	Occhio	Molti anni	3
Mortalità			
Effetti sul midollo osseo			
• Senza cure mediche	Midollo osseo	30-60 giorni	1
• Con cure mediche efficaci	Midollo osseo	30-60 giorni	2-3
Effetti gastrointestinali			
• Senza cure mediche	Intestino tenue	6-9 giorni	6
• Con cure mediche convenzionali	Intestino tenue	6-9 giorni	< 6
Polmonite	Polmone	1-7 mesi	6

*Tempo necessario affinché si manifesti l'effetto

Tabella 4. Dosi efficaci medie relative alle procedure radiodiagnostiche più comuni: esami radiografici (A) tomografici (B) e di radiologia dentale (C)

Esame radiografico	Dose efficace media (mSv)	Valori in letteratura (mSv)
Rx cranio	0,1	0,03-0,22
Rx rachide cervicale	0,2	0,07-0,3
Rx rachide dorsale	1	0,6-1,4
Rx rachide lombare	1,5	0,5-1,8
Rx torace (PA e L)	0,1	0,05-0,24
Rx torace (PA)	0,02	0,007-0,050
Mammografia	0,4	0,10-0,60
Rx addome	0,7	0,04-1,1
Rx pelvi	0,6	0,2-1,2
Rx anca	0,7	0,18-2,71
Rx spalla	0,01	-
Rx ginocchio	0,005	-
Rx altre estremità	0,001	0,0002-0,1
DXA (senza TC)	0,001	0,001-0,0035
DXA (con TC)	0,04	0,003-0,06
Urografia endovenosa	3	0,7-3,7
Rx serie gastrointestinale superiore	6*	1,5-12
Rx intestino tenue	5	3,0-7,8
Clisma opaco	8*	2,0-18,0
Colangiopancreatografia retrograda endoscopica	4	-

Tabella 4B.

Esame tomografico	Dose efficace media (mSv)	Valori in letteratura (mSv)
TC testa	2	0,9-4,0
TC collo	3	-
TC torace	7	4,0-18,0
TC torace (embolia polmonare)	15	13-40
TC addome	8	3,5-25
TC pelvi	6	3,3-10
TC fegato (tre fasi)	15	-
TC colonna	6	1,5-10
Angiografia coronarica	16	5,0-32
Colonscopia virtuale	10	4,0-13,2

Tabella 4C.

Esame di radiologia dentale	Dose efficace media (mSv)	Valori in letteratura (mSv)
Rx endorale	0,005	0,0002-0,010
Ortopantomografia	0,01	0,007-0,090
Tele LL	-	0,0056-0,016
Tele PA	0,005	-
TC mandibola	0,5	0,4-0,8
TC testa	1	0,9-1,2
TC cone beam mandibola	0,06	-
TC cone beam full FOV	0,1	0,056-1,070

*con fluoroscopia; abbreviazioni: DXA = Densitometria ossea a raggi X a doppia energia; L= proiezione laterale; FOV=angolo di campo; PA=proiezione postero-anteriore; RX=radiografia a raggi X; TC =tomografia computerizzata; Tele LL=teleradiografia del cranio in proiezione latero-laterale; Tele PA= teleradiografia del cranio in proiezione posteroanteriore

Tabella 5. Dimensioni del campione per la stima dell'incidenza di tumori in una popolazione irradiata

Dose	Dimensione N della popolazione
1 Gy	80
100 mGy	6.390
10 mGy	620.000
1 mGy	61,8 milioni

Esempio delle dimensioni del campione necessarie per ottenere una stima sufficientemente accurata dell'incidenza di tumori in una ipotetica popolazione irradiata con una data dose media; in tale contesto 1 Gy = 1 Sv

Tabella 6. Dosi di radiazioni medie annue procapite (mSv) dovute al fondo naturale e alle sorgenti artificiali in Italia e nel mondo

Sorgente	Dose annua media mondiale	Intervallo di variazione tipico	Dose annua media italiana
Diagnostica medica	0,4	0,04-1	1,2
Test nucleari in atmosfera	0,005	Nel 1963 era pari a 0,15	
Incidente di Chernobyl	0,002	Nel 1986 era pari a 0,04 nell'emisfero nord	
Produzione di energia nucleare	0,0002		
Totale artificiale	0,4		1,2
Fondo naturale	2,4	1-10	3,3

Valutazione del rischio

La determinazione in termini di incidenza e di mortalità del rischio radiologico di sviluppare un tumore è effettuata mediante studi epidemiologici di popolazioni irradiate ovvero studi di coorte o caso-controllo. Come accennato nel capitolo precedente, la stima accurata della relazione rischio-dose di radiazioni risulta difficile in quanto richiede campioni di popolazione molto numerosi, da sottoporre a un monitoraggio dosimetrico accurato, nonché modelli di descrizione e trasferibilità del rischio alquanto complessi.

La fonte di dati epidemiologici primaria alla quale attingono le principali organizzazioni internazionali che si occupano di valutazione del rischio radiologico (per esempio UNSCEAR, IARC, NAS/NRC o ICRP) è quella dei sopravvissuti alle bombe atomiche di Hiroshima e Nagasaki. Tale fonte ha il pregio di fare riferimento a un lungo follow up (1958-1998) su una coorte molto numerosa, con persone di tutte le età e di entrambi i sessi, irradiati con dosi variabili su un ampio intervallo di valori. Tuttavia, essa si riferisce a un evento di esposizione acuta di un'unica popolazione, sottoposta a dosimetria individuale a posteriori (talvolta non molto accurata) e soggetta a migrazione. Al fine di migliorare le stime di rischio, i dati ricavati dall'analisi della popolazione giapponese sono integrati con quelli provenienti dall'esposizione clinica o professionale (Tabella 7).

È necessario tenere presente che molti studi inerenti esposizioni di tipo clinico risultano spesso poco accurati a causa della numerosità insufficiente dei campioni e della scarsa

qualità dosimetrica. Inoltre alcuni dati relativi alle esposizioni terapeutiche spesso riguardano dosi molte elevate e sono difficilmente estrapolabili alle basse dosi.

Tabella 7. Principali fonti per la stima della relazione tra la dose di radiazioni e il rischio nella popolazione

- Fonti storiche (sopravvissuti alle bombe atomiche di Hiroshima e Nagasaki)
- Pazienti esposti a radiazioni in ambito medico (diagnosi e terapia oncologica)
- Bambini esposti in utero a esami diagnostici o trattati per leucemia
- Pazienti in terapia con radon (tubercolosi e spondiliti anchilosanti)
- Lavoratori esposti alle radiazioni (per esempio, i minatori in Canada, Stati Uniti e Cecoslovacchia)
- Persone soggette a una esposizione ambientale superiore alla norma (per esempio, a causa di eventi nucleari catastrofici)

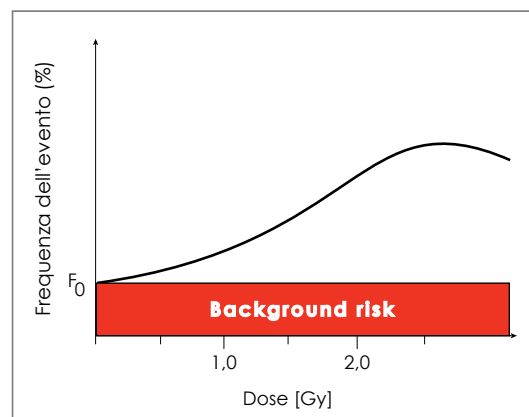
Quantificazione del rischio

La valutazione dell'effetto dell'esposizione alle radiazioni sull'uomo si basa sul calcolo del **rischio aggiuntivo assoluto** (*excess absolute risk*, EAR) o **relativo** (*excess relative risk*, ERR). Entrambi questi parametri stimano l'aumento dei casi di cancro imputabile alle sole radiazioni rispettivamente in termini assoluti oppure relativi al rischio per una qualsiasi causa (*background risk*) (Figura 6). In aggiunta ai parametri EAR e ERR si fa spesso ricorso a una quantità che stima, per un individuo esposto a una data età, il rischio aggiuntivo di mortalità da tumore radioindotto nell'arco della vita (*lifetime attributable risk*, LAR). A titolo di esempio nella Figura 7 è riportato l'andamento del LAR calcolato mediante il modello di valutazione del rischio proposto dalla National Academy of Sciences nell'ultimo rapporto Biological Effects of Ionizing Radiation (BEIR VII).

Si osserva che l'irradiazione del corpo intero con una dose di **1 mSv** corrisponde in media, secondo tale modello, a un rischio aggiuntivo di sviluppare un tumore nell'arco della vita pari a **5 su 100.000**. Poiché tale stima dipende dall'aspettativa di vita, in un individuo di età superiore a 60 anni il rischio si riduce a circa 1-2 casi su

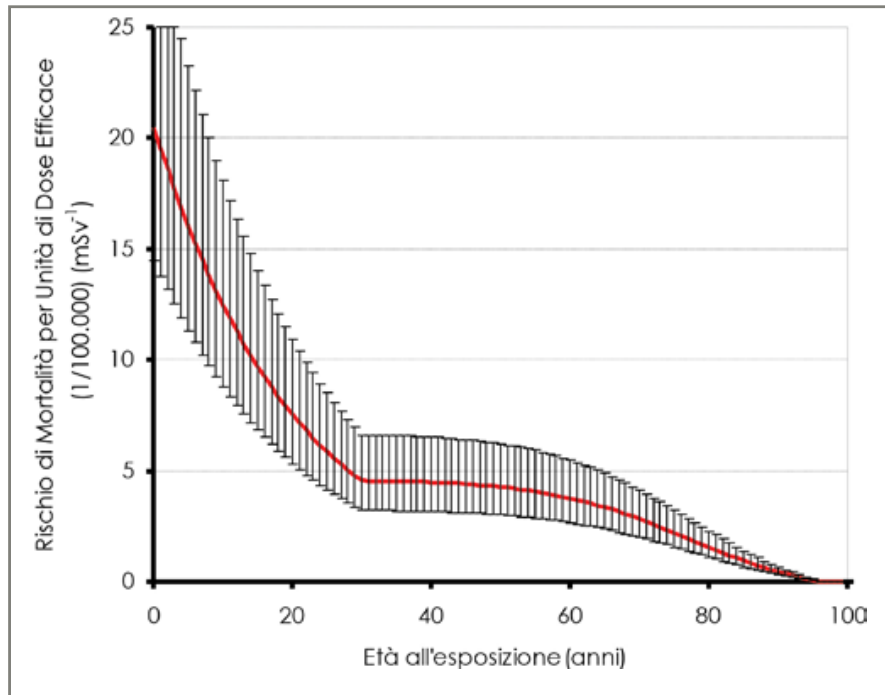
100.000; viceversa aumenta a 10-15 casi su 100.000 nel bambino o nell'adolescente. Ciò equivale ad affermare che su 100.000 bambini esposti a una dose efficace di 1 mSv (l'attuale dose media nazionale procapite per l'adulto derivante dall'esecuzione di procedure diagnostiche) si potrebbero verificare 15 casi di patologie degenerative radioindotte

Figura 6. Rappresentazione grafica del concetto di rischio aggiuntivo



A dosi inferiori a 0,1 Gy circa ogni potenziale effetto da esposizione alle radiazioni è difficilmente stimabile in quanto confondibile con il rischio indotto da altri fattori

Figura 7. Andamento medio del rischio di mortalità da tumore radioindotto nell'arco della vita*



* Calcolo effettuato mediante modello BEIR VII; in nero è rappresentato l'intervallo di confidenza al 95%

Come riportato nella Tabella 5, la maggior parte delle procedure radiodiagnostiche comporta dosi di radiazioni inferiori a 1 mSv, dunque un rischio aggiuntivo inferiore a 1 su 100.000. Questo permette di affermare che, anche considerando l'effetto cumulativo, il rischio radiologico individuale associato a esami diagnostici è in generale molto piccolo, soprattutto se rapportato al normale rischio di sviluppare un tumore fatale per una qualunque causa, **pari a circa 1 su 3 (33 %)** nei paesi industrializzati come l'Italia.

Tuttavia quel che è vero per la popolazione in generale può non esserlo per quei pazienti che nel lungo periodo sono sottoposti - magari ripetutamente - ad alcuni tipi di esame. Procedure quali la tomografia dell'addome o delle pelvi, per esempio, comportano dosi dell'ordine della decina di mSv, dunque un rischio aggiuntivo che può arrivare a 1 su 2.000 (0,05%).

In definitiva, in un contesto in cui si voglia fare una medicina responsabile e sicura, il rischio di cancro radioindotto deve essere opportunamente considerato e il ricorso ad alcune procedure radiodiagnostiche che comportano alte dosi di radiazioni deve essere chiaramente giustificato.

Esami radiologici e rischio aggiuntivo

A differenza di procedure radiodiagnostiche quali l'ecografia o la risonanza magnetica - esenti da rischi per la salute del paziente -, gli esami che fanno ricorso a radiazioni ionizzanti (come quelli radiografici e tomografici) comportano una quota di rischio aggiuntivo che può diventare significativo. La variabilità dei valori di rischio è molto ampia non solo per la natura statistica del dato, ma anche - e soprattutto - per la forte dipendenza da fattori quali:

- le caratteristiche del paziente (per esempio età, sesso, dimensioni corporee)
- la strumentazione utilizzata
- la modalità di esecuzione dell'esame.

L'impiego della dose efficace in tale contesto è utile soltanto ai fini di un confronto tra procedure diverse; esso permette di effettuare un'analisi comparativa di tipo qualitativo tra le diverse tipologie di esame in riferimento all'ordine di grandezza del rischio associato (Tabella 8).

Per quanto riguarda le **radiografie convenzionali**, esse sono caratterizzate da dosi efficaci variabili su un intervallo molto esteso di valori, compreso tra 0,01 e 10 mSv. A tali dosi corrispondono valori di rischio che variano da:

- **trascurabile**, ovvero al di sotto di 1 caso su 1 milione (radiografie standard alle estremità, al torace e ai denti)
- a **molto basso**, ovvero fino a 1 caso su 10.000 (mammografia e radiografie del tronco).

Per quanto concerne le **TC**, i valori di dose efficace media sono compresi tra 1 e 10 mSv (corrispondenti a centinaia o migliaia di radiografie del torace), con un rischio aggiuntivo non trascurabile, che convenzionalmente si colloca tra **molto basso** e **basso**, ovvero fino a 1 caso su 1.000 (rispetto al rischio spontaneo di sviluppare un tumore) (Tabella 8).

Fattori legati al paziente

Data la diversa radiosensibilità dei tessuti, il rischio associato a un esame radiodiagnostico dipende in primo luogo dal **distretto corporeo** interessato.

Come già mostrato nella Figura 2, un secondo fattore di influenza è l'**età** del paziente al momento della esposizione alle radiazioni. Tale dipendenza è legata da un lato al maggior turnover cellulare, dall'altro alla maggiore aspettativa di vita, tipici delle età precoci.

Una variabile ulteriore è il **sex** del paziente irradiato, non solo per la diversa costituzione tra generi, ma anche per la differente risposta dell'organismo maschile o femminile a parità di organo esposto.

Uno studio effettuato sulla popolazione britannica inerente l'andamento del rischio di cancro indotto dalle radiazioni nell'ambito delle pratiche radiodiagnostiche mostra una notevole differenza tra i due sessi per quanto riguarda le probabilità relative dei diversi tipi di tumore sviluppato, nonostante l'andamento del rischio abbia un trend positivo per entrambi i generi al variare dell'età (Figura 8). In particolare, per le esposizioni a esami tomografici, le stime di rischio di sviluppare un tumore maligno in seguito a TC al capo o all'addome (Figura 4 A, B) al variare dell'età all'esposizione mostrano che i pazienti più giovani sono nettamente più a rischio rispetto agli adulti.

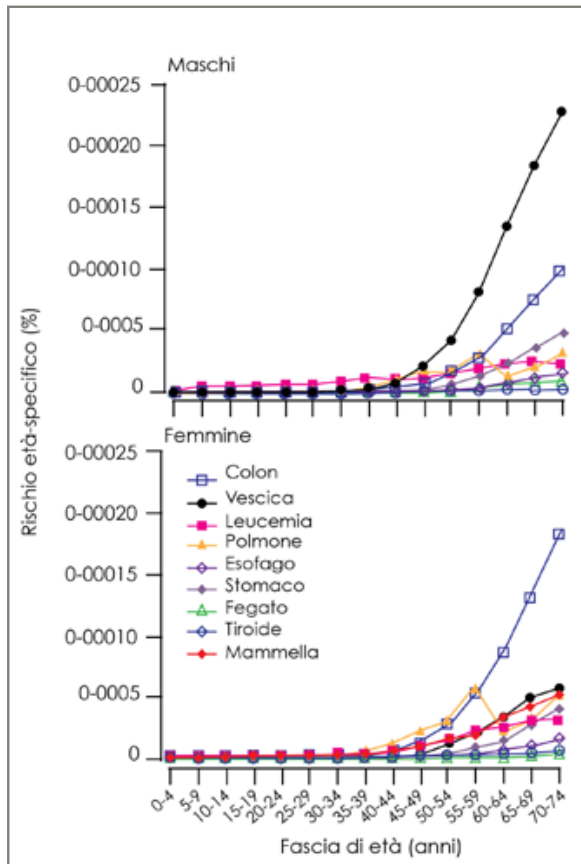
In particolare, per le esposizioni a esami tomografici, le stime di rischio di sviluppare un tumore maligno in seguito a TC al capo o all'addome (Figura 9 A, B) al variare dell'età all'esposizione mostrano che i pazienti più giovani sono nettamente più a rischio rispetto agli adulti.

Tabella 8. Ordini di grandezza della dose efficace e rischio aggiuntivo associato a esami radiodiagnostici

Tipologia di esame	Dose efficace (mSv)	Periodo equivalente di radiazione da fondo naturale	Rischio aggiuntivo per esame
Rx denti DXA Rx estremità Rx ginocchio Rx spalla Rx torace (posteroanteriore)	0,01	Qualche giorno	Trascurabile
Rx collo Rx rachide cervicale TC cone beam full FOV TC cone beam mandibola Rx testa Rx torace (posteroanteriore e laterale)	0,1	Qualche settimana	Minimo (da 1 su 1 milione a 1 su 100.000)
Rx anca Calcium scoring Colangiopancreatografia retrograda endoscopica Mammografia Rx pelvi Rx rachide dorsale Rx rachide lombare Scintigrafia epatica Scintigrafia renale TC mandibola TC collo TC testa Urografia endovenosa	1	Da qualche mese a 1 anno	Molto basso (da 1 su 100.000 a 1 su 10.000)
Rx apparato digerente (bario) Clisma opaco Rx reni e vescica Scintigrafia ossea Serie gastrointestinale superiore (con fluoroscopia) TC angiografia coronarica TC colonscopia virtuale TC fegato (tre fasi) TC pelvi TC torace	10	Qualche anno	Basso (da 1 su 10.000 a 1 su 1.000)

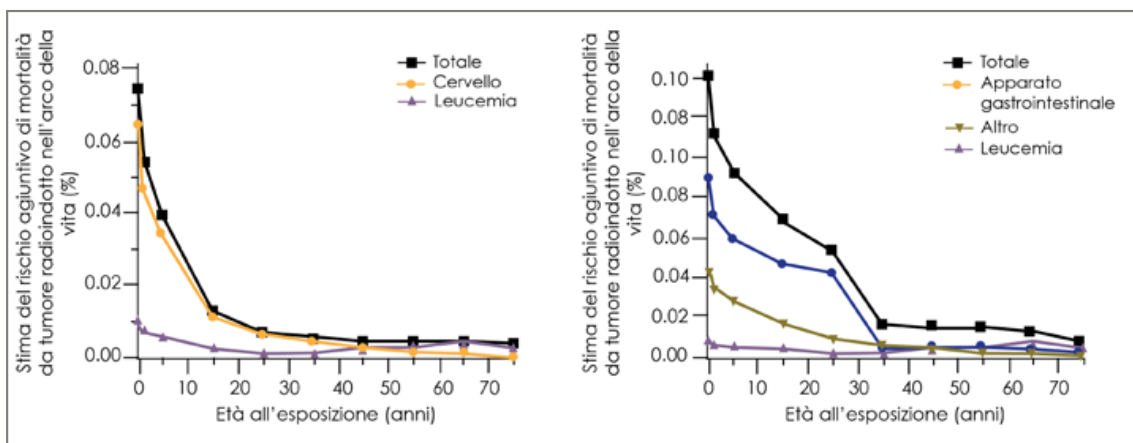
Abbreviazioni: DXA = densitometria ossea a raggi X a doppia energia; FOV = angolo di campo;
RX = radiografia raggi X; TC = tomografia computerizzata

Figura 8. Andamento del rischio aggiuntivo assoluto (EAR) specifico per fasce di età per attività radiodiagnostiche in Gran Bretagna



Fonte: Berrington de Gonzalez A, Darby S. *Lancet* 2004; 363: 345-351

Figura 9. Rischio di sviluppare un tumore in seguito di TC al capo (A) o all'addome (B) al variare dell'età all'esposizione



Fonte: Brenner DJ et al. *N Engl J Med* 2007; 357: 2277-2284

Bibliografia

- American Academy of Pediatrics Policy Statement. Radiation Disaster and Children. *Pediatrics* 2003; 111 (6): 1455-1466
- American College of Radiology Appropriateness Criteria <http://www.acr.org/Quality-Safety/Appropriateness-Criteria>
- Berrington de Gonzalez A, Darby S. Risk of cancer from diagnostic X-rays: estimates for UK and 14 other countries. *Lancet* 2004; 363:345-351
- Brenner DJ et al. Computed tomography-An increasing source of radiation exposure. *N Engl J Med* 2007; 357:2277-2284
- Brenner DJ et al. Estimated risks of radiation-induced fatal cancer from pediatric CT *American J Roentgenology* 2001; 176: 289-296
- Brody AS et al. Radiation risk to children from computer tomography. *Pediatrics* 2007;120:677-682
- Hall EJ. Lessons we have learned from our children: cancer risks from diagnostic radiology. *Pediatr Radiol* 2002;32(10):700-7066
- International Commission on Radiological Protection. Low-dose extrapolation of radiation-related cancer risk. ICRP publication 99. *Ann ICRP* 2007;35 (4)
- International Commission on Radiological Protection. The 2007 recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 103. *Ann ICRP* 2007;37: 2-4
- International Commission on Radiological Protection. Radiological Protection in Medicine, ICRP Publication 105. *Ann ICRP* 2007; 37 (6)
- Lee CI et al. Diagnostic CT scans: assessment of patient, physician and radiologist awareness of radiation dose and possible risks. *Radiology* 2004; 231:393-398
- MacCollough CH et al. CT dose reduction and dose management tools: overview of available options. *Radiographics* 2006; 26:503-511
- National Academy of Sciences. Health Risks from Exposure to low Levels of Ionizing Radiation: BEIR VII-Phase 2. 2006
- Picano E. Sostenibilità della diagnosi per immagini. *Rivista della Società Italiana di Medicina Generale* 2006; 2: 13-66
- Picano E. Informed consent and communication of risk from radiological and nuclear medicine examinations: how to escape from a communication inferno. *British Medical Journal* 2004; 329: 849-851
- Referral guidelines for imaging, radiation protection 118, 2001 Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities
- Semelka RC et al. Imaging strategies to reduce the risk of radiation in CT studies, including selective substitution with MRI. *J Magn Reson Imaging* 2007; 25: 900-909
- Sigurdson AJ et al. Primary thyroid cancer after a first tumor in childhood (the Childhood Cancer Survivor Study): a nested case-control study. *Lancet* 2005; 365: 2014-2023
- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: Sources and effects of ionizing radiation: UNSCEAR 2000 report to the General Assembly. New York: United Nations, 2000
- Wallace S. New clinical report guides pediatricians on when to use CT scanning. *AAP news* 2007; 28(9): 45

VII. Principi di radioprotezione e strategie di ottimizzazione

Alberto Torresin, Paola Colombo

Normativa sulla radioprotezione

Secondo le ultime raccomandazioni dell'ICRP emanate nel 2007 lo scopo primario della radioprotezione è *“contribuire a un appropriato livello di protezione per le persone e l'ambiente contro gli effetti dannosi dell'esposizione alle radiazioni senza limitare eccessivamente gli effetti positivi che possono essere associati a tale esposizione”*. A livello nazionale le normative di riferimento sono la Direttiva Europea 2013/59/EURATOM, adottata dal Consiglio dell'Unione Europea il 5 dicembre 2013, e il Decreto Legge 187/00 per l'ottimizzazione delle procedure diagnostiche, che si sono poste quale obiettivo primario la gestione e il controllo dell'esposizione a radiazioni ionizzanti in modo da prevenire gli effetti deterministici e minimizzare il rischio di effetti stocastici. La nuova Direttiva EURATOM, in particolare, introduce come fondamentali l'elevato livello di competenza e la responsabilità di tutte le figure professionali coinvolte nell'esposizione medica - dai medici clinici, agli odontoiatri, ai radiologi ai fisici medici e ai tecnici sanitari di radiologia medica - al fine di assicurare un'adeguata protezione dei pazienti sottoposti alle procedure radiodiagnostiche e radioterapiche. Mentre per gli effetti deterministici la protezione è legata al rispetto delle dosi-soglia, la natura probabilistica degli effetti stocastici e le proprietà del modello lineare senza soglia rendono impossibile l'identificazione di una chiara distinzione tra sicurezza e pericolosità. Per ridurre i rischi connessi all'esposizione in campo medico, il quadro normativo stabilisce pertanto che l'impiego delle radiazioni ionizzanti in campo sanitario sia giustificato dai benefici che ne possono derivare al paziente (**principio di giustificazione**, articolo 3 del DL 187/00) e che l'esposizione sia mantenuta al livello ragionevolmente più basso compatibilmente alle esigenze diagnostiche (**principio di ottimizzazione**, articolo 4 del DL 187/00).

Principio di giustificazione

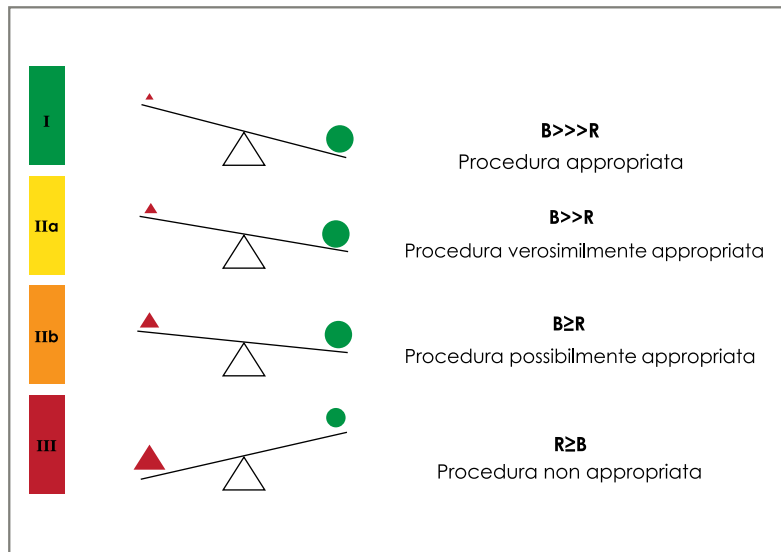
Il principio di giustificazione sottende i criteri di appropriatezza all'esecuzione di un esame diagnostico e tiene conto dell'efficacia, dei vantaggi e dei rischi delle tecniche alternative disponibili (Tabella 1). Esso stabilisce che, affinché l'esposizione a radiazioni ionizzanti per uso clinico possa considerarsi giustificata, è necessario valutare l'efficacia della procedura in termini di potenziali vantaggi diagnostici o terapeutici complessivi rispetto al danno che l'esposizione potrebbe causare (rapporto rischio-beneficio) (Figura 1), ritenendola appropriata solo quando essa aggiunge valore al sospetto diagnostico - o lo corregge - oppure quando è utile a modificare la gestione clinica del paziente. Secondo il principio di giustificazione devono inoltre essere presi in considerazione i vantaggi e i rischi delle tecniche alternative disponibili, che hanno lo stesso obiettivo ma che implicano un'esposizione a radiazioni ionizzanti nulla o ridotta. In particolare, tutti i nuovi tipi di procedure che comportano esposizioni mediche devono essere giustificate preliminarmente prima di essere adottate e quelle esistenti rivedute alla luce dell'acquisizione di nuove prove di efficacia.

La giustificazione preliminare di una procedura deve infine tenere conto degli obiettivi specifici del singolo esame e delle caratteristiche della persona, alla luce della considerazione che una pratica non indicata in generale può esserlo a livello individuale, in circostanze da valutare caso per caso.

Tabella 1. Fattori da valutare prima di effettuare un accertamento radiodiagnostico secondo il principio di giustificazione

<ul style="list-style-type: none"> • Utilità dell'esame prescritto ► Efficacia della procedura nel modificare la gestione del problema clinico per il quale l'esame è richiesto
<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilità di esami precedenti ► Possibilità alternativa di ottenere informazioni analoghe a quelle della procedura richiesta da indagini effettuate dal paziente in precedenza; a tale scopo sarebbero utili iniziative finalizzate a registrare i risultati dell'indagine in una documentazione del paziente consultabile e trasferibile
<ul style="list-style-type: none"> • Esami alternativi ► Possibilità di ottenere le stesse informazioni da un esame che comporti un minor rischio per la salute, in particolare in ambito pediatrico (per esempio, un'ecografia o una RM in alternativa alla TC)
<ul style="list-style-type: none"> • Evoluzione naturale e tempi di progressione ► Verifica che la ripetizione dell'esame nel monitoraggio di evoluzione della malattia sia compatibile con i suoi tempi di progressione e di risoluzione e che pertanto tali indagini non siano effettuate più frequentemente di quanto strettamente necessario
<ul style="list-style-type: none"> • Comunicazione tra i soggetti coinvolti ► Possibilità di migliorare il dialogo tra pediatra, radiologo, odontoiatra e famiglia, al fine di azzerare o quantomeno minimizzare la ripetizione ingiustificata di esami, soprattutto a breve distanza temporale

Figura 1. Rappresentazione del codice di appropriatezza di una procedura radiodiagnostica



Fonte: American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (AHA-ACC-ESC 2007). Abbreviazioni: B = beneficio (●); R = rischio (▲)

Principio di ottimizzazione

Il principio di ottimizzazione stabilisce che tutte le dosi dovute a esposizioni mediche per scopi radiologici debbano essere mantenute al livello più basso ragionevolmente ottenibile e compatibile con il raggiungimento dell'informazione diagnostica secondo il principio *As Low As Reasonably Achievable* (ALARA). Il D Leg 187 stabilisce per gli esami più comuni dei livelli diagnostici di riferimento (LDR) che mediamente non devono essere superati in ogni singola procedura in condizioni standard. Essi costituiscono un utile e prezioso strumento per identificare delle pratiche non eseguite in modo corretto e non ottimizzate; lo stesso scopo è raggiunto dai livelli di riferimento stabiliti da organizzazioni scientifiche specifiche.

Il principio di ottimizzazione implica sia la scelta delle attrezzature e l'impostazione di parametri tecnici, la produzione di un'informazione diagnostica adeguata ai fini terapeutici e diagnostici e l'applicazione di un programma per la garanzia di qualità che garantisca il mantenimento della qualità raggiunta.

La possibilità di ridurre il rischio senza inficiare il beneficio diagnostico è vincolata alla capacità di ottimizzare ciascuna delle fasi che portano dalla prescrizione alla refertazione dell'esame.

La minimizzazione del rapporto rischio-beneficio dipende in larga parte dalla buona metodologia e dall'elevata qualità delle procedure di esecuzione. Il processo di ottimizzazione parte dalla caratterizzazione della pratica e degli aspetti tecnici della metodica e dipende dalla preparazione e competenza di tutti gli operatori coinvolti nella pratica (Tabella 2): a partire dal tecnico sanitario di radiologia medica (TSRM) e dal

Medico Specialista fino al personale qualificato quali il Medico di Medicina Nucleare e il Fisico Medico, che hanno la preparazione idonea per aiutare il Medico a trovare il giusto compromesso. L'ottimizzazione non può prescindere infine dalla possibilità di disporre di apparecchiature a elevata performance e tecnologicamente avanzate.

Tabella 2. Figure professionali coinvolte nel processo di ottimizzazione delle procedure radiodiagnostiche e relative competenze

Figura professionale	Competenze
Specialista Medico Radiologo	Ha compiti fondamentali nel processo di ottimizzazione e radioprotezione del paziente. Definisce il programma di garanzia della qualità che garantisce la corretta gestione delle risorse radiologiche
Specialista Medico	A seconda dell'area clinica di appartenenza (per esempio neurologia), è di sua competenza la giustificazione delle procedure correlate, che rappresenta un passaggio di ordine clinico e deve svolgersi nell'ambito dell'attività professionale specialistica, tenendo conto di linee guida e protocolli espressi dalle Associazioni Scientifiche di riferimento
Medico Nucleare	Insieme allo Specialista Medico Radiologo, spetta a lui il giudizio finale riguardante l'appropriatezza di qualunque indagine radiologica e/o medico nucleare alla luce di tutte le circostanze che si possono presentare
Fisico Medico	In qualità di Esperto in Fisica Medica ha compiti essenzialmente rivolti al processo di ottimizzazione e alla radioprotezione del paziente e la sua attività è finalizzata a garantire la qualità delle procedure radiologiche
Tecnico sanitario di radiologia medica	La sua competenza è relativa alla corretta gestione del paziente e all'esecuzione dell'esame radiologico. Utilizza la tecnologia dell'apparecchiatura radiologica seguendo protocolli individuati dal medico specialista. Ha un ruolo attivo nel processo di garanzia della qualità e collabora con il Fisico e il Medico Radiologo nel controllo della apparecchiature radiologiche

Valutazione della dose

Richiamando i concetti già espressi nel capitolo precedente, è noto che gli effetti biologici sono legati alla quantità di radiazione depositata nei tessuti mediante la grandezza specifica chiamata "dose".

La **dose assorbita** esprime l'energia assorbita dal tessuto o organo specifico, alla quale è possibile collegare un fattore di rischio specifico per l'induzione di un danno (vedi Capitolo III, Tabella 3).

Diverso è il significato di **dose efficace** (sempre espressa in Sievert [Sv]) che esprime invece un fattore ponderato su tutto il corpo e può essere interpretato come un indice di rischio globale utile a livello qualitativo e generale e non individuale, come riportato nelle Tabelle 4 (A, B e C) del Capitolo III.

Per quantificare la dose per il singolo esame radiologico occorre tenere presente che non è possibile misurare direttamente la dose assorbita dal paziente, ma solo stimarla a partire dai singoli parametri fisici. La dose dipende infatti da diversi fattori quali per esempio:

- misure geometriche (distanza e dimensione dei campi di radiazione utilizzati)
- energia della radiazione (dipendente dalla tensione)
- quantità di radiazione (mAs)
- filtrazione utilizzata.

In alcuni casi è necessario effettuare **misure dirette “in vivo”** (ponendo per esempio un dosimetro in cute al paziente) o **indirette** (misurando le dosi con appositi simulatori in assenza del paziente), per integrare le informazioni e stimare la dose assorbita dai vari organi.

In generale la stima è basata sulla conoscenza dei meccanismi fisici di assorbimento della radiazione dai vari tessuti: per migliorare la precisione e accuratezza di questa stima spesso vengono utilizzati software basati su sofisticati metodi MonteCarlo che simulano il corpo umano mediante modelli antropomorfi molto realistici e modellano il rilascio della dose mediante la conoscenza delle leggi fisiche alla base del fenomeno. Il modello antropomorfo si è molto evoluto negli ultimi anni e rappresenta un corpo umano di dimensioni standard in cui tutti gli organi sono descritti in modo geometrico (e funzionale nel caso della medicina nucleare) in modo dettagliato.

Questo aspetto evidenzia un elemento importante, tanto maggiore nel caso pediatrico: la stima dipende molto dal modello del corpo umano utilizzato e nel caso pediatrico la corrispondenza dei modelli con un caso reale, per quanto adattati all'età, può essere molto critica.

Per semplificare la valutazione finale, i software possono tradursi in dati tabellari o coefficienti moltiplicativi che permettono una rapida (anche se non accurata) stima della dose, in base ai parametri specifici utilizzati.

Il valore di dose assorbita e il valore di dose efficace per un esame radiologico è pertanto affetto da una certa imprecisione e il suo valore e significato deve essere interpretato da persone competenti.

Sul web a oggi è facile trovare strumenti che con semplicità calcolano la dose efficace e il rischio a partire dai dati espositivi, in particolare per la tomografia computerizzata (TC). Per quanto detto finora, l'uso di questi strumenti è da evitare per il singolo paziente perché l'interpretazione dei valori ottenuti può portare a conclusioni improprie o sbagliate. In particolare non è concettualmente corretto stimare il rischio per uno specifico paziente, per esempio in termini di probabilità di induzione di un tumore, a partire dal valore di

dose efficace. È necessario invece riferirsi a un medico radiologo che ha tutti gli strumenti per interpretare in modo corretto il rischio specifico.

Per facilitare la consapevolezza della dose utilizzata in uno specifico esame radiologico, per alcune metodiche sono stati introdotti degli **indici di dose specifici** che vengono riportati sul tavolo di comando dell'apparecchiatura: essi danno modo agli operatori di valutare i livelli di dose utilizzati in modo preliminare o durante l'esecuzione dell'esame, soprattutto per tecnologie complesse. Non sono da confondere tuttavia con la grandezza fondamentale a cui è associato il rischio, ovvero la **dose assorbita**.

Per gli esami TC sono stati introdotti i valori di CTDI (Computed Tomography Dose Index) e di DLP (Dose Length Product): il CTDI (mGy) caratterizza un particolare protocollo dal punto di vista dosimetrico, mentre il DLP (mGy-cm) tiene conto anche della lunghezza di scansione. L'utilizzo esperto di CTDI e DLP è alla base del processo di ottimizzazione e contenimento delle dosi. In alcuni casi è possibile anche impostare delle soglie di allerta (DOSE ALERT) sulla base di questi indici, che hanno lo scopo di identificare pratiche scorrette, anche per motivi accidentali.

Visualizzazione del rischio

Per quanto di fondamentale importanza dal punto di vista diagnostico, le procedure più all'avanguardia - quali la TC o gli esami di medicina nucleare - rappresentano modalità di immagine alquanto impegnative dal punto di vista dell'esposizione a radiazioni ionizzanti e tra le più rischiose in termini radiobiologici, soprattutto in età evolutiva considerata l'elevata radiosensibilità dei tessuti (per esempio, tiroide, mammella e gonadi) e la lunga aspettativa di vita del bambino e dell'adolescente. Come è stato ampiamente illustrato nei paragrafi precedenti, la TC in particolare è un esame ampiamente diffuso in Italia e in tutta Europa, con una crescente tendenza all'incremento del suo impiego in ambito diagnostico - soprattutto in pediatria - anche grazie alla riduzione dei tempi richiesti per realizzare una scansione e all'eliminazione della sedazione del paziente. Si stima che, pur rappresentando soltanto il 10% circa di tutti gli esami radiologici, il contributo percentuale della dose da essa derivante alla popolazione sia del 35% a livello europeo e del 60% negli Stati Uniti (con oltre 60 milioni di TC eseguite ogni anno, di cui almeno **4 milioni nei bambini**).

Secondo diverse indagini pubblicate su riviste scientifiche autorevoli, la maggior parte dei medici che prescrivono quotidianamente esami radiologici non sempre è consapevole dei rischi associati alle diverse procedure diagnostiche e ne sottostima spesso la pericolosità. Per migliorare la comprensione del rischio e garantire una comunicazione corretta al paziente, l'Unione Europea e le linee guida nazionali hanno recentemente suggerito di esprimere la dose radiologica dell'esame specifico in termini di multipli di radiografie del torace. La consapevolezza che in un bambino di 5 anni l'esposizione radiologica di una singola TC dell'addome corrisponda ad **almeno 250 radiografie toraciche** o che una sola tomografia a emissione di positroni (FDG-PET) comporti un carico corrispondente a 750 esposizioni radiografiche (Tabella 3) ha un forte impatto emotivo e potrebbe condurre sia a una maggior cautela nella prescrizione da parte del medico sia a una riduzione delle richieste da parte del paziente.

Tabella 3.

A. Dosi di radiazioni ionizzanti e numero equivalente di radiografie del torace nel bambino (età 5 anni)

Area studiata	Dose efficace (mSv)	Numero equivalente di radiografie del torace
Radiografia torace	0,02	1
Radiografia anca (3 proiezioni)	0,0015	1/14
Radiografia addome (anteroposteriore e laterale)	0,05	2,5
Cistoscintigrafia Tc-99m	0,18	9
Scintigrafia ossea Tc-99m	6,2	310
FDG-PET	15,3	765
TC del cranio	4	200
TC del torace	3	150
TC dell'addome	5	250

Modificata da: Brody AS et al. 2007; 120; 677-682. Abbreviazioni: FDG-PET = tomografia a emissione di positroni con fluorodesossiglucosio; TC = tomografia computerizzata; Tc-99m = Tecnezio 99m

B. Dosi di radiazioni ionizzanti (esami diagnostici dentali e maxillo-facciali nell'adulto)

Area studiata	Dose efficace (mSv)	Numero equivalente di radiografie del torace
Radiografia torace	0,02°	1
Ortopantomografia	0,0027 - 0,024*	0,14 - 1,2
Tele cranio laterolaterale	0,006<*	0,3<
Dental Scan (TC dentale)	0,28 - 1,4*	14 - 70
CBCT dento-alveolare (piccoli FOV)	0,011 - 0,67*	0,55 - 33,5
CBCT cranio-facciale (grandi FOV)	0,03 - 1,1*	1,5 - 55
















°Dose efficace tratta da: F. A. Mettler, W. Huda, T. T. Yoshizumi, M. Mahesh, "Effective doses in radiology and diagnostic nuclear medicine: a catalog", Radiology **248** (1): 254-263 (2008). ISSN 1527-1315;

*Dosi efficaci tratte da: European Commission, "Cone Beam CT for Dental and Maxillofacial Radiology", Radiation Protection #172 (2012). ISSN 1681-6803 Abbreviazioni: TC = tomografia computerizzata; CBCT = Cone Beam Computed Tomography; FOV = Field of View

Un ultimo criterio di valutazione dell'esposizione dovuta a esami radiologici si basa sul confronto con il fondo naturale da radiazioni provenienti dall'atmosfera e dal suolo di circa di 2,4 mSv all'anno (si consideri che un volo in aereo espone i passeggeri ad un'esposizione alle radiazioni di circa 6 μ Sv/h).

Per visualizzare il rischio associato alle diverse procedure radiodiagnostiche l'American College of Radiology ha invece adottato i **livelli relativi di radiazione** (*relative radiation level*, RRL), un sistema di visualizzazione del rischio correlato alla dose efficace di ogni procedura, specifico per la popolazione adulta e quella pediatrica e rappresentato da un numero di icone direttamente proporzionale alla dimensione del rischio (Tabella 4).

Tabella 4. Livelli relativi di radiazione nella popolazione adulta e in quella pediatrica

RRL	Popolazione adulta (mSv)	Popolazione pediatrica (mSv)
0	0	0
	< 0,1	< 0,03
 	0,1-1	0,03-0,3
  	1-10	0,3-3
   	10-30	3-10
    	30-100	10-30

Fonte: American College of Radiology ACR Appropriateness Criteria®; Abbreviazione: RRL = livello relativo di radiazione (intervallo di dose efficace in millisievert)

Strategie di ottimizzazione

Le apparecchiature radiologiche utilizzate in pediatria sono le stesse impiegate per l'adulto. Le raccomandazioni generali di radioprotezione valgono pertanto anche in campo pediatrico, con una serie di accorgimenti tecnici aggiuntivi per l'ottimizzazione dell'esposizione in tale ambito, che comprendono:

- la limitazione del campo di esposizione alla zona anatomica di interesse
- l'individuazione corretta dei punti di repere anatomici, che variano notevolmente sia con l'età del bambino sia con la patologia da indagare
- la riduzione dei tempi di esposizione
- l'impiego di materiali a bassa attenuazione (cassette e tavoli radiologici in fibra di carbonio o altro materiale plastico equivalente), di griglie antidiffusione (lamelle di piombo disposte parallelamente tra loro, che impediscono che i raggi X diffusi raggiungano la pellicola) e di schermi protettivi.

Un riguardo particolare dovrebbe essere adottato nei confronti dei neonati pretermine trattati in terapia intensiva neonatale, che durante la loro degenza possono essere sottoposti ad un numero elevato di radiografie (ricevono fino a 50-100 radiogrammi del torace).

Strategie di ottimizzazione per esami TC

Per quanto riguarda in particolare la TC, che comporta un'esposizione centinaia di volte superiore alla radiografia convenzionale, nei pazienti in età pediatrica è d'obbligo l'applicazione di specifici protocolli di ottimizzazione.

Nella TC l'ottimizzazione è difficile da mettere in pratica perché la dipendenza della qualità immagine e della dose dai parametri espositivi (kV, mAs, eccetera) e dalle caratteristiche del paziente è di comprensione non immediata.

L'accorgimento principale è quello di utilizzare protocolli specifici che riducano il più possibile l'esposizione adeguando i parametri di scansione (per esempio, il numero di scansioni, la corrente del tubo e il tempo di scansione, la velocità di avanzamento del lettino, eccetera) in base a:

- dimensioni ed età del bambino (si è dimostrato che è possibile dimezzare la dose ogni 8 cm di riduzione di diametro del paziente).
- regione esaminata (per esempio, il torace e lo scheletro non richiedono la stessa quantità di radiazioni necessaria per una TC all'addome o al cranio)
- tipo di indagine richiesto (per esempio, per l'identificazione di un ematoma retroperitoneale o di calcoli renali bastano scansioni a bassa dose)

In Tabella 5 sono illustrate le principali strategie di ottimizzazione della TC.

Considerazioni particolari vanno fatte riguardo alle **schermature**: esistono schermature in bismuto da posizionare su organi superficiali quali occhi, seno e tiroide, anche nel campo di vista dell'esame. Gli schermi sono efficaci per ridurre la dose all'organo superficiale ma devono essere usati correttamente per evitare la presenza di artefatti sull'immagine e per non aumentare eccessivamente il rumore. Lo schermo potrebbe inoltre interagire negativamente con altri sistemi (per esempio ATCM), per cui il suo uso deve essere attentamente studiato e integrato alle altre possibilità.

Accanto ai fattori più direttamente legati alla pratica dell'esame, una misura in grado di modificare la gestione del rischio a favore della buona riuscita dell'indagine è quella di migliorare la collaborazione con i giovani pazienti. A tale fine è utile dotare l'ambiente di un arredamento rassicurante, con mobili colorati, disegni alle pareti e giochi adatti alle diverse età del paziente.

In termini di ottimizzazione la preparazione psicologica dei bambini e dei genitori ha infine un valore pari a quello della riduzione della dose, soprattutto per la TC. Essa consiste in particolare nell'informazione sui passaggi dell'esame mediante simulazioni e ludoterapia allo scopo di ridurre l'ansia e influenzare positivamente lo stato d'animo del bambino, aumentando le probabilità di ottenere un buon esame senza ricorrere alla sedazione. Si tratta di un passaggio complesso, che tuttavia rappresenta il prerequisito per un buon risultato.

Tabella 5. Principali strategie di ottimizzazione della TC

- Limitare al minimo indispensabile la regione corporea da esaminare evitando di irradiare organi limitrofi radiosensibili
- Ridurre il numero di fasi per esami contrastografici: spesso la fase precontrasto non è indispensabile alla diagnosi
- Utilizzare metodi automatici di modulazione della dose (ATCM) (in funzione delle dimensioni del paziente e del distretto anatomico i parametri di esposizione sono adattati automaticamente dal sistema per mantenere la qualità minima indispensabile delle immagini)
- Utilizzare tensioni al tubo radiogeno (kV) inferiori agli esami per gli adulti (tenuto conto delle dimensioni ridotte del paziente, tensioni di 80-100 kV sono sufficienti a ottenere esami di qualità elevata con un buon risparmio di dose, soprattutto per esami contrastografici)
- Utilizzare sistemi TC che utilizzino filtri iterativi di ricostruzione delle immagini che consentono un'elevata riduzione della dose a parità di qualità diagnostica
- Limitare la collimazione del fascio RX soprattutto per sistemi multistrato a elevato numero di detettori (per esempio 128 strati), per contenere il problema dell'*overscanning* tipico delle scansioni spirali
- Posizionare correttamente il paziente al centro del gantry (il complesso tubo radiogeno-detettori all'interno del quale si muove il lettino), per evitare l'adattamento automatico della dose
- Utilizzare campi di ricostruzione (FOV) adeguati all'area da esaminare (un FOV più piccolo garantisce infatti una migliore risoluzione spaziale e quindi una maggiore ricchezza nei dettagli aumentando però la rumorosità dell'immagine)

Considerazioni conclusive

Alla luce di quanto illustrato finora, il ricorso a indagini radiodiagnostiche è un elemento della prassi medica giustificato da vantaggi clinici che di solito controbilanciano il rischio associato all'esposizione alle radiazioni. Quando è giustificato il risultato di un'indagine - sia positivo sia negativo - è utile in linea di principio a modificare la gestione o a confermare la diagnosi. Tuttavia, la mancata percezione dei limiti e delle controindicazioni di ciascuna metodica potrebbe determinare un incremento del rischio, senza un corrispondente aumento della qualità della cura. Per evitare esami inutili o dannosi è pertanto utile attenersi ad alcune regole di base:

- **non ripetere l'esame quando è già disponibile** ► se l'esame è già stato eseguito è importante ottenere le immagini radiografiche precedenti; a tale scopo può essere utile il trasferimento dei dati per via elettronica tra strutture ospedaliere

- **non prescrivere un'indagine quando i risultati non modificano la gestione del paziente**
- **non ripetere l'indagine con una frequenza elevata** ► per esempio prima che la malattia abbia potuto progredire o risolversi, oppure prima che i risultati siano in grado di influenzare il trattamento
- **non prescrivere l'indagine se non indicata** ► vista la rapida evoluzione tecnologica, prima di richiedere un esame di cui si conosce poco o superficialmente il profilo tecnico è utile consultare lo Specialista di Radiologia Pediatrica o di Medicina Nucleare
- **non omettere informazioni cliniche utili o quesiti a cui l'indagine deve rispondere** ► tale comportamento potrebbe determinare l'impiego non corretto di una tecnica, quale per esempio l'omissione di una proiezione essenziale per la diagnosi (è utile pertanto allegare alla richiesta di esame una relazione clinica)
- **non eccedere con le indagini.**

Bibliografia

- American Academy of Pediatrics Policy Statement. Radiation Disaster and Children. *Pediatrics* 2003; 111 (6): 1455-1466
- American College of Radiology Appropriateness Criteria <http://www.acr.org/Quality-Safety/Appropriateness-Criteria>
- Berrington de Gonzalez A, Darby S. Risk of cancer from diagnostic X-rays: estimates for UK and 14 other countries. *Lancet* 2004; 363:345-351
- Beister M et al. Iterative reconstruction methods in X-ray CT. *Physica Medica* 2012; 28, 94-108
- Brenner DJ et al. Computed tomography-An increasing source of radiation exposure. *N Engl J Med* 2007; 357:2277-2284
- Brenner DJ et al. Estimated risks of radiation-induced fatal cancer from pediatric CT *American J Roentgenology* 2001; 176: 289-296
- Brody AS et al. Radiation risk to children from computer tomography. *Pediatrics* 2007; 120: 677-682
- Council Directive 2013/59 Euratom (5 december 2013) Official Journal of the European Union L13/1-73 <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32013L0059>
- European Society of Radiology (ESR). Summary of the European Directive 2013/59/Euratom: essentials for health professionals in radiology. *Insights Imaging* 2015; 6: 411-417
- Galanski M et al Pediatric CT exposure practice in the Federal Republic of Germany. Results of a nationwide survey in 2005/06. 2006, Medizinische Hochschule Hannover.
- Geleijns J et al. The use of breast shielding for dose reduction in pediatric CT: arguments against the pro position. *Pediatr Radiol* 2010; 40:1744-1747
- Hall EJ. Lessons we have learned from our children: cancer risks from diagnostic radiology. *Pediatr Radiol* 2002; 32(10): 700-7066

- International Commission on Radiological Protection. Low-dose extrapolation of radiation-related cancer risk. ICRP publication 99. *Ann ICRP* 2007; 35 (4)
- International Commission on Radiological Protection. The 2007 recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 103. *Ann ICRP* 2007;37: 2-4
- International Commission on Radiological Protection. Radiological Protection in Medicine, ICRP Publication 105. *Ann ICRP* 2007; 37 (6)
- Lee CI et al. Diagnostic CT scans: assessment of patient, physician and radiologist awareness of radiation dose and possible risks. *Radiology* 2004; 231:393-398
- MacCollough CH et al. CT dose reduction and dose management tools: overview of available options. *Radiographics* 2006; 26:503-511
- National Academy of Sciences. Health Risks from Exposure to low Levels of Ionizing Radiation: BEIR VII-Phase 2. 2006
- NEMA Standards Publication XR 25-2010: Computed Tomography Dose Check
- Nievelstein R., Multidetector CT in children: current concepts and dose reduction strategies. *Pediatr Radiol* 2010; 40: 1324-1344
- Picano E. Sostenibilità della diagnosi per immagini. *Rivista della Società Italiana di Medicina Generale* 2006; 2: 13-66
- Picano E. Informed consent and communication of risk from radiological and nuclear medicine examinations: how to escape from a communication inferno. *British Medical Journal* 2004; 329: 849-851
- Referral guidelines for imaging, radiation protection 118, 2001 Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities
- Semelka RC et al. Imaging strategies to reduce the risk of radiation in CT studies, including selective substitution with MRI. *J Magn Reson Imaging* 2007; 25: 900-909
- Sigurdson AJ et al. Primary thyroid cancer after a first tumor in childhood (the Childhood Cancer Survivor Study): a nested case-control study. *Lancet* 2005; 365: 2014-2023
- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: Sources and effects of ionizing radiation: UNSCEAR 2000 report to the General Assembly. New York: United Nations, 2000
- Wallace S. New clinical report guides pediatricians on when to use CT scanning. *AAP news* 2007; 28(9): 45

VIII. Prescrizione giustificata e consapevolezza del rischio radiologico

Ernesto Mola, Giorgio Visentin

Giustificazione delle procedure radiodiagnostiche e linee guida

L'educazione e la formazione dei medici prescrittori e degli specialisti radiologi gioca un ruolo fondamentale nel garantire che il principio di giustificazione sia applicato nella pratica clinica pediatrica. Affinché ciò avvenga in maniera efficace è fondamentale che il medico conosca nel dettaglio sia il caso clinico sia le componenti correlate alla sua gestione. La conoscenza adeguata alla prescrizione giustificata include:

- la storia clinica del paziente, compresi gli esami già eseguiti
- i benefici potenziali dell'atto medico
- la consapevolezza delle conseguenze a breve e a lungo termine, compresi i rischi
- la conoscenza aggiornata delle conseguenze insite nel non intraprendere alcun atto medico
- la conoscenza delle linee guida prescrittive o dei criteri di accettabilità quando disponibili.

L'International Commission on Radiation Protection (ICRP) identifica tre livelli nei quali opera la giustificazione.^{1,2}

- Il **primo livello** riguarda l'uso generale delle radiazioni in medicina e in termini pratici consiste nell'assunzione che il loro impiego sia più favorevole che dannoso per il paziente; ciò presuppone che la giustificazione di una procedura sia garantita a priori.
- Il **secondo livello** ha a che fare con procedure specifiche per un dato obiettivo (per esempio, la radiografia del torace per i pazienti con sintomi respiratori); in questo caso lo scopo è giudicare se la procedura sia in grado di migliorare la diagnosi o di fornire le informazioni necessarie a modificare l'iter terapeutico.
- Il **terzo livello** riguarda infine l'applicazione della procedura al singolo individuo e presuppone una giustificazione che tenga conto degli obiettivi specifici dell'esposizione e delle caratteristiche individuali del paziente.

Oggi sono disponibili diversi strumenti in grado di aiutare il medico nel processo decisionale: per quanto riguarda le linee guida internazionali per la prescrizione, tra le più note si possono citare quelle del UK Royal College of Radiologists (RCR), pubblicate per la prima volta nel 1998 e in seguito adattate dalle diverse società radiologiche e di medicina nucleare della European Association for Radiology and Nuclear Medicine (Linee guida di radioprotezione 118).³

Le raccomandazioni RCR si basano sulla forza dell'evidenza e sul consenso e suddividono le procedure radiodiagnostiche nelle seguenti categorie di appropriatezza:

- **esame indicato** ► può contribuire alla diagnosi e alla gestione clinica
- **esame a indicazione specialistica** ► è in genere prescritto dallo specialista radiologo di medicina nucleare
- **esame inizialmente non indicato** ► quando l'esperienza mostra che il quesito clinico generalmente si risolve spontaneamente
- **esame non indicato di routine** ► deve essere eseguito solo quando sussistono

argomentazioni ragionevoli per la sua esecuzione

- **esame non indicato** ► non esiste rationale per la sua esecuzione.

Un altro utile strumento di riferimento sono gli Appropriateness Criteria® elaborati dall'American College of Radiology (ACR) nel 1995 e regolarmente aggiornati.⁴ Le indicazioni statunitensi, basate sull'evidenza, definiscono algoritmi radiodiagnostici specifici per singoli scenari clinici indicando per ogni esame sia l'appropriatezza della procedura radiodiagnostica (stabilita secondo un codice numerico che va da **1 a 9 in ordine crescente di appropriatezza**) sia il rischio correlato all'esposizione a radiazioni ionizzanti. Quest'ultimo è definito dal livello di radiazione relativo (RRL), un indice direttamente proporzionale all'intervallo di dose efficace (la quantità di dose di radiazione che stima il rischio associato alla procedura radiodiagnostica) che è rappresentato con un numero crescente di icone (☼). All'atto della prescrizione, i due indici permettono di valutare sia quale procedura sia più appropriata a rispondere allo specifico quesito diagnostico sia il rischio potenziale associato al suo impiego non giustificato.

In Italia i medici hanno a disposizione le linee guida nazionali AGENAS sulle tecniche di imaging pubblicate nel 2004 dall'Agenzia Nazionale per i Servizi Sanitari (AGENAS) in base al Decreto Legge 187 del 2000.⁵

Cultura ALARA e consapevolezza del rischio radiologico

L'importanza della riduzione del rischio radiologico con il contenimento dell'esposizione del paziente alle radiazioni al minimo indispensabile per la formulazione di una diagnosi è efficacemente espressa dal termine ALARA, acronimo dell'anglosassone *As Low As Reasonably Achievable*, un concetto che deriva dai principi di giustificazione e di ottimizzazione delle procedure radiodiagnostiche.⁶

Negli ultimi anni la diffusione della cultura ALARA all'interno della comunità medica e tra i pazienti rappresenta uno degli obiettivi prioritari degli organismi operanti nell'ambito della radioprotezione,⁷⁻¹² che a tale scopo hanno proposto alcune importanti iniziative rivolte ai medici o al pubblico: tra le più note la campagna *Image Gently* (<http://www.pedrad.org/associations/5364/ig/>) implementata dall'Alliance for Radiation Safety in Pediatric Imaging (oltre 70 organizzazioni mediche in tutto il mondo tra le quali l'ACR) allo scopo sia di aumentare la consapevolezza della classe medica deputata alla prescrizione degli esami radiodiagnostici sia di favorire la diffusione delle informazioni alle famiglie, predisponendo materiale educativo e informativo sul rischio radiologico e sulla diagnostica per immagini in pediatria.¹³

Gli studi internazionali

Come sottolineano i promotori di *Image Gently* è essenziale che chiunque prescriva o somministri le procedure sia informato sul rischio dell'esposizione a radiazioni ionizzanti e sui principi della radioprotezione.^{1,2} Tuttavia, come dimostrano numerosi studi internazionali, si registra una scarsa consapevolezza del rischio e una generale sottostima delle dosi associate alle diverse modalità di immagine non solo da parte dei pazienti ma anche dei medici che prescrivono le indagini radiodiagnostiche e degli studenti iscritti alle facoltà di Medicina.¹⁴⁻²⁶

Uno studio recente condotto in Norvegia ha analizzato il livello di conoscenza dei medici di medicina generale, di medici ospedalieri e di non medici sui temi della radioprotezione, sulla valutazione della dose di radiazioni al momento della prescrizione, sull'impiego delle linee guida di prescrizione, sul tasso e sulle ragioni delle prescrizioni che non influenzano il trattamento e sulla correlazione tra il tasso/impiego di linee guida e la loro conoscenza sulla radioprotezione. Complessivamente, le risposte esatte al questionario rivolto a saggiare il grado di conoscenza in merito al rischio radiologico tra i medici di differenti branche specialistiche e i medici di famiglia sono state in media del **30,4%**.¹⁶ La maggior parte dei medici sottostima le dosi di radiazione derivanti dagli esami che impiegano un elevato dosaggio di radiazioni: in particolare, quelle associate a una TC dei seni

paranasali sono sottostimate dal 94,8% dei medici; il dosaggio di una radiografia del bacino e del rachide è sottostimato o sovrastimato rispettivamente dal 18,7-21,6% e dal 19,1-19,7%. Rispettivamente il 10,5% e il 4,8% degli intervistati ritiene che la risonanza magnetica (RM) e gli ultrasuoni implichino la somministrazione di radiazioni e solo il 18,2% attribuisce il corretto ordine di grandezza tra 5 differenti fonti di radiazioni.

In un altro studio recente condotto nell'Irlanda del Nord solo il **9%** dei medici di pronto soccorso e il **47%** dei radiologi intervistati conoscevano l'associazione tra TC e rischio di tumore.²⁴ Per quanto riguarda in particolare i medici pediatri, alcuni studi dimostrano che il livello di conoscenza della dose radiologica e del rischio associato agli esami radiologici nei bambini è molto basso e che nella maggior parte dei casi (fino nel 94%) le dosi efficaci relative alla TC sono sottostimate.^{18,19}

Survey italiana

Anche in Italia la scarsa consapevolezza del rischio radiologico da parte della classe medica è stata evidenziata nel passato e recentemente con preoccupazione crescente.^{14,24,26}

Un'indagine condotta lo scorso anno sul territorio nazionale ha valutato il grado di informazione e consapevolezza dei medici in merito al rischio radiologico con l'obiettivo di evidenziare le eventuali lacune e potenziare la formazione in modo mirato.¹⁴ Il campione dei soggetti intervistati mediante un questionario anonimo ha riguardato complessivamente **737 medici** (medici di medicina generale, pediatri di famiglia e medici specialisti ospedalieri e ambulatoriali di differenti branche mediche e chirurgiche). Il quadro che emerge dall'analisi conferma lo scarso grado di conoscenza dei temi riguardanti il rischio radiologico, con una percentuale complessiva di risposte corrette inferiore al 40% (vedi Box).

Alle domande che saggiavano il grado di conoscenza relativo alla dose erogata negli esami di uso medico, al danno biologico dei tessuti esposti e al principio di giustificazione hanno risposto in maniera corretta rispettivamente il 36,46%, 41,9% e 38,7%; solo 4 medici su 737 dimostravano di conoscere le linee guida nazionali AGENAS sulle tecniche di immagine.⁵

La verifica di eventuali differenze nei bisogni formativi dei medici di medicina generale, dei pediatri di famiglia e dei medici specialisti e la valutazione della percezione dei medici in merito ai loro comportamenti prescrittivi ha evidenziato tra le cause responsabili della non appropriatezza della prescrizione la **medicina difensiva** (39,5%) e la **manca di coordinamento** tra i medici di famiglia e gli specialisti che hanno in carico il paziente (26,2%). Tra gli argomenti più utili per la loro formazione i medici hanno indicato la **conoscenza delle linee guida** sull'appropriatezza prescrittiva (72,18%), un risultato che è in linea con il livello quasi nullo di conoscenza delle linee guida nazionali emerso dall'indagine. Quest'ultimo dato è coerente con le osservazioni di altri studi, secondo i quali l'impiego dei Criteri di Appropriatezza dell'ACR da parte dei medici di medicina generale comporterebbe una migliore utilizzazione della RM, un aumento del tasso di prescrizione degli esami appropriati e una diminuzione di quelli inappropriati.²⁷

Conclusioni

Le conclusioni della survey sono le seguenti:

- una **migliore conoscenza** della quantità di dose erogata da ciascun esame consentirebbe ai medici una più fondata e opportuna valutazione del rapporto rischio beneficio per le procedure diagnostiche prescritte, contribuendo a ridurre l'aumento non giustificato di TC a favore di modalità di immagine che impiegano dosaggi inferiori o nulli, quali l'ecografia e la RM.¹⁴
- È necessario, oltre che migliorare la formazione in merito al rischio radiologico durante gli studi universitari e postuniversitari orientare la formazione medica continua al raggiungimento di un maggior livello di conoscenza delle problematiche legate al rischio radiologico e alla comunicazione.¹⁴

Valutazione dei bisogni formativi dei medici prescrittori in merito al rischio radiologico: una survey¹⁴

Mola E, Visentin G, Elli P e Orlando T

Obiettivo primario

- Individuare i bisogni formativi dei medici prescrittori attraverso la valutazione del grado di conoscenza in merito a:
 - dose erogata negli esami di uso medico
 - danno biologico dei tessuti esposti
 - principio di giustificazione e linee guida

Obiettivi secondari

- Verificare le eventuali differenze nei bisogni formativi dei medici di medicina generale (MMG), dei pediatri di famiglia (PDF) e dei medici specialisti
- Valutare alcuni aspetti della percezione dei medici in relazione ai loro comportamenti prescrittivi

Disegno dello studio

L'indagine si è sviluppata attraverso un questionario anonimo (composto da 19 item strutturati in 5 sezioni) da somministrare ai medici prescrittori (esclusi i medici specializzandi in radiologia). Il campione di soggetti intervistati include MMG, PDF e medici specialisti ospedalieri e ambulatoriali di differenti branche mediche e chirurgiche. Sono stati compilati 737 questionari (60% costituito da specialisti di 19 diverse specialità).

Risultati

Conoscenze sulla dose erogata negli esami di uso medico

- *Prima domanda. Quali tra i 6 test diagnostici principali espongono il paziente a radiazioni ionizzanti?*
Solo il **18,7%** dei medici ha risposto esattamente a tutte i punti della prima domanda. I test per i quali era maggiore la percentuale di risposte sbagliate erano la tomografia a emissione di positroni (PET) (**32,84%**) e la coronarografia (**63,64%**).
- *Seconda domanda. Si chiedeva di indicare 3 sequenze relative a 4 esami diagnostici, in ordine crescente di esposizione alle radiazioni ionizzanti.*
Ha indicato la sequenza corretta (Rx torace - Rx Cervicale - TC addome - Angioplastica coronarica) il **34,74%** dei medici.
- *Terza domanda: Si chiedeva di indicare in quale livello di valori cadesse la corrispondenza di un determinato test diagnostico nei confronti della radiografia standard del torace (considerata come unità).* Lo scopo era valutare in modo grossolano il grado di conoscenza in merito alla dose erogata per ciascuno degli esami indicati, peraltro richiesti molto frequentemente nella pratica diagnostica.
La percentuale di risposte corrette era la seguente: Rx rachide lombare **29,76%**, TC torace **42,33%**, mammografia **66,17%**, scintigrafia ossea total body **27,27%**. Solo per la

mammografia il numero delle risposte corrette superava il **50%** (66,17%)

Conoscenze sul danno biologico dei tessuti esposti

- *Prima domanda: Si chiedeva quale tra i 6 tessuti corporei indicati (cuoio capelluto, tessuto cerebrale, mammella, osso, ghiandola tiroidea, cute) fosse più sensibile alle radiazioni.*
Il **74,63%** dei medici ha indicato correttamente la tiroide.
- *Seconda domanda: Si chiedeva di indicare la risposta esatta tra le 5 possibili relative alla radiosensibilità di un tessuto.*
Il **43,03%** ha indicato correttamente che la radiosensibilità di un tessuto è una proprietà intrinseca del tessuto.
- *Tre domande successive valutavano la conoscenza in merito agli effetti stocastici delle radiazioni.*
Il **30,26%** dei medici ha affermato di ricordare il significato del termine stocastico mentre solo il **20,62%** dei medici ha risposto esattamente quando si è chiesto di indicare quale tra 4 effetti (eritema-leucemia-cataratta-alterazioni genetiche) fossero di tipo stocastico.
In particolare, alla domanda se l'età del paziente potrebbe influire sull'incidenza degli effetti stocastici il **41,9%** per cento ha indicato correttamente la risposta affermativa.
Nella media il numero di risposte esatte per sezione è stato del **41,9%**

Giustificazione e linee guida

- *Prima domanda: si chiedeva di indicare la definizione corretta del principio di giustificazione tra quattro definizioni plausibili*
 - Il **75,24%** ha indicato la risposta corretta
- *Seconda domanda: si chiedeva di indicare la conoscenza delle linee guida relative alle tecniche di imaging pubblicate dall'Agenzia Nazionale per i Servizi Sanitari (AGENAS)*
Solo **4 medici su 737** hanno dimostrato di conoscere le linee guida

Comportamenti prescrittivi

- *Prima domanda: si è indagata la percezione dei medici e non il loro effettivo comportamento valutando le motivazioni che secondo i medici determinano la prescrizione di esami inutili*
 - Il **71,9%** dei medici fornisce informazioni ai pazienti circa i potenziali effetti delle radiazioni prodotte dagli esami strumentali prescritti.
 - L'**88,29%** dei medici afferma di tenere conto di eventuali precedenti esposizioni a radiazioni ionizzanti al momento delle prescrizioni.

Tra le cause della prescrizione di esami radiologici inutili il **17,7%** dei medici identifica la non appropriatezza prescrittiva, il **26,2%** la mancanza di coordinamento tra MMG e specialisti che hanno in carico il paziente, il **16,47%** l'accondiscendenza verso le pressanti richieste dei pazienti e il **39,56%** la medicina difensiva.
- *Seconda domanda: si richiedeva ai medici con quale frequenza capitasse di prescrivere esami radiologici indotti da medicina difensiva*
 - Solo il **25,7%** ha dichiarato di non farlo quasi mai mentre il restante **75%** circa ha dichiarato di farlo a volte (**53%**), spesso (**19,8%**), sempre (**1,54%**)
- *Terza domanda: si chiedeva ai medici di indicare quali argomenti ritenessero più utili per la loro formazione in merito al rischio radiologico*
 - Il **72,18%** ha indicato le linee guida sull'appropriatezza prescrittiva tra gli argomenti più utili per la loro formazione

Bibliografia

1. International Commission on Radiological Protection. Radiological Protection in Medicine. Publication 105 Elsevier Oxford (2008)
2. International Commission on Radiological Protection. Recommendations of the ICRP, Publication 103, Elsevier, Oxford (2008)
3. EUROPEAN COMMISSION, Referral Guidelines for Imaging, Radiation Protection 118, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg (2001)
4. American College of Radiology, ACR Appropriateness Criteria (<http://www.acr.org/Quality-Safety/Appropriateness-Criteria>)
5. AGENAS. La diagnostica per immagini. Linee guida nazionali di riferimento. 2004 http://www.agenas_pdf/diag_per_immag.pdf)
6. International Atomic Energy Agency. ALARA and the medical sector 13th european ALARA Network Workshop Norway 7-10 June 2011. J Radiol Prot 2012; 32: 107-114
7. Malone J et al. Justification of diagnostic medical exposures: some practical issues. Report of an International Atomic Energy Agency Consultation. Br J Radiol 2012; 85(1013): 523-538
8. Rehani MM, Berris T. International Atomic Energy Agency study with referral physicians on patient radiation exposure and its tracking: a prospective survey using a web-based questionnaire. BMJ Open 2012;2:e001425.doi:10.1136/bmjopen-2012
9. IAEA-International Atomic Energy Agency. Safety Reports Series No. 71. Radiation Protection in Paediatric Radiology. Vienna 2012
10. United Nations, Sources and Effects of Ionizing Radiation UNSCEAR 2008. Report to the General Assembly, with scientific Annexes, Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), UN, New York (2010)
11. National Cancer Institute, Radiation Risks and Pediatric Computed tomography (CT): A Guide for Health Care Providers (2008)
12. Image Gently, The Alliance for Radiation Safety in Paediatric Imaging 2010 (<http://www.Pedrad.org/associations/5364/ig/>)
13. Amis SE, Butler PF. ACR White Paper on radiation dose in medicine: three years later. J Am Coll Radiol 2010; 7: 865-870 (<http://www.acr.org/~media/ACR/Documents/PDF/QualitySafety/Radiation%20Safety/WhitePaperRadiationDose3Years.pdf>)
14. Mola E et al. Valutazione dei Bisogni Formativi dei Medici Prescrittori in Merito al Rischio da Radiazioni Ionizzanti. Occhio Clinico 2012; 2; node/1375 (<http://www.occhioclinico.it/cms/node/1375>)
15. Borgen L., Stranden E., Espeland A., Clinicians' justification of imaging: do radiation issues play a role?, Insights Imaging (2010) 1:193-200
16. O'Sullivan J et al. An assessment of medical students awareness of radiation exposures associated with diagnostic imaging investigations. Insights Imaging 2010; 1: 86-92
17. Lee C et al. Diagnostic CT scans: assessment of patient, physician, and radiologist awareness of radiation dose and possible risks. Radiology 2004; 231: 393-398
18. Thomas KE et al. Assessment of radiation dose awareness among pediatricians. Paediatr Radiol 2006; 36: 823-832
19. Heyer CM et al. Paediatricians awareness of radiation dose and inherent risk in chest imaging studies- A questionnaire study. Europ J radiol 2010;76(2):288-293
20. Shiralkar S et al. Doctors' knowledge of radiation exposure: questionnaire study. BMJ 2003; 327: 371-372
21. Jacob K et al. X-ray dose training: are we exposed to enough? Clin Radiol 2004; 59: 928-934
22. Arslanoglu A et al. Doctors and intern doctors' knowledge about patients' ionizing radiation

- exposure doses during common radiological examinations. *Diagn Interv Radiol* 2007; 13(2): 53-55
23. Bautista AB et al. Do clinicians use the American College of Radiology Appropriateness Criteria in the Management of their patients? *AJR* 2009; 192: 1581-1585
 24. Soye JA, paterson A. A survey of awareness of radiation dose among health professionals in Northern Ireland. *Br J Radiol* 2008; 81(969): 725-729
 25. Picano E. Informed consent and communication of risk from radiological and nuclear medicine examinations: how to escape from a communication inferno. *British Medical Journal* 2004;329:849-51
 26. Picano E. Sostenibilità della diagnosi per immagini. *Rivista della Società Italiana di Medicina Generale* 2006; 2:13-6
 27. Levy G et al. Non radiologistutilization of ACR appropriateness criteria in preauthorized center for MRI requests: applicability and effects. *AJR* 2006; 187:855-858

IX. Giustificazione e ottimizzazione in odontoiatria pediatrica

Giacomo M Grasso, Laura Strohmenger, Giovanna D Garattini, Angelica Munari

Introduzione

All'interno della comunità scientifica si registra una preoccupazione crescente per l'uso eccessivo di esami radiodiagnostici in tutti gli ambiti della medicina, compreso quello odontoiatrico. Dai dati forniti dalla Regione Lombardia emerge che nel 2008 sono state eseguite in regime ambulatoriale oltre **1.500** tomografie computerizzate (TC) delle arcate dentarie su pazienti di età compresa tra 0 e 18 anni, corrispondenti al **15,5%** di tutti gli esami tomografici eseguiti. L'incremento dell'impiego di TC stimato nella popolazione pediatrica negli ultimi anni è stato del **200%** ed è verosimilmente correlato sia alla disponibilità di apparecchiature tecnologicamente avanzate sia alla maggiore attenzione alle patologie del cavo orale e all'introduzione di tecniche terapeutiche sofisticate, che richiedono informazioni sempre più accurate delle strutture dentarie. Il dato risulta preoccupante soprattutto alla luce del fatto che le TC - in particolare quelle convenzionali multistrato - impiegano dosi di radiazioni centinaia di volte superiori a quelle di una radiografia standard endorale, con un rischio associato elevato. Ciò vale in particolare per i bambini e gli adolescenti, nei quali la probabilità di insorgenza di effetti stocastici - vale a dire il rischio di sviluppare un tumore nel corso della vita - è maggiore rispetto all'adulto a causa della lunga aspettativa di vita e della elevata radiosensibilità dei tessuti in crescita. Ad aggravare la situazione si aggiunge la generale assenza di adattamento dei parametri di scansione durante l'esecuzione degli esami radiodiagnostici, nonché la carenza di apparecchiature dedicate a questa fascia di età particolarmente a rischio.¹

Numerosi studi hanno infine evidenziato che il **33%** delle prescrizioni tomografiche non è giustificato da una reale necessità diagnostica e terapeutica e che gli operatori sanitari coinvolti - dall'odontoiatra al radiologo fino al pediatra di famiglia - non sempre sono consapevoli del rischio radiologico effettivo.²⁻⁴

Tecniche radiodiagnostiche: dosi efficaci e modalità di acquisizione

Le tipologie di esame radiografico utilizzate in odontoiatria sono numerose e differiscono tra loro per la posizione del rilevatore, la dimensione dell'area e le strutture da sottoporre a esame. Le tecniche radiografiche **endorali** (periapicali, bitewing e occlusali) permettono la visualizzazione di pochi elementi contemporaneamente mentre quelle **extraorali** forniscono una visione di insieme delle arcate dentarie (ortopantomografia) o del cranio (teleradiografie in proiezione latero-laterale e postero-anteriore). Per ottenere informazioni dettagliate e prive di sovrapposizioni si ricorre alla **tomografia computerizzata (TC)**. I due tipi di TC maggiormente utilizzati sono la convenzionale multistrato e quella a fascio conico (**cone beam computed tomography, CBCT**), che differiscono sia per la geometria del raggio utilizzato sia per la dose di radiazioni somministrata.

Introducendo alcuni fattori di correzione - che tengono conto del fatto che a parità di dose assorbita l'entità del danno biologico dipende dal tipo di tessuto irradiato (non tutti i tessuti e gli organi sono

infatti ugualmente radiosensibili) - è possibile attribuire a ogni indagine specifica una **dose efficace** di radiazioni, espressa in Sievert (Sv) (Tabella 1).

Le tecniche radiografiche standard, sia endorali sia extraorali, impiegano dosi efficaci relativamente basse, che oscillano da un valore minimo di **0,002 mSv** (radiografia endorale) a un massimo di **0,090 mSv** (ortopantomografia) e sono associate a un rischio di neoplasia di **1 caso su 1 milione** di persone esposte.⁵ Una maggiore criticità si osserva invece con l'impiego delle tecniche tomografiche, che sono caratterizzate da una dose efficace che può raggiungere valori di **1,2 mSv** (TC multistrato della testa) e presentano un rischio associato di neoplasie di circa **30-50 casi su 1 milione**. Pur utilizzando dosaggi inferiori rispetto a una TC multistrato, anche la CBCT può raggiungere dosi di radiazioni elevate (i dati della letteratura presentano un ampio intervallo di variabilità, con valori che vanno da **0,056 a 1 mSv** per la CBCT ad ampio campo).⁶⁻⁹

Per quanto riguarda le **modalità di acquisizione** dell'immagine radiografica, la tecnica digitale - che prevede la ricezione, l'elaborazione e l'archiviazione informatiche dei dati - ha ormai quasi del tutto sostituito quella tradizionale analogica,¹⁻³ che impiega una classica pellicola radiografica a sali d'argento. Uno dei principali vantaggi della tecnica digitale in termini di radioprotezione è la possibilità di ridurre di oltre il **50%** la dose.¹⁰⁻¹³

Tabella 1. Dosi efficaci medie (mSv) relative alle più comuni procedure radiodiagnostiche in odontoiatria

Esame di radiologia dentale	Dose efficace media	Valori in letteratura*
Rx endorale	0,005	0,002-0,010
Ortopantomografia	0,01	0,007-0,090
Tele LL	-	0,0056-0,016
Tele PA	0,005	-
TC mandibola	0,5	0,4-0,8
TC testa	1	0,9-1,2
TC cone beam mandibola	0,06	-
TC cone beam full FOV	0,1	0,056-1,070

*Per ogni esame sono stati riportati i valori di dose efficace inferiori e superiori presenti in letteratura, calcolati con il metodo ICRP 2007 (ICRP. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103). Abbreviazioni: FOV = angolo di campo; RX= radiografia a raggi X; TC = tomografia computerizzata; Tele LL = teleradiografia del cranio in posizione latero-laterale; Tele PA = teleradiografia del cranio in posizione postero-anteriore

Inoltre l'elaborazione dell'immagine nella fase post-processing permette di correggere la densità e il contrasto, in modo da favorire la visualizzazione di alcune strutture piuttosto che di altre o addirittura di correggere lievi errori di esposizione.

Le forme più diffuse di radiografia digitale comprendono:

- sensori elettronici allo stato solido ad accoppiamento di carica (CCD, *charged-coupled devices*), definiti spesso sistemi digitali diretti
- piastre di fosfori a memoria fotostimolabili (PSP, *photostimulable storage phosphor*), definiti invece sistemi digitali indiretti.¹⁴

Radiografie endorali

Radiografie periapicali

Le radiografie endorali periapicali (Figura 1) consentono di ottenere un'immagine nitida del dente nel suo insieme, in particolare della corona, della radice e dell'apice radicolare. Per ottenere un'immagine radiografica corretta è necessario che la pellicola e il rilevatore siano il più possibile vicini alla zona di interesse, per ridurre l'ingrandimento, e che siano paralleli all'asse del dente per evitare deformazioni proiettive.

Esistono due modalità di esecuzione:

- la **tecnica a raggi paralleli** che si realizza con l'ausilio di appositi centratori
- la **tecnica della bisettrice**, considerata meno precisa perché l'appoggio diretto della pellicola sulla gengiva determina una distorsione dell'immagine radiografica.

Figura 1. Radiografia periapicale in zona anteriore



Indicazioni

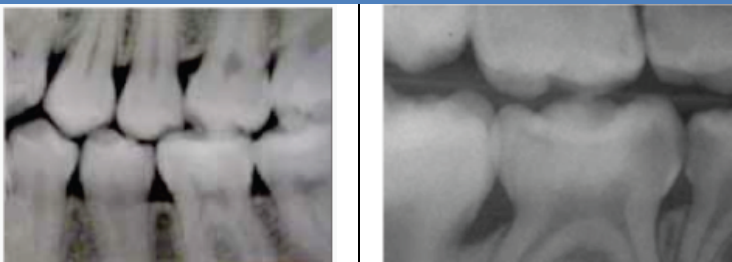
Le radiografie periapicali sono indicate in caso di:

- patologia cariosa
- patologia traumatica dentoalveolare
- patologia traumatica dentofacciale
- sospetto di patologia parodontale
- necessità di informazioni sulla morfologia radicolare (curvature o riassorbimenti)
- valutazione dell'estensione del danno parodontale e della perdita ossea

Radiografie bitewing

La radiografia bitewing (Figura 2) è una modalità endorale di acquisizione dell'immagine che permette la visualizzazione ottimale delle corone degli elementi dentari e del parodonto marginale. A differenza delle radiografie periapicali essa non visualizza la radice dentaria. In compenso il numero di elementi che si possono includere in una sola radiografia è maggiore poiché vengono esaminate le corone degli elementi di entrambe le arcate. La tecnica consiste nel collocare la pellicola a contatto della superficie linguale dei denti antagonisti. Le dosi di radiazioni alle quali è sottoposto il paziente sono equivalenti a quelle utilizzate in una radiografia periapicale, ossia variano da **0,005-0,010 mSv** per gli apparecchi analogici a circa **0,002 mSv** per gli strumenti digitali con sensore CCD.¹⁵

Figura 2. Esempi di radiografia bitewing



Indicazioni

Le radiografie endorali di tipo bitewing rappresentano uno strumento diagnostico fondamentale nell'identificazione della **patologia cariosa**, soprattutto di tipo interprossimale, con le seguenti indicazioni a seconda della tipologia di paziente, definita in base all'evidenza clinica, al tenore glucidico della dieta, all'uso di fluoro, al contesto sociale, al controllo della placca e alle caratteristiche della saliva:

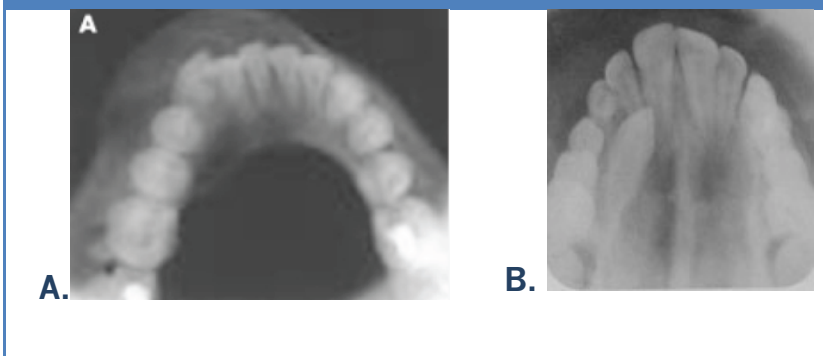
- **pazienti pediatrici ad alto rischio** ► utilizzo sistematico per valutare eventuali carie, da non ripetersi prima che siano trascorsi 6 mesi dall'ultimo esame
- **pazienti pediatrici a rischio moderato** ► impiego sistematico per valutare eventuali patologie cariose, da non ripetersi prima che siano trascorsi 12 mesi dall'ultimo esame
- **pazienti pediatrici a basso rischio** ► esecuzione ogni 18 mesi in pazienti con dentizione decidua, oppure ogni 24 mesi in quelli con dentizione permanente. Se il paziente permane in questa categoria, effettuare ogni 36 mesi o soltanto qualora si sospetti una lesione cariosa.¹⁶

Radiografie occlusali

Sono dette occlusali le radiografie assiali delle arcate dentarie, ottenute cioè con un fascio di raggi in direzione verticale, più o meno parallelo all'asse del dente (Figura 3). Il loro scopo è fornire in maniera diretta l'informazione lungo il piano orizzontale vestibolo-linguale, che manca nelle altre riprese radiografiche dentarie. Le pellicole endorali vengono poste nel piano occlusale e trattenute dal morso delicato del paziente; a seconda dell'angolo di incidenza è possibile ottenere:

- riprese **ortocclusali**, utilizzate per l'arcata inferiore, nelle quali il raggio è perpendicolare alla pellicola
- riprese **disocclusali**, utilizzate per l'arcata superiore, nelle quali l'angolazione è differente dalla posizione anteriore a quella posteriore.

Figura 2. Radiografia in proiezione ortocclusale della mandibola (A); radiografia in posizione disocclusale del mascellare superiore (B)



Indicazioni

Le radiografie occlusali hanno le seguenti indicazioni:

- dimostrazione della posizione vestibolare o linguale di lesioni o anomalie, quali denti inclusi o sovranumerari
- visualizzazione dei calcoli salivari delle ghiandole sottomandibolare e sottomandibolare (ortocclusale inferiore)
- visualizzazione delle lesioni di densità calcifica site nel pavimento orale (ortocclusale inferiore).^{16,17}

Ottimizzazione delle radiografie endorali

Nell'esecuzione delle radiografie endorali - periapicali, bitewing e oclusali - è possibile mettere in atto strategie che permettono di ridurre l'esposizione a radiazioni ionizzanti mediante l'ottimizzazione dei parametri tecnici e l'impiego di protezioni adeguate.

- **Voltaggio** ► Nel caso delle radiografie endorali, il voltaggio è generalmente fissato o minimamente variabile: sono raccomandati valori compresi tra **60 e 70 kV**, un intervallo ritenuto un valido compromesso per ottenere una riduzione della dose mantenendo l'efficacia diagnostica.
- **Area e forma del raggio** ► Nella radiografia endorale la dimensione dell'area irradiata dipende dalla collimazione (delimitazione) del fascio di raggi. Per ridurre l'area esposta è necessario utilizzare una collimazione rettangolare del fascio, con dimensioni pari a quelle della pellicola. Questa variazione permette di diminuire la dose del **60%**.
- **Pellicole** ► Per le radiografie endorali - sia analogiche sia digitali - dovrebbero essere utilizzate pellicole che permettono un'acquisizione rapida dell'immagine, cioè quelle appartenenti al gruppo E o F (queste ultime sono ancora più rapide).
- **Protezioni** ► La tiroide è uno degli organi del distretto cervico-facciale maggiormente radiosensibili. È necessario proteggere la ghiandola con un apposito collare tiroideo con schermatura di piombo.

Ortopantomografia

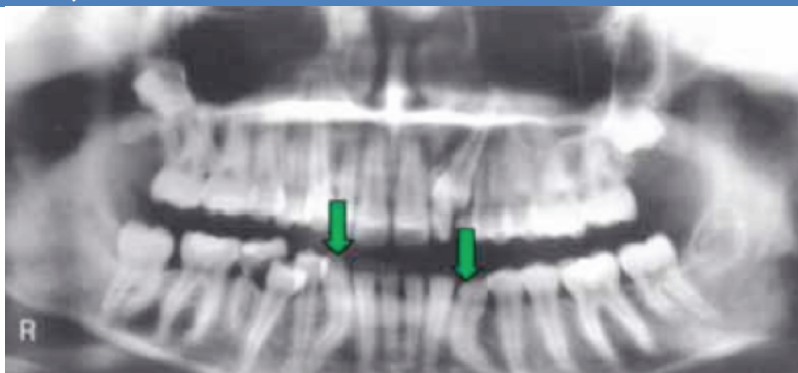
L'ortopantomografia (**OPT**) (Figura 4) è la radiografia extraorale più comunemente utilizzata in campo odontoiatrico. Questa procedura fornisce l'immagine delle arcate dentarie e delle strutture a esse adiacenti nella loro interezza. Essa viene sempre eseguita con il cranio in posizione verticale e con il paziente in stazione eretta e richiede da 12 a 18 secondi circa, durante i quali radiografo e pellicola ruotano solidalmente intorno al cranio del paziente.

Le caratteristiche di visualizzazione dell'OPT la rendono ideale per valutare:

- la simmetria mandibolare e lo studio dell'articolazione temporomandibolare (ATM) in fase diagnostica preliminare
- i denti presenti, le agenesie o gli elementi sovranumerari, le anomalie di forma, le anchilosi, le inclusioni, le traslocazioni e le ectopie gravi
- le caratteristiche delle radici (parallelismo, posizioni reciproche, riassorbimento)
- l'età dentale e la sequenza di eruzione
- la presenza di patologia o variazioni rispetto alla norma

Il limite della OPT è che la proiezione su un piano di un oggetto curvo qual è il cranio comporta una serie di problemi, quali ingrandimenti incostanti e imprevedibili nonché un certo grado di disomogeneità di esposizione e ombre di trasporto.

Figura 4. Anomalie di sviluppo dentario visualizzate mediante ortopantomografia (radici dei canini inferiori evidenziate con le frecce)



Indicazioni

L'OPT è indicata:

- in caso di dentizione mista quando è necessario valutare lo sviluppo dentario (per esempio quando si valuta un trattamento ortodontico per malocclusioni dentoscheletriche)
- in caso di dentizione permanente quando è necessario verificare lo sviluppo dentario, associando la valutazione della presenza, posizione e stadio di sviluppo dei terzi molari
- a tutte le età in caso di patologia traumatica dentofacciale con interessamento del condilo o di altre strutture mandibolari.

L'OPT non è indicata:

- nei soggetti pediatrici senza segni clinici e sintomi specifici, in cui non si sospettino anomalie di sviluppo e non sia necessaria una valutazione della posizione degli elementi nel contesto delle basi mascellari a fini ortodontici o chirurgici¹⁶
- nei bambini in dentizione totalmente decidua, a eccezione dei traumi craniofacciali e in caso di non coerenza tra l'età dentale ed età anagrafica.

Ottimizzazione dell'ortopantomografia

Nonostante la OPT sia stata ideata originariamente per la valutazione delle basi mascellari e dei denti, l'area rappresentata - e quindi esposta - eccede di gran lunga quella di interesse diagnostico. L'impiego di macchinari appositamente realizzati per pazienti pediatrici permette di ridurre l'esposizione del **30-40%** circa. Nell'ottica dell'ottimizzazione del dosaggio, l'operatore ha inoltre a disposizione un ampio intervallo di voltaggio tra cui poter scegliere. Come per tutte le radiografie extraorali, anche nella OPT si può ottenere una riduzione del dosaggio migliorando la sensibilità delle pellicole: quelle associate a schermi intensificatori alle terre rare sono in grado di diminuire la dose somministrata di **circa il 50%**. L'impiego della OPT digitale in alternativa a quella analogica permette infine di ridurre sia i dosaggi (**oltre il 50%**) sia i tempi di esposizione, evitando la ripetizione dell'esame in caso si renda necessaria un'ottimizzazione dell'immagine.¹⁰⁻¹³

Per quanto riguarda le protezioni, non è raccomandato l'utilizzo di una schermatura in piombo per proteggere la tiroide, poiché essa potrebbe interferire con il raggio primario, e determinare quale conseguenza un'immagine di qualità non ottimale. Permane pertanto il rischio aumentato di irraggiamento tiroideo ed è importante che la collimazione del fascio sia corretta.^{18,19}

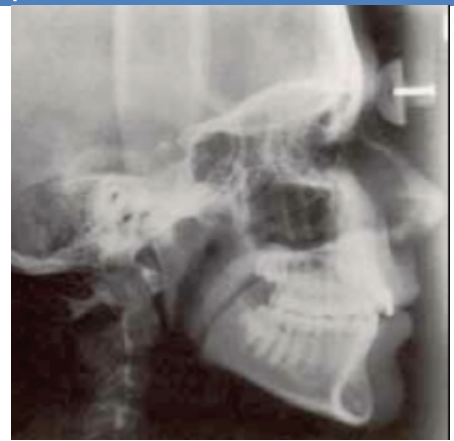
Teleradiografia del cranio

Teleradiografia del cranio in proiezione latero-laterale

La teleradiografia in proiezione latero-laterale (**tele LL**) (Figura 5) è una delle indagini fondamentali per lo studio del **cranio** e della **faccia**, soprattutto per l'uso che se ne fa in ortodonzia. Nella sua modalità con tecnica cefalometrica questo esame prevede l'appoggio del rilevatore su un lato del cranio all'altezza dell'orecchio e del tubo radiogeno a circa 1,5-2 metri di distanza. Per avere una proiezione standard adatta a uno studio cefalometrico è necessario che l'immagine:

- abbia un ingrandimento trascurabile o costante
- sia precisa nei tre assi dello spazio e ripetibile nel tempo; ciò è assicurato dalla solidarietà del cranio con l'apparecchio, che garantisce l'immobilizzazione e l'orientamento spaziale del cranio
- garantisca la visualizzazione di determinate strutture ossee e dei tessuti molli del viso; ciò è reso possibile da un'adeguata filtrazione del fascio di raggi in corrispondenza del versante anteriore del cranio, con l'impiego di radiazioni meno penetranti (raggi molli). L'esame permette di visualizzare i costituenti scheletrici del cranio, in particolare quelli della volta, della base (neurocranio) e della faccia (splancnocranio).^{16,17}

Figura 5. Teleradiografia del cranio in proiezione latero-laterale



Pertanto essa è ideale per la pianificazione di un trattamento ortodontico in quanto permette di:

- analizzare le relazioni reciproche delle più importanti unità funzionali della faccia
- fornire informazioni sulle proporzioni dentofacciali del paziente
- rilevare modificazioni degenerative
- evidenziare anomalie del rachide non ancora diagnosticate
- identificare alterazioni patologiche a carico del cranio, dei mascellari o della base cranica stessa non ancora diagnosticate
- riconoscere un pattern di crescita
- monitorare il trattamento e valutarne le tempistiche

- conoscere l'età scheletrica del paziente grazie alla valutazione della calcificazione delle vertebre cervicali (in ortodonzia questo metodo sostituisce le radiografie del polso, utilizzate in passato allo stesso scopo). Al momento la tele LL non sostituisce la radiografia del polso per il calcolo dell'età ossea per patologie endocrinologiche pediatriche ma si limita a fornire informazioni sull'età ossea – e in particolare sui rapporti tra età anagrafica e picco di crescita puberale – utili all'ortodontista.^{16,20}

Indicazioni

- La tele LL **è indicata** soprattutto in ortodonzia, sia per lo studio delle malocclusioni e delle proporzioni dentofacciali sia per la valutazione iniziale di un trattamento ortodontico che vada a modificare le posizioni relative delle ossa mascellari e degli elementi dentari, in particolare degli incisivi. Il limite di età per l'esecuzione della tele LL nelle malocclusioni è di 10 anni. Al di sotto di tale età la necessità di un trattamento ortodontico è meno probabile, a eccezione della terza classe scheletrica.²¹
- L'esame **non è indicato** quando si prevede un trattamento ortodontico che non modifichi le posizioni sagittali dei mascellari (per esempio, un'espansione rapida del palato).

Teleradiografia del cranio in proiezione postero-anteriore

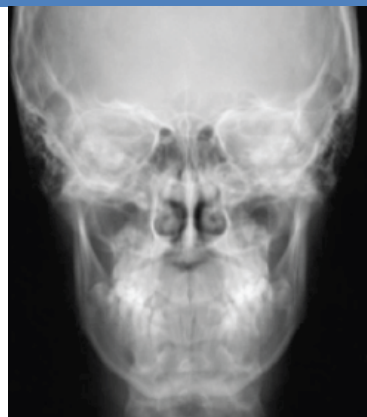
La teleradiografia postero-anteriore (**tele PA**) è meno utilizzata di quella latero-laterale e non è considerata un esame standard in ambito odontoiatrico. È effettuata con una certa frequenza nello studio ortodontico, soprattutto nei pazienti con asimmetria facciale.

La posizione del cranio deve essere con la faccia rivolta verso il rilevatore, fissata al cefalostato e orientata secondo il piano di Francoforte. Il film (o il sensore) è posizionato perpendicolarmente al piano mediale-mediano-sagittale.

La punta della piramide nasale deve essere a leggero contatto con il piano del rilevatore, mentre il rapporto interdentario deve essere di occlusione centrica.¹⁸ L'esame consente la visualizzazione frontale dei diversi costituenti scheletrici e la valutazione dei rapporti tridimensionali della base del cranio con le strutture maxillo-dentali.

Queste caratteristiche la rendono ideale per la valutazione dei rapporti cranio-maxillo-dentali sul piano trasverso e sul piano verticale e per l'obiettivazione dei rapporti delle strutture craniche a diversi livelli di profondità.²²

Figura 6. Teleradiografia del cranio in proiezione postero-anteriore



Ottimizzazione delle teleradiografie del cranio

- **Area e forma del raggio** ► Tradizionalmente la teleradiografia eseguita per scopi cefalometrici fornisce l'immagine di tutto il capo e di parte della colonna cervicale, nonostante l'area di interesse sia generalmente più limitata. Diversi autori auspicano l'impiego di un raggio con una collimazione triangolare, allo scopo di rimuovere parte del cranio e del collo dall'area esposta. Questa variante non è ancora disponibile nelle attrezzature in commercio. La raccomandazione è quella di limitare l'area del raggio senza rinunciare a immagini che forniscano tutte le risposte ai quesiti diagnostici.

- **Voltaggio** ► Come per l'ortopantomografia, è possibile modificare il voltaggio per controllare l'esposizione del paziente. Infine dovrebbero essere utilizzate attrezzature digitali e pellicole associate a schermi intensificatori alle terre rare, capaci di diminuire la dose al paziente di circa il **50%**.
- **Protezioni** ► Il collare tiroideo è necessario per la protezione del paziente sottoposto a teleradiografia in quanto le irradiazioni potrebbero colpire la tiroide. Come per l'OPT è importante che la collimazione del fascio sia corretta.^{18,19}

Tecniche tomografiche: TC e CBCT

Nell'ambito della diagnostica radiologica le immagini tomografiche forniscono informazioni quantitativamente e qualitativamente superiori a ogni altra tecnica radiologica, garantendo la visualizzazione ottimale di qualsiasi elemento, dalle strutture ossee e dentarie al legamento parodontale (anchilosi o riassorbimenti), comprese la giunzione smalto-cemento e la cavità pulpare con annessi canali radicolari. La ragione di tale superiorità risiede nella possibilità di analizzare le strutture esaminate sezionalmente, conferendo la tridimensionalità all'immagine e rendendo possibile l'eliminazione di artefatti ed errori (per esempio deformazioni proiettive e sovrapposizioni strutturali).^{17,23,24}

L'impiego di una TC implica tuttavia un rapporto costo/beneficio nettamente sfavorevole per la maggior parte dei quesiti diagnostici a causa dell'elevata irradiazione alla quale si sottopone il paziente (da **0,47** a **1,160 mSv** per una TC multistrato del massiccio-facciale).^{4,5} Esso risulta giustificato se è in grado di:

- minimizzare il rischio di danneggiare importanti strutture anatomiche
- cambiare l'approccio operatorio in modo significativo
- modificare il tipo di trattamento indicato^{16,26,27}

Le tecniche tomografiche a disposizione sono la tomografia multistrato TC delle arcate dentarie o del massiccio facciale o la **TC a fascio conico** meglio nota **come cone beam computed tomography (CBCT)**.^{7,28} In odontoiatria la TC delle arcate dentarie (rielaborata con programma Dentascan, a uso specifico odontoiatrico) viene spesso ancora richiesta anche se presenta dosi efficaci molto elevate. La CBCT è stata introdotta nel 2001 negli Stati Uniti ed è ormai disponibile anche in Italia per lo studio delle strutture odonto-maxillo-facciali in radiologia diagnostica. La **CBCT**, che consente di ottenere immagini di buona qualità con dosaggi al paziente inferiori a quelle somministrate abitualmente con le TC tradizionali grazie alla maggior capacità di risoluzione dei rivelatori utilizzati. La dose efficace varia da **0,013** a **0,082 mSv** per la CBCT a campo ridotto (small FOV). A parità di informazioni diagnostiche la CBCT ha pertanto un costo biologico in termini di quantità di radiazioni somministrate inferiore a una TC (circa il 40% in meno) (Tabella 2).⁹ Per questi motivi, in ambito odontoiatrico, la CBCT deve essere preferita alla TC.

Tabella 2. Vantaggi e limiti di CBCT rispetto a TC²⁹**Vantaggi**

- Risoluzione elevata a dosaggio inferiore
- Impostazione tridimensionale dei dati e capacità di generare immagini bidimensionali Dimensione isotropica del voxel (elemento di volume tridimensionale analogo al pixel bidimensionale)
- Minore formazione di artefatti causati da metallo
- Possibilità di rielaborare le immagini nella propria postazione in studio/clinica e di effettuare scansioni in posizione eretta o seduta
- Facile gestione, semplice accessibilità e ridotti costi
- Compatibilità con il sistema DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine)
- Utilizzo semplice del software per la visualizzazione e la rielaborazione delle immagini
- Minore richiesta di energia per l'esecuzione
- Possibilità di ridurre il campo di indagine alla sola area di interesse (small FOV)

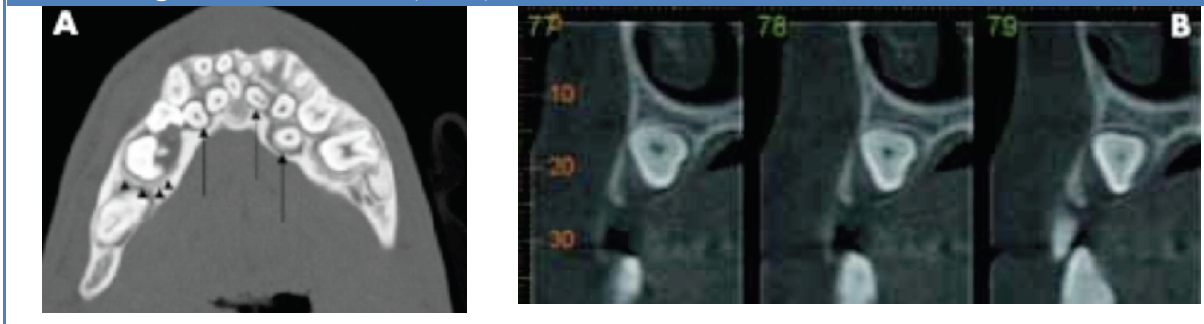
Limiti

- Campo di indagine e volume di scansione ridotti per le dimensioni limitate del detettore
- Scarse informazioni sui tessuti molli intracranici
- Aumento del rumore derivante dalle radiazioni diffuse e conseguente diminuzione dell'intervallo di contrasto³⁰
- Maggiore possibilità di artefatti da movimento e da troncamento (l'acquisizione delle immagini della sola zona di interesse non comprende l'intero cranio)
- Impossibilità di impiego per la stima delle unità di misura della densità elettronica (unità di Hounsfield, HU)

Indicazioni alle indagini tomografiche

Anomalie di eruzione dentaria, elementi inclusi o sovranumerari ► Gli esami tomografici sono indicati qualora gli elementi non siano localizzabili in modo sufficientemente preciso (per esempio, canini inclusi), nonostante l'utilizzo combinato di più radiografie bidimensionali (per esempio Rx occlusale associata a Rx endorale), in modo da indicare il trattamento più adatto (per esempio, l'estrusione ortodontica o l'estrazione chirurgica). Per quanto riguarda gli ottavi inferiori la TC è giustificata solo quando l'ortopantomografia è suggestiva di un contatto intimo fra le radici dell'elemento dentario e il canale alveolare.⁴ Le linee guida Europee del 2011 (SEDEXCT) affermano che per la localizzazione dei denti inclusi la CBCT deve essere preferita alla TC multistrato perché riduce la dose radiogena (Figura 7).^{26, 31-37}

Figura 7. A-Varie anomalie dentarie (TC); B-Elemento dentario in inclusione ossea e tragitto eruttivo alterato (CBCT)



Malformazioni craniofacciali ► La TC è indicata in caso di malformazioni craniofacciali eventualmente associate ad anomalie dentarie, qualora sia necessario un trattamento multidisciplinare chirurgico-ortodontico (Figura 8).²⁶

Figura 8. A-Picnodisostosi: anomalie dentali e scheletriche (TC); B-labiopalatoschisi (CBCT)



Analisi dell'articolazione temporomandibolare (ATM) ►

Indicata in particolare la TC multistrato o la CBCT della base cranica e del condilo mandibolare, per valutarne le dimensioni e la posizione in rapporto alla fossa glenoidea. Tutto ciò solo in caso si sospetti che la causa del disturbo sia connessa con alterazione delle strutture ossee (per esempio, fratture e tumori benigni o maligni), altrimenti è sicuramente preferibile eseguire una **risonanza magnetica (gold standard per l'analisi dell'ATM)** (Figura 9).³⁸⁻⁴²

Figura 9A. Articolazione temporo-mandibolare (TC)

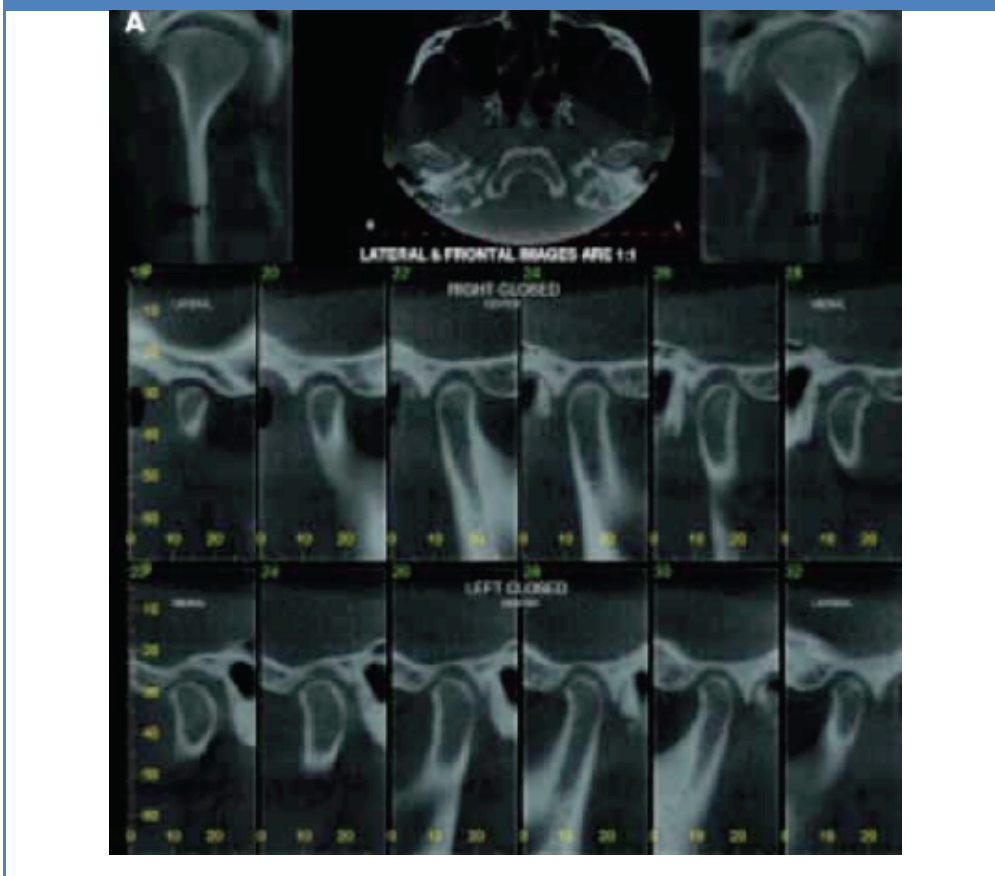
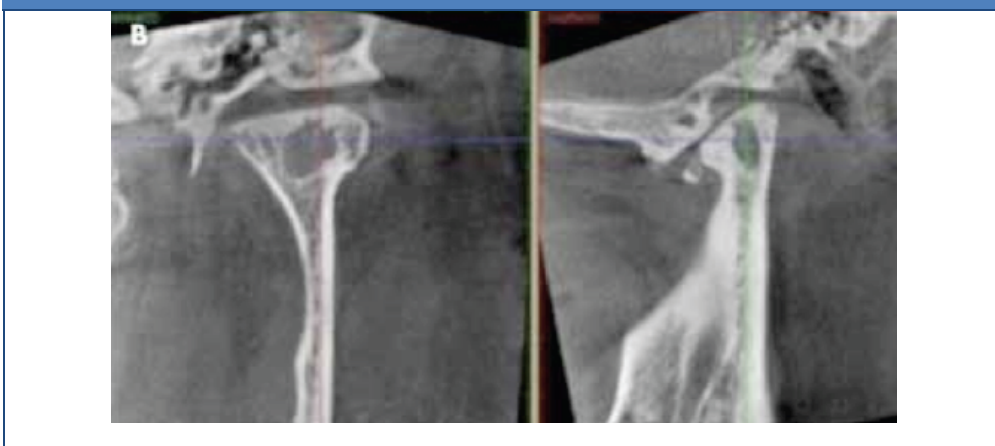


Figura 9B. Articolazione temporomandibolare in diverse proiezioni (BCT)



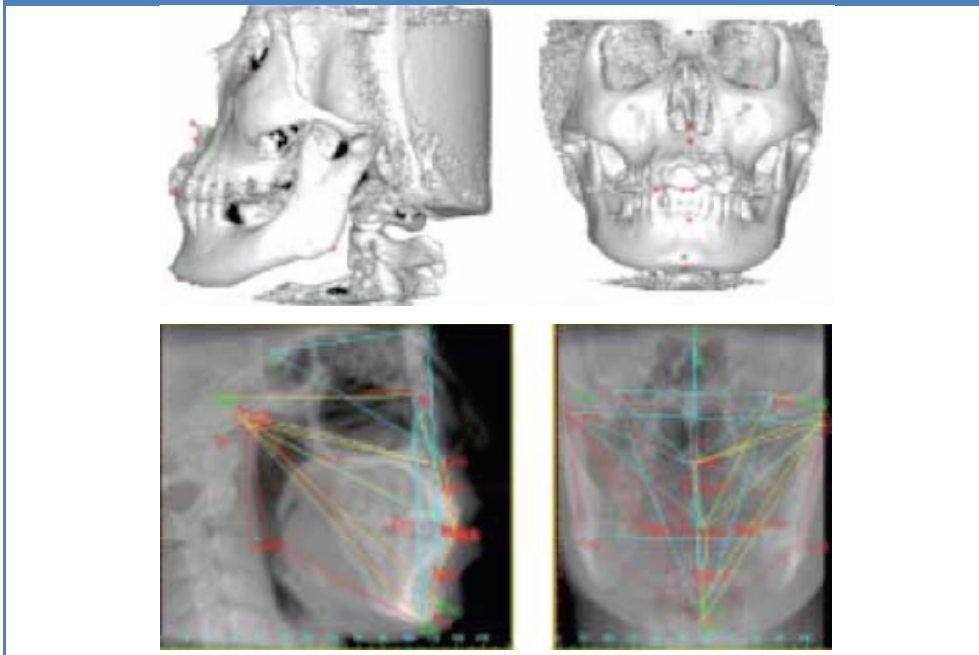
Pianificazione di un trattamento ortodontico ► Attualmente il ricorso a un esame tomografico (TC o CBCT) (Figura 10) in alternativa alla OPT e alla teleradiografia del cranio in proiezione latero-laterale - normalmente utilizzate a tale scopo - non è indicato. Può esserci una indicazione soltanto quando l'esecuzione dell'esame tomografico è già necessaria per almeno una delle situazioni cliniche sopracitate. In ogni caso la CBCT è da preferire alla TC multistrato, oltre che in virtù delle

considerazioni dosimetriche già esposte, anche per la possibilità di eseguire cefalometrie tridimensionali affidabili in termini di misurazione.^{5,43-46}

Inoltre l'utilizzo della CBCT in questi casi permette di non sottoporre il paziente ad altre radiografie, in particolare a teleradiografie e a eventuali OPT (nei casi in cui la decisione di eseguire una tomografia sia antecedente all'esecuzione di una OPT).^{19,47,48}

Posizionamento di miniviti (TADS)► Solo raramente la CBCT è indicata per valutare il posizionamento delle miniviti ortodontiche.²⁶

Figura 10. Tracciato cefalometrico 3D costruito su un'immagine CBCT



Ottimizzazione delle indagini tomografiche

- **Area da analizzare ►** Deve essere ridotta al minimo e limitata alla zona d'indagine, senza comprendere zone che non hanno alcuna utilità diagnostica
- **Numero di scansioni (ampiezza del voxel) ►** Le apparecchiature tomografiche sono in grado di fornire una qualità dell'immagine e un dettaglio superiori alle reali necessità diagnostiche. È corretto decidere di ridurre la qualità rispetto alle massime potenzialità dell'apparecchio tomografico qualora l'immagine abbia comunque una definizione sufficiente allo scopo diagnostico.
- **Dimensioni del *pitch* ►** Il *pitch* è una grandezza che deriva dal rapporto fra la velocità con cui si muove il lettino (*table speed*) e l'ampiezza del fascio di raggi. L'accelerazione del lettino senza adattamento dell'ampiezza del fascio determina un aumento del *pitch*. In linea generale riducendo il *pitch* a valori **< 1,0** aumenta la qualità dell'immagine, al prezzo di un aumento della dose di radiazioni. Valori compresi fra **1,0 e 2,0** comportano dosaggi inferiori, ma determinano maggiori artefatti e potrebbero essere meno dettagliati.
- **Corrente del tubo radiogeno ►** Indica il numero di fotoni generati dall'apparecchiatura e si misura in ampere (A). All'aumentare della corrente aumenta il dosaggio di radiazioni. Riducendo la corrente del tubo radiogeno del **50%** e mantenendo tutti gli altri elementi

identici la dose di radiazioni si riduce del **50%**. Questo parametro è in genere associato al ciclo di rotazione del detettore

- **Velocità del ciclo di rotazione del detettore (gantry rotation time)** ► Associata alla riduzione della corrente del tubo radiogeno, la diminuzione del ciclo di rotazione del detettore è il parametro più efficace per ottimizzare la radiazione a cui si sottopone il paziente. Il prezzo per tale ottimizzazione è la diminuzione della risoluzione spaziale.
- **Potenziale del tubo radiogeno (kV)** ► La relazione fra potenziale e dose è esponenziale, quindi più complessa da stabilire rispetto alla relazione lineare della corrente del tubo radiogeno o della velocità di rotazione. Semplificando, l'aumento dei Kv **da 120 a 140** può incrementare la dose di radiazioni di circa il **39%**.
- **Campo di analisi o field of view (FOV)** ► In particolare per la **CBCT** va selezionata la dimensione più piccola di tale parametro, che permetta di visualizzare l'area da indagare. Inoltre per alcuni apparecchi minore è il FOV maggiore è la risoluzione (dimensione minima del voxel).
- **Funzione smart beam (fascio intelligente)** ► È presente su alcune apparecchiature per le CBCT e regola automaticamente le impostazioni alle dimensioni del massiccio cranio-facciale del paziente. Tale impostazione può risultare molto utile per la riduzione della dose.⁴⁹

Bibliografia

1. Suleiman OH. Radiation doses in pediatric radiology influence of regulations and standards. *Pediatr Radiol* 2004; 34(3): 242-246
2. Slovis TL, Berdon WE. Panel Discussion. *Pediatric Radiol* 2002; 32: 242-244
3. Donnelly LF "Reducing radiation dose associated with pediatric CT by decreasing Unnecessary examinations. *American Journal of Roentgenology* 2005 Feb; 184(2): 655-657
4. Brenner DJ, Hall EJ. Computed Tomography-An increasing source of radiation exposure. *N Engl J Med* 2007; 357: 2277-2284
5. Helmrot E, Carlsson GA. Measurement of radiation dose in dental radiology. *Radiation Protection Dosimetry* 2005; 114(1-3): 168-171
6. Grunheid T et al. Dosimetry of a cone-beam computed tomography machine compared with a digital x-ray machine in orthodontic imaging. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2012; 141: 436-443
7. Garcia Silva MA, Ulrich Wolf et al Cone-beam computed tomography for routine orthodontic treatment planning: A radiation dose evaluation *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008; 133: 640.e1-640.e
8. Ludlow JB et al. Dosimetry of 3CBCT devices for oral and maxillofacial radiology: CBMercury, NewTom 3G and i-CAT Dentomaxillofac Radiol 2006; 35: 219-226
9. Ludlow JB, Ivanic M. Comparative dosimetry of dental CBCT devices and 64-slice CT for oral and maxillofacial radiology *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008;106:106-14]
10. Van Der Stelt PF. Filmless imaging: the uses of digital radiography in dental practice. *J Am Dent Assoc* 2005; 136: 1379-1387
11. Visser H, Rodig T et al. Dose reduction by direct-digital cephalometric radiography. *Angle Orthod* 2001;71:159-63]
12. Gijbels F, Sanderink G et al. Radiation doses of indirect and direct digital cephalometric radiography. *British Dental Journal* 2004;197:149-52]
13. Huda W. Assessment of the problem: pediatric doses in screen-film and digital radiography. *Pediatr Radiol* 2004; 34(3): 173-182

14. American Dental Association Council on Scientific Affairs. The use of dental radiographs: Update and recommendations. *J Am Dent Assoc* 2006; 137: 1304-1312
15. Looe HK et al. Exposure of children in intraoral dental radiology. *Radiation Protection Dosimetry* 2006; 121(4): 461-465
16. Isaacson KG et al. Orthodontic radiographs – Guidelines for the use of radiographs in clinical orthodontics. 3rd ed. London: British Orthodontic Society 2008
17. US department, FDA, ADA The selection of patients for dental radiographic examination
18. European Commission. European guidelines on radiation protection in dental radiology. Rp 136. Luxembourg 2004
19. The 2007 Recommendation of the International Commission on Radiological Protection – ICRP Publication 103
20. Patcas R, Luca Signorelli et al. Is the use of the cervical vertebrae maturation justified to determine skeletal age? A comparison of radiation dose of two strategies for skeletal age examination. *European Journal of Orthodontics* 2013; 35: 604-609
21. Picano E. Sustainability of medical imaging *BMJ* 2004; 328: 578-580
22. Gianni E. *La nuova ortognatodonzia*. Piccin, 1992
23. National Academy of Sciences. Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation: BEIR VII Phase 2, 2006
24. National Council on Radiation Protection and Measurements 2001 Evaluation of the Linear-nonthreshold dose-response model for ionizing radiation (NCRP, Bethesda) Report No.136
25. Brenner DJ. Estimating cancer risks from pediatric CT going from the qualitative to the quantitative. *Pediatr Radiol* 2002; 32: 228-231
26. SEDENTEXCT project Radiation protection: cone beam CT for dental and maxillofacial radiology Evidence based guidelines 2011
27. American Association of Orthodontists. Statement on the role of CBCT in orthodontics (26-IOH) *eBulletin*; May 7, 2010
28. Thorsten Grunheid, Jacquelyn R, Kolbeck Schieck et al. Dosimetry of a cone-beam computed tomography machine compared with a digital x-ray machine in orthodontic imaging. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2012; 141:436-443
29. De Vos W, Casselman J, Swennen GRJ. Cone-beam computerized tomography(CBCT) imaging of the oral and maxillofacial region : A systematic review of the literature. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2009; 38: 609-625
30. Schulze R, Heil U et al. Artefacts in CBCT: a review. *Dentomaxillofacial Radiology* 2011;40: 265-273
31. Bedoya MM, Park JH. A review of the diagnosis and management of impacted maxillary canines. *J Am Dent Assoc* 2009; 140: 1485-1493
32. Semelka RC et al. Imaging strategies to reduce the risk of radiation in CT studies including selective substitution with MRI. *J Magn Reson Imaging* 2007; 25: 900-909
33. Guerrero ME. The diagnostic efficacy of cone beam CT for impacted teeth and associated features: a systematic review *J Oral Rehabil* 2011; 38: 208-216
34. Haney E et al. Comparative analysis of traditional radiographs and cone-beam computed tomography volumetric images in the diagnosis and treatment planning of maxillary impacted canines. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010; 137: 590-597

35. Katheria BC et al. Effectiveness of impacted and supernumerary tooth diagnosis from traditional radiography versus cone beam computed tomography. *Pediatr Dent* 2010; 32: 304-309
36. Botticelli S et al. Two- versus three-dimensional imaging in subjects with unerupted maxillary canines. *Eur J Orthod* 2010 Dec 3. [Epub ahead of print].
37. Nakajima A et al. Two- and threedimensional orthodontic imaging using limited cone beam-computed tomography. *Angle Orthod* 2005; 75: 895-903
38. Tsilakis K, Syriopoulos K. Radiographic examination of the temporomandibular joint using cone beam computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol* 2004;33:196-201
39. Gori C et al. Dose evaluation and quality criteria in dental radiology. *Radiation Protection Dosimetry* 2000; 90(1-2): 225-227
40. Harrison JD, Streffer C. The ICRP protection quantities, equivalent and effective dose; their basis and application. *Radiation Protection Dosimetry* 2007; 127(1-4): 12-18
41. Mozzo P et al. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. *Eur Radiol* 1998; 8: 1558-15564
42. Palomo JM et al. Influence of CBCT exposure conditions on radiation dose. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008; 105: 773-782
43. Baumgaertel S et al. Reliability and accuracy of conebeam computed tomography dental measurements. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009; 136: 19-28
44. Korbmacher H et al. Value of two cone-beam computed tomography systems from an orthodontic point of view. *J Orofac Orthop* 2007; 68: 278-289
45. Kumar V et al. In vivo comparison of conventional and cone beam CT synthesized cephalograms. *Angle Orthod* 2008; 78(5): 873-879
46. Cattaneo PM et al. Comparison between conventional and cone-beam computed tomography-generated cephalograms. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008; 134: 789-802
47. Demetrios J, Halaonetis Cone-beam computed tomography is not the imaging technique of choice for comprehensive orthodontic assessment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2012;141(4): 403-411
48. Jung BA et al preoperative Diagnostic for Palatal Implants. Is CT or CBCT necessary? *Clin Implant Dent Relat Res* 2010; Feb 3
49. Loubele M et al. Comparison between effective radiation dose of CBCT and MSCT scanners for dentomaxillofacial applications. *Eur Radiol* 2009; 71: 461-468

X. Patologie odontoiatriche

Giacomo M Grasso, Laura Strohmenger, Giovanna D Garattini, Angelica Munari

Patologia cariosa

La patologia cariosa procede seguendo diversi stadi che vanno da quadri clinici reversibili a un danno sempre più grave (dall'ipersensibilità dentale alla pulpite), che può diventare irreversibile (necrosi pulpare). Essa include altri scenari quali la parodontite apicale e l'ascesso odontogeno alveolare.

L'esecuzione della RX periapicale avviene solo dopo un'attenta **anamnesi** della sintomatologia e un **esame obiettivo** condotto attraverso l'ausilio di diverse prove cliniche e test diagnostici (palpazione, percussione, valutazione della mobilità, test termici, sondaggio parodontale, eccetera). In base a necessità specifiche, oltre alla Rx periapicale possono essere eseguite ulteriori indagini strumentali quali Rx bitewing e ortopantomografia (OPT).

Radiografia periapicale

Ipersensibilità dentinale

Aumento della sensibilità dentinale in risposta a stimoli termici, chimici, tattili (spazzolamento) e osmotici, non direttamente proporzionale allo stimolo

RX periapicale ► Non indicata

Pulpite reversibile

Aumento della sensibilità dentinale; sensibilità di grado forte, provocata da stimoli di varia natura; dolore di tipo pungente e vivo

RX periapicale ► Indicata

- Valuta l'estensione della lesione cariosa
- Non presenti lesioni periapicali

Pulpite irreversibile

Dolore spontaneo acuto e violento, non localizzabile, che è esacerbato durante la notte a causa del clinostatismo e del conseguente aumento della pressione endocanalare

RX periapicale ► Indicata

- Valuta l'estensione della lesione cariosa e l'anatomia dei canali
- È necessaria per effettuare una terapia endodontica
- Non si evidenziano lesioni periapicali finché la pulpite non coinvolge tali tessuti

Necrosi pulpare

Necrosi di tipo colliquativo della polpa dentale, totale o parziale; generalmente l'elemento è asintomatico

RX periapicale ► Indicata

- Permette di valutare l'estensione della lesione cariosa e l'anatomia dei canali
- È necessaria per effettuare una terapia endodontica
- Se sono già coinvolti i tessuti periapicali si possono vedere segni radiotrasparenti periradicolari

Parodontite apicale acuta

Sensazione di “dente allungato”, con dolore localizzabile provocato dalla masticazione, di intensità acuta e grave

RX periapicale ► Indicata

- Valuta l'estensione della lesione cariosa e l'anatomia dei canali
- È necessaria per effettuare una terapia endodontica
- Si può evidenziare un lieve allargamento dello spazio del legamento parodontale

Ascesso alveolare acuto

Mobilità dell'elemento dentale con dolore acuto e pulsante localizzato; presenza di gonfiore e tumefazione dei tessuti molli circostanti

RX periapicale ► Non indicata

- In fase acuta la lesione non ha ancora originato lesioni radiotrasparenti periapicali

Ascesso ricorrente (riacutizzato o a fenice)

RX periapicale ► Indicata

- Evidenzia la presenza di lesioni periapicali (riacutizzazione di un'infezione cronica)

Parodontite apicale cronica (granuloma o cisti)

L'elemento dentale non è dolente o è scarsamente dolente; spesso il paziente riferisce dolore alla palpazione della zona coinvolta; la sede è localizzabile; possono essere presenti anche alterazioni a carico della mucosa

RX periapicale ► Indicata

Evidenzia la presenza di lesioni periapicali di natura granulomatosa o cistica (la diagnosi differenziale è solo istopatologica; mediante la RX si può porre solo diagnosi di dubbio)

- **Rx bitewing ►** Non indicata per valutare la parte apicale del dente in quanto non visualizza la porzione apicale della radice e i tessuti parodontali e ossei periapicali
- Valuta la parte coronale e cervicale del dente e permette una valutazione precoce delle carie interprossimali; rileva la presenza di carie secondarie.

Ortopantomografia (OPT)

- È utile in caso di lesioni cariose multiple ma soprattutto per un bilancio delle alterazioni presenti nella bocca del paziente
- Valuta intere lesioni cistiche o granulomatose di grossa estensione
- Valuta il coinvolgimento dei seni mascellari a partenza da un processo flogistico odontogeno

Bibliografia

- Mejäre IA et al. Diagnosis of the condition of the dental pulp: a systematic review *Int Endod J.* 2012; 45(7): 597-613

Patologia traumatica dentoalveolare

Per tutti gli scenari traumatici dentoalveolari occorre effettuare una corretta anamnesi al fine di raccogliere il maggior numero di informazioni riguardanti il tipo di trauma, la dinamica e il tempo trascorso dall'evento alla visita. È necessario anche un esame clinico accurato con palpazione dei tessuti traumatizzati, un controllo dell'eventuale mobilità dentale, con leggera percussione e test di vitalità (da ripetere periodicamente). L'esame radiografico, quando indicato, può essere prescritto senza limiti di età (anche a bambini di età inferiore ai 3 anni).

Traumi ai tessuti duri

- Fratture coronali semplici o non complicate, dove sono interessati solo lo smalto e/o la dentina)
- Fratture coronali o coronoradicolarie complicate o non complicate (rispettivamente con o senza esposizione della polpa)
- Fratture radicolari (coinvolgimento della radice: terzo apicale, terzo medio, terzo coronale)

Rx periapicale ► Indicata ► Per escludere dislocazione o frattura radicolare; per individuare le linee di frattura della radice può essere necessaria più di una proiezione

Rx tessuti molli ► Indicata in caso di dubbio ► Per la ricerca di frammenti dentari o di materiale estraneo

Rx occlusale ► Indicata in caso di frattura radicolare diagonale ► Evidenzia la frattura; impiegata comunemente in fratture del terzo apicale e medio

Infrazioni coronali dello smalto (frattura incompleta senza perdita di tessuto duro;

Rx periapicale ► Non indicata

Traumi ai tessuti di sostegno

- Concussione (commozione): trauma dell'apparato di sostegno del dente senza mobilità o spostamento del dente, ma con forte reazione alla percussione

Rx periapicale ► Non indicata

- Sublussazione (mobilità): trauma dell'apparato di sostegno del dente con mobilità anormale ma senza spostamento del dente

Rx periapicale ► Indicata ► Esclude concomitanti lesioni dell'osso alveolare e fratture del dente

- Lussazione intrusiva (centrale): il dente risale all'interno dell'alveolo fratturando i processi alveolari

Rx periapicale ► Indicata ► Evidenzia il dente nella sua posizione di intrusione; frequentemente lo spazio parodontale non si riconosce più, soprattutto nell'area apicale

- Lussazione estrusiva (periferica): fuoriuscita parziale di un elemento dal suo alveolo

Rx periapicale ► Indicata ► La dislocazione si presenta come un ampio spazio parodontale nell'area apicale

- Exarticolazione o avulsione completa (lussazione totale): l'elemento è estruso dall'alveolo naturale

Rx periapicale ► Indicata ► Utile per valutare eventuali fratture o frammentazioni dell'alveolo e per fare diagnosi differenziale di lussazione intrusiva completa

- Lussazioni laterali: allo spostamento verticale si abbina uno spostamento laterale

Rx in posizione eccentrica ► Indicata ► Evidenzia la dislocazione

Rx occlusale ► Indicata in caso di zona edentule ► Di solito la corona dentale è spostata in direzione palatina

Bibliografia

- Cohenca M et al. Clinical Indications for digital imaging in dentoalveolar trauma. Part I: traumatic injuries. *Dental Traumatol* 2007; 23:95-104
- Cohenca M et al. Clinical Indications for digital imaging in dentoalveolar trauma. Part 2: root resorption. *Dental Traumatol* 2007; 23:105-113
- Flores MT et al. Guidelines for the management of traumatic dental injuries. III. Primary teeth. *Dental Traumatol* 2007; 23: 196

Patologia traumatica dentofacciale

Con questo termine si intendono tutte le situazioni traumatiche che portano alla formazione di una soluzione di continuo all'interno dei tessuti duri dentali, alveolari e/o delle ossa del complesso massiccio-facciale. In caso di frattura delle strutture ossee è sempre necessario effettuare una **anamnesi** il più accurata possibile e un **esame obiettivo** sia esterno sia interno sia del cavo orale, compresi gli elementi dentari. I diversi approcci radiologici, quando indicati, possono essere prescritti senza limiti di età (anche ai bambini di età < 3 anni).

Diagnostica per immagini generale

- **OPT** ► Indicata ► Permette una prima visualizzazione panoramica
- **Rx periapicali** ► Indicate in caso di lesioni ai denti o all'osso alveolare ► Consentono di visualizzare fratture dentali e dell'osso alveolare
- **TC/CBCT** ► Indicata nei casi più complessi, quando le radiografie non mostrano in modo chiaro il grado di dislocamento, il tipo di frattura o il grado di comminuzione. La CBCT è da preferire alla TC se non è richiesto un'immagine dettagliata dei tessuti molli

Diagnostica per immagini specifica

Fratture della mandibola

La mandibola è la struttura ossea che si frattura più frequentemente, soprattutto il corpo mandibolare e i condili. Le fratture possono essere classificate in base ai punti di minore resistenza (per esempio la linea mediana, la regione paramediana, del canino e dei premolari, eccetera). In base al carico e/o alla forza delle masse muscolari esse si dividono in: favorevoli, se non si associano a dislocamento dei capi ossei; sfavorevoli se è presente dislocazione dei capi ossei

- **Proiezione di Towne inversa** ► Indicata per visualizzare fratture condilari
- **Proiezione postero-anteriore del cranio** ► Indicata per valutare le branche ascendenti
- **Proiezione laterale-obliqua** ► Indicata per valutare le lesioni del corpo e dell'angolo
- **Rx occlusale** ► Indicata nei traumi della sinfisi
- **Proiezione assiale del cranio** ► Indicata per valutare il corpo mandibolare e l'angolo condilare
- **RM-Ecografia-Artrografia** ► Indicate se la lesione colpisce l'articolazione ► Eseguire gli esami in successione in base alla sintomatologia

Fratture del mascellare superiore

Pilastrini di resistenza la cui funzione è di dissipare le forze verticali, che si sviluppano durante la masticazione; delimitano aree di debolezza vulnerabili a traumi che agiscono perpendicolarmente. Possono essere divise in 5 gruppi:

- a) frattura del processo alveolare
- b) frattura orizzontale del mascellare (Le Fort I)
- c) frattura piramidale (Le Fort II)
- d) disgiunzione cranio-facciale (Le Fort III)
- e) frattura blow-in dell'orbita

- **Proiezione di Waters o semiassiale del cranio** ► Indicata
- **Proiezione latero-laterale** ► Indicata ► Permette di seguire il decorso delle fratture
- **TC** ► Indicata ► Nei casi più complessi; quando esiste il sospetto di un coinvolgimento degli organi interni del massiccio facciale e in previsione di un intervento chirurgico

Fratture zigomatiche

Le rime di frattura compaiono nella maggior parte dei casi a livello delle suture

- **Proiezione di Waters** ► Indicata ► Permette di valutare la presenza di scalini che sono indice di frattura
- **Proiezione tangenziale** ► Indicata ► Permette di valutare fratture dell'arco zigomatico
- **Proiezione assiale o sub-mentovertice** ► Indicata ► Permette di valutare fratture dell'arco zigomatico
- **TC** ► Indicata ► In caso di fratture multiple con affossamento centrale

Bibliografia

- Schoen R, Fakler O, Metzger MC, Weyer N, Scmelzeisen R. Preliminary functional results of endoscope-assisted transoral treatment of displaced bilateral condylar mandible fractures. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2008; 37: 111-116
- SEDENTEXT project Radiation protection: cone beam CT for dental and maxillofacial radiology Evidence based guidelines 2001
- Shintaku WH, Venturin JS, Azevedo B, Noujeim M. Applications of cone-beam computed tomography in fractures of the maxillofacial complex. *Dent Traumatol* 2009; 25: 358-366
- Shultz RC. Facial injuries from automobile accidents: a study of 400 consecutive cases. *Plast Reconstr Surg* 1987; 40: 415
- Simoncelli C et al. Fratture dello scheletro facciale: risultati di uno studio retrospettivo di 1712 casi. *Ann Med Perugia* 1989; 80: 3-11
- Sirin Y, Guven K, Horasan S, Sencan S. Diagnostic accuracy of cone beam computed tomography and conventional multislice spiral tomography in sheep mandibular condyle fractures. *Dentomaxillofac Radiol*. 2010; 39: 336-342

Patologia parodontale

La **gengivite**, che coinvolge la gengiva propriamente detta ma senza determinare la migrazione dell'epitelio giunzionale e l'alterazione dell'osso alveolare, è comune alla maggior parte dei bambini e dei ragazzi (70% circa) ed è essenzialmente un problema di igiene orale. La forma più severa, che interessa i tessuti profondi, la **parodontite prepuberale e giovanile**, riguarda invece una piccola, ma non irrilevante quota di bambini, ragazzi e adolescenti (1% circa) ed è altamente specialistica.

La diagnosi di patologia parodontale non può prescindere da una buona diagnosi clinica e sondaggio parodontale, correlati da un'attenta anamnesi patologica e farmacologica. Il quadro radiografico definisce l'estensione e l'importanza delle lesioni ossee, la presenza e il tipo di difetti ossei periradicolari e la loro evoluzione. La radiologia è scarsamente dirimente sulla condizione dei parametri semeiotici fondamentali quali la posizione e la condizione dei tessuti marginali, oltre a presentare dei limiti intrinseci per qualsiasi proiezione.

Indicazioni al percorso radiodiagnostico

Gengiviti acute/subacute/croniche aspecifiche

Quadro clinico caratterizzato da colorito gengivale rossastro/rosso blastro. Gonfiore sia in direzione coronale sia in direzione buccale/linguale; formazione di una pseudotasca. L'edema che rigonfia i tessuti marginali e papillari porta a perdita della morfologia a lama di coltello. Si evidenzia sanguinamento al sondaggio.

- **Radiografia (RX) endorale** ► Non indicata ► Poco sensibile e poco specifica

Aumento del volume gengivale (iperplasia gengivale/fibromatosi giovanile)

Gli aumenti di volume gengivale possono essere sia di origine familiare-ereditaria sia di natura iatrogena (legata all'assunzione di farmaci quali per esempio antiepilettici e anticonvulsivanti) o idiopatica. Le alterazioni sono localizzate in maniera simmetrica su 2 quadranti o coinvolgono in toto tutti e 4 i quadranti. La mucosa gengivale ha un aspetto bulboso e una consistenza dura e una superficie che si presenta liscia o ricca di piccole proiezioni papillari. La flogosi è minima o assente. Il deposito di placca è considerato un fattore irritativo cronico che aggrava l'iperplasia. Negli stadi iniziali si osserva una tumefazione delle papille interdentali.

- **Ortopantomografia (OPT) e/o Rx endorale** ► Non indicate ► La diagnosi si basa sull'esame obiettivo e un'accurata anamnesi farmacologica, le indagini strumentali mancano di specificità e sensibilità

Parodontite prepuberale, parodontite giovanile

Si registra migrazione apicale dell'epitelio giunzionale e si riscontra una sofferenza (a volte di grado elevato) del tessuto osseo alveolare. Si distinguono due varietà: parodontite prepuberale e giovanile. Si distinguono in entrambe una forma localizzata e una generalizzata, con gradi di severità diversa.

- **Rx periapicale** ► Indicata a livello delle zone dove l'esame consenta di ottenere nuove informazioni utili alla diagnosi e/o formulazione del piano di trattamento ► Effettuata con la tecnica dei raggi paralleli, meglio con tecnica digitale (migliore affidabilità diagnostica grazie all'ingrandimento in fase di post processing). È fondamentale una corretta esposizione e una precisa incidenza proiettiva
- **OPT** ► Esame radiografico generico, non specifico per la patologia ► Non consente una valutazione precisa del parodonto profondo (dettaglio non elevato), ma permette un primo approccio globale alla problematica, per riconoscere eventuali residui radicolari o lesioni ossee sottostanti

- **Status radiografico** ► Diagnosi parodontale specifica. Rappresenta il gold standard attuale ► Costituito da 21 radiogrammi, permette un'analisi molto dettagliata, soprattutto nei casi generalizzati e in quelli localizzati gravi
- **Cone beam computed tomography (CBCT)** ► Non indicata di routine nella valutazione tridimensionale dello status parodontale ► Misurazione dettagliata dei difetti parodontali in tutte le sue dimensioni nello spazio anche delle superfici linguali/buccali, (non valutabili con la radiologia 2D). La CBCT può essere indicata solo nei casi di difetti parodontali complessi (difetti infraossei e lesioni delle forcazioni) per i quali il trattamento previsto è quello chirurgico. In questi casi, è indicata una CBCT small fov, ad alta risoluzione, solo dell'area di interesse.

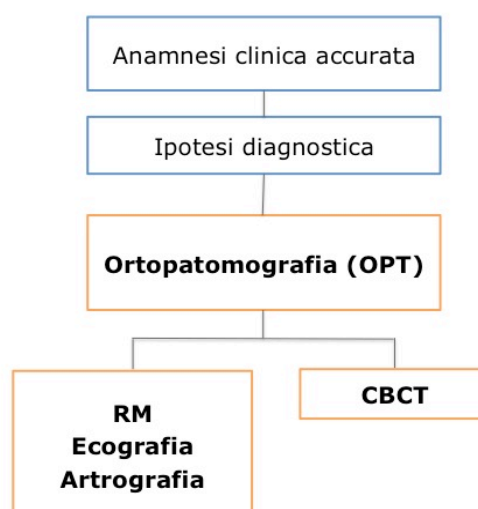
Bibliografia

- Lindhe J et al. Clinical Periodontology and Implant Dentistry (IV Edition) Edi-Erme Ed. 2008; 50-54: 59-62
- Mohan R et al. Three-dimensional imaging in periodontal diagnosis - Utilization of cone beam computed tomography *Journal of Indian Society of Periodontology* 2011; 15: 11-17
- Nessi R, Viganò L. Radiologia odontostomatologica (per odontoiatri, medici e studenti).. Piccin Ed 2004; Cap. 16: 185-190
- SEDENTEXCT project Radiation protection: cone beam CT for dental and maxillofacial radiology. Evidence based guidelines 2001

Articolazione temporomandibolare

Imaging diagnostico

- **Ortopantomografia (OPT)** ► Permette di escludere agevolmente la presenza di lesioni osseodentali associate o scatenanti un quadro clinico che potrebbe simulare una disfunzione temporomandibolare. Consente di riconoscere la presenza di patologie di grado moderato o severo che determinano alterazioni strutturali dei condili. Nonostante i suoi limiti di sensibilità, l'esame rimane un passaggio obbligato per completare la diagnosi preliminare e approfondire la ricerca nella direzione di patologie dei tessuti molli o duri.



Patologie dei tessuti molli e del disco articolare

- **RM** ► Indicata in caso di dislocazione e lussazione mandibolare, alterazioni meniscali e neoplasie
 - Permette di ottenere l'immagine diretta del menisco senza utilizzare un mezzo di contrasto
 - Evidenzia tutte le posizioni meniscali scorrette
- **Ecografia** ► Indicata in caso di stati flogistici, artrite e neoplasie
 - Esame non invasivo
 - Permette un'ottima visualizzazione dei tessuti molli superficiali (movimenti articolari in modo dinamico e in tempo reale)
 - Ha una scarsa precisione nel riconoscere lesioni del menisco
 - Permette il riconoscimento di raccolte liquide per versamenti sinoviali
 - È un esame di difficile esecuzione in caso di dislocazioni meniscali, deformità e movimenti a scatto
 - Necessita di un operatore esperto per la complessità di esecuzione
- **Artrografia** ► Indicata in caso di perforazione e dislocazione meniscale
 - Esame radiografico invasivo

- Prevede l'iniezione di un mezzo di contrasto e l'esecuzione di radiogrammi in tempi a breve distanza: in condizioni normali il riempimento delle cavità articolari avviene singolarmente in tempi diversi, in caso di perforazione avviene simultaneamente
- È un esame di difficile esecuzione e doloroso

Patologie dei tessuti duri

In accordo con la versione corrente dei Research Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorder (RDC/TMD) l'imaging dell'ATM non è richiesto per la diagnosi di patologie temporomandibolari

- **CBCT** ► Indicata per le patologie dell'ATM a carico dei tessuti duri, solo se c'è evidenza che avrà un impatto sulla decisione di trattamento
 - Risolve tutti i problemi di sovrapposizione tra condilo e glenoide
 - Permette la visualizzazione dettagliata di tutte le strutture ossee e di parte di quelle molli mediante la scelta di opportune finestre TC
 - Consente lo studio delle camere articolari con iniezione di mezzo di contrasto e il riconoscimento anche delle più piccole alterazioni ossee (artrite)
 - È da preferire alla TC tradizionale per la riduzione delle dosi radiogene

Bibliografia

- Okeson J. Il trattamento delle disfunzioni dell'occlusione e dei disordini temporomandibolari. Edizioni Martina 2006
- Dawson P. Occlusione funzionale: dall'ATM al progetto del sorriso. Edizioni Elsevier 2009
- Honda K et al. Single air contrast arthrography for temporomandibular joint disorder using limited cone beam computed tomography for dental use. Dentomaxillofac Radiol 2004; 33: 271-273
- Honey OB et al. Accuracy of cone-beam computed tomography imaging of the temporomandibular joint: comparisons with panoramic radiology and linear tomography. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2007; 132: 429-438
- Petersson A. What you can and cannot see in TMJ imaging - an overview related to the RDC/TMD diagnostic system. J Oral Rehabil. 2010; 37: 771-778
- SEDENTEXCT project Radiation protection: cone beam CT for dental and maxillofacial radiology Evidence based guidelines 2001

Malocclusione

Definizione e classificazione

Malocclusioni dentarie

- Malocclusione di I classe relazione dei molari normale (cuspid mesiovestibolare del I molare superiore occlude nel solco vestibolare del I molare inferiore), ma linee di occlusione scorrette per malposizione dentaria, rotazione od altre cause
- Malocclusione di II classe: molare inferiore posizionato distalmente rispetto al molare superiore, linee di occlusione non specificate
- Malocclusione di III classe: molare inferiore posizionato mesialmente al molare superiore, linee di occlusione non specificate
- Deep-bite dentale
- Open-bite dentale

Malocclusioni scheletriche

- Malocclusione di I classe
- Malocclusione di II classe: eccesso di crescita sagittale +/- verticale del mascellare; deficit di sviluppo della mandibola; combinate
- Malocclusione di III classe, dovute a deficit anteroposteriore e verticale della maxilla; a ipersviluppo mandibolare; ad entrambi i fattori
- Deep-bite scheletrico
- Open-bite scheletrico

Asimmetrie dentarie-scheletriche

Patologie malformative craniofacciali

Anomalie di numero e posizione ed eruzione

- Denti sovranumerari: denti in più rispetto alla formula dentale normale e con forma e dimensioni diversi dalla norma
- Denti supplementari: denti in più rispetto alla formula dentale normale ma con forma e dimensioni normali
- Inclusioni dentarie: denti inclusi nelle ossa mascellari
- Ectopie dentarie: elemento dentario erotto in una sede vicino a quella abituale
- Eterotopie dentarie: elemento dentario erotto in una sede lontano da quella abituale
- Anchilosi dentaria: fusione tra il cemento radicolare del dente e l'osso alveolare con mancanza del legamento parodontale

Indicazioni al percorso radiodiagnostico

Gli scenari

Nella maggior parte dei casi le malocclusioni e le alterazioni dentofacciali non sono causate da particolari processi patologici, ma sono il risultato di una interazione complessa tra molteplici fattori che influenzano la crescita e lo sviluppo.

L'OPT non è mai indicata:

- nei bambini con soli denti decidui
- in caso di permuta non ancora iniziata e coerenza tra età dentale e anagrafica
- in assenza di traumi.

Scenario 1. Bambino in dentatura decidua, con permuta dentale non ancora iniziata, età dentale coerente con età scheletrica, assenza di traumi dentoscheletrici

OPT ► Non indicata. Attendere l'inizio della permuta, età dentale 6 anni, per l'esecuzione della prima OPT
• Tele LL, Tele PA e TC/CBCT ► Non indicate

Scenario 2. Bambino in dentatura mista con ridotto diametro trasverso del palato

Il trattamento ortopedico-ortodontico andrà a modificare principalmente solo le dimensioni del mascellare sul piano trasverso .

• OPT ► Indicata
 - Permette di valutare, oltre ai denti e alla loro posizione, l'età dentale, la sequenza di eruzione, la simmetria mandibolare
• Tele LL, Tele PA e TC/CBCT ► Non indicate

Scenario 3. Bambino con malocclusioni dentoscheletriche che necessitano di modificazioni sagittali

Trattamento ortodontico che preveda modificazioni delle posizioni e delle inclinazioni relative delle ossa mascellari e degli elementi dentari, sul piano sagittale (per esempio, bambino con malocclusione di II classe scheletrica vicino al picco prepuberale)

In questo gruppo è compresa la maggior parte dei trattamenti ortodontici effettuati.

Le linee guida per l'esecuzione di radiografie in ortodonzia forniscono un algoritmo particolarmente utile per l'individuazione di quei casi in cui è indicata la richiesta di una teleradiografia latero-laterale (tele LL) sui quali eseguire un'analisi cefalometrica (soggetti con età compresa fra 10 e 18 anni) **(Figura 1)**. Il limite di età di 10 anni è quello definito dalle linee guida; al di sotto di tale età è improbabile la necessità di un trattamento ortodontico, a eccezione della terza classe scheletrica.

• OPT ► Indicata
 - Permette di valutare, oltre ai denti, l'età dentale, la sequenza di eruzione, la simmetria mandibolare
• Tele LL ► Indicata
 - Consente di eseguire un tracciato cefalometrico con lo scopo di analizzare le relazioni reciproche delle unità funzionali della faccia, le proporzioni dentofacciali, il pattern di crescita.
 - Con una serie di esami condotti a distanza di tempo, consente di monitorare il trattamento e di valutarne le tempistiche
• Tele PA e TC/CBCT ► Non indicate

Scenario 4. Bambino con asimmetrie facciali di origine scheletrica

Trattamento ortodontico che preveda correzione di asimmetrie o modificazioni sul piano frontale. La diagnosi radiologica e il trattamento possono essere intrapresi: in età neonatale in caso di quadro sindromico; nella fascia di età prossima al picco di crescita puberale nelle forme non sindromiche.

• OPT ► Indicata
• Tele LL ► Indicata
• Tele PA ► Indicata
 - Consente di valutare i rapporti cranio-maxillo-dentali sul piano trasverso e su quello frontale

- **TC/CBCT ► indicate solo se si sospetta rimodellamenti ossei condilari**
- **Scintigrafia dell'ATM ► Indicata per valutare se si sospetta iperattività di crescita condilare**
- Permette di valutare un condilo iperattivo

Scenario 5. Bambino con inclusioni dentarie, anomalie di eruzione dentaria, traslocazioni, denti sovranumerari o ectopie gravi, patologia malformativa cranio-facciale

Talvolta anche utilizzando insieme più tipi di radiografie bidimensionali (come una radiografia occlusale associata a una endorale) non è possibile localizzare l'elemento dentale da analizzare in modo sufficientemente preciso da determinarne un trattamento piuttosto che un altro (per esempio, un'estrusione ortodontica od un'estrazione chirurgica); risulta quindi necessario ricorrere ad un esame tridimensionale, quale TC o CBCT. A oggi, per la localizzazione di un dente impattato (e l'eventuale riassorbimento dei denti limitrofi) la CBCT deve essere preferita alla TC per la riduzione della dose radiogena.

Per quanto riguarda gli ottavi inferiori, una TC è giustificata solo quando l'OPT è suggestiva di un contatto intimo fra le radici dell'elemento dentario ed il canale alveolare.

Valgono le stesse indicazioni per le patologie malformative cranio-facciali (più o meno associate ad anomalie dentarie) qualora esse necessitino di un trattamento multidisciplinare chirurgico-ortodontico.

- **OPT ► Indicata.** Si può ricavare dalla CBCT
- **Tele LL ► Indicata.** Si può ricavare dalla CBCT
- **Tele PA ► Generalmente non indicata;** si può ricavare da CBCT
- **TC-CBCT ► Indicate**

Abbreviazioni

- **OPT** = ortopantomografia
- **TC/CBCT** = tomografia computerizzata/cone beam computed tomography
- **Tele LL** = teleradiografia latero-laterale
- **Tele PA** = teleradiografia postero-anteriore

Bibliografia

- Bedoya MM, Park JH. A review of the diagnosis and management of impacted maxillary canines. J Am Dent Assoc 2009; 140:1485-1493
- European Academy of Dental and Maxillofacial Surgery. Basic principles for use of dental cone beam CT. 2009
- Isaacson KG et al. Orthodontic radiographs - Guidelines for the use of radiographs in clinical orthodontics. 3rd ed. London: British Orthodontic Society; 2008
- Picano E. Sustainability of medical imaging. BMJ 2004; 328:578-580.
- Proffit W.J. Ortodonzia Moderna seconda edizione, Elsevier-Masson, 2001
- SEDENTEXCT project Radiation protection: cone beam CT for dental and maxillofacial radiology Evidence based guidelines 2001

Scialolitiassi

La scialolitiassi è la formazione spontanea di concrezioni calcaree nei dotti delle ghiandole salivari maggiori e minori (Tabella 1).

Tabella 1. Ghiandole salivari e incidenza della scialolitiassi

Ghiandole salivari maggiori	
Sottomandibolare	75%
Parotide	20%
Sottolinguale	5%
Ghiandole salivari minori	
Labbra	35%
Mucosa vestibolare	37%
Altre	28%

Il deposito di sali avviene su di un piccolo nucleo formato da muco ispessito e cellule duttali. La progressiva deposizione di sali, a strati concentrici, determina un aumento di volume del calcolo fino all'occlusione del dotto. Fattori predisponenti sono le flogosi croniche, la malformazione dell'albero duttale o una diatesi individuale.

Clinicamente il sintomo principale è dato dalle coliche salivari, come conseguenza della ritenzione salivare indotta dal calcolo che ostruisce il dotto. Il paziente avverte dolore in particolare in concomitanza della masticazione per stimolazione del flusso salivare. Il dolore si può irradiare a lingua e padiglione auricolare. La varietà di segni e sintomi dipende dalla posizione del calcolo e dal grado di occlusione del dotto escretore.

La diagnosi strumentale delle concrezioni calcolotiche salivari può essere sia radiologica sia ecografica.

In caso di sospetta scialolitiassi è importante stabilire con esattezza la posizione e la dimensione della concrezione calcarea. Si rende quindi necessaria un'indagine strumentale a supporto dell'esame clinico. L'esecuzione di radiogrammi a vuoto sono d'aiuto nella maggior parte dei casi per stabilire con facilità e velocità la posizione del calcolo. In casi complessi in cui le formazioni calcaree siano posizionate in profondità nel parenchima della ghiandola o siano di dimensioni ridotte e numerose è utile l'iniezione di un mezzo di contrasto.

L'ecografia permette una buona visualizzazione del parenchima ghiandolare e di quelle strutture non visibili radiograficamente. Non è utilizzato come esame di prima scelta poiché non permette una precisa localizzazione rispetto alle strutture circostanti.

Indicazioni al percorso radiodiagnostico

Ecografia ► Indicata

- Rappresenta l'esame di prima scelta perché facilmente effettuabile. Inoltre non è invasiva, non espone a raggi X ed è a basso costo
- Evidenzia anche calcoli di colesterolo non apprezzabili radiograficamente
- Evidenzia correttamente la struttura ghiandolare e eventuali concrezioni litiasiche site all'interno dei dotti o del parenchima

Radiografia RX ►

- Nonostante non sia l'esame di prima scelta perché comporta un'esposizione a radiazioni ionizzanti viene spesso impiegata perché facilmente accessibile nella comune pratica chirurgica-odontoiatrica

- Permette una buona visualizzazione della posizione del dotto rispetto alle strutture radiopache circostanti.
- Spesso sufficienti radiogrammi occlusali inferiori (ortocclusale e disocclusale laterale)
- Calcolo sottomandibolare ► Risulta particolarmente valida la proiezione laterale
- Calcolo nella parotide ► Risulta particolarmente valida la proiezione laterale obliqua e l'incidenza tangenziale anteroposteriore a raggi molli e guancia ipertesa
- Per coinvolgimenti del dotto di stenone è utile l'utilizzo di radiografie periapicali

Scialografia ► In caso di inclusioni profonde nel dotto o di sospetta di policalcolosi

- Avviene per iniezione di materiale radiopaco all'interno del dotto escretore
- Permette di approfondire l'esame radiografico iniziale evidenziando con precisione la presenza e la pozione del calcolo
- Ha un potenziale terapeutico per la possibilità di rimozione simultanea del calcolo

CBCT ► Indicata

- Qualora l'ecografia e la scialografia non riescano ad essere chiarificative in un paziente con chiari segni clinici di scialolitiasi
- Indicata soprattutto in caso di scialoliti alla periferia del dotto

RM ► Indicata

- Permette di effettuare una diagnosi accurata. Non invasiva ma difficilmente accessibile

Bibliografia

- Marchal F, Dulguerov P. Sialolithiasis mnagement. The state of the art. Arch Otolaryngol Head Surg 2003; 129 (9): 951-956
- Andreatta M et al. Current Opinion in sialolithiasis diagnosis and treatmentActa Otorhinolaryngol Ital 2005; 25(3): 145-149
- Nahlieli O et al. Pediatric sialolithiasis. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and endodontology 2000; 90(6): 709-712
- Schwarz et al. Comparative analysis of sialendoscopy, sonography, and CBCT in the detection of sialolithiasis. 2014 The American Laryngological, Rhinological and Otological Society, Inc.
- Szalma J et al. Diagnostic value of radiographic and ultrasonic examinations in patients with sialadenitis and sialolithiasis *Fogorv Sz* 2007 Apr;100(2):53-58
- Terraz S et al. How reliable is sonography in the assessment of sialolithiasis? *AJR Am J Roentgenol* 2013 Jul;201(1):W104-9. doi: 10.2214/AJR.12.9383
- Zhu MW et al. Diagnostic value of magnetic resonance sialography for submandibular sialolithiasis *Shanghai Kou Qiang Yi Xue* 2009 Feb;18(1):20-23

XI. Percorsi di appropriatezza radiodiagnostica in clinica pediatrica

Daniela Corbella

Criteri di appropriatezza ACR e livelli di radiazione relativi

In questo capitolo si prendono in esame i percorsi di appropriatezza radiodiagnostica per la risoluzione del quesito diagnostico in alcune patologie pediatriche caratterizzate da un'alta prevalenza nella fascia di età 0-18 anni. L'attenzione si è focalizzata su quattro ambiti specifici:

- neurologia (crisi epilettiche e cefalea)
- infettivologia (febbre senza causa apparente o di origine sconosciuta e rinosinusite batterica)
- ortopedia (zoppia, displasia evolutiva dell'ance e maltrattamento fisico)
- nefrourologia (infezioni febbrili delle vie urinarie ed ematuria).

Ciascuna delle patologie è stata analizzata dal punto di vista radiodiagnostico secondo un approccio standard:

- un breve inquadramento clinico mirato a definire la patologia e la sua classificazione e indirizzato alla definizione degli scenari e alla descrizione delle procedure radiodiagnostiche indicate
- la definizione di singoli scenari e dei percorsi radiodiagnostici con le relative procedure, basata sulle indicazioni delle linee guida nazionali e internazionali.

In particolare si è fatto riferimento agli ACR Appropriateness Criteria® elaborati dall'American College of Radiology (ACR), che definiscono per ogni singolo scenario sia l'appropriatezza degli esami radiodiagnostici, sia il rischio correlato all'esposizione a radiazioni ionizzanti. Basandosi sull'analisi dei dati più recenti, i criteri ACR attribuiscono a ciascuna procedura un **codice di appropriatezza** e il corrispondente **livello di radiazione relativo (RRL)**. Il primo parametro è un indice numerico che va da 1 a 9 in ordine crescente di appropriatezza (Tabella 1). Il secondo è visualizzato mediante un numero di icone direttamente proporzionale all'intervallo di dose efficace (la quantità di dose di radiazione che stima il rischio associato alla procedura radiodiagnostica) (Tabella 2).

I valori assegnati agli RRL si basano sulle revisioni della

Tabella 1. Criteri di appropriatezza dell'American College of Radiology

9	
8	► Appropriato
7	
6	
5	► Potrebbe essere appropriato
4	
3	
2	► Non appropriato
1	

Fonte: American College of Radiology. ACR Appropriateness Criteria®

letteratura scientifica e sono periodicamente aggiornati sulla base dell'evoluzione tecnologica.

Come si può osservare, nella popolazione pediatrica l'intervallo di dose efficace è tre volte inferiore rispetto all'adulto. In questa fascia d'età, infatti, il rischio è maggiore per l'elevata sensibilità d'organo e per la lunga aspettativa di vita.

Entrambi gli indici sono uno strumento di riferimento utile all'atto della prescrizione, poiché permettono di valutare l'appropriatezza di una procedura senza perdere di vista il potenziale rischio associato al suo impiego non giustificato.

Tabella 2. Livelli di radiazione relativi agli intervalli di dose efficace stimata

RRL	Popolazione adulta	Popolazione pediatrica	Esempi di procedure
0	0 mSv	0 mSv	Ultrasuoni, RM
☹	< 0,1 mSv	< 0,03 mSv	Radiografia del torace
☹☹	0,1-1 mSv	0,03-0,3 mSv	Radiografia del bacino
☹☹☹	1-10 mSv	0,3-3 mSv	TC dell'addome, scintigrafia ossea
☹☹☹☹	10-30 mSv	3-10 mSv	TC dell'addome senza e con mdc; PET whole body
☹☹☹☹☹	30-100 mSv	10-30 mSv	AngioTC dell'addome e del bacino con mdc

Fonte: ACR Appropriateness Criteria®. Abbreviazioni: mdc = mezzo di contrasto; RM = risonanza magnetica; RRL = livello relativo di radiazione; mSv = millisievert; TC = tomografia computerizzata; PET = tomografia a emissione di positroni

Definizione degli scenari

Per ciascuna patologia la definizione degli scenari si è basata sulle caratteristiche del paziente e su parametri specifici.

- **Neurologia**

Per quanto riguarda le **crisi epilettiche** e la **cefalea**, la scelta delle procedure si basa su fattori quali l'età, la storia clinica, la presenza di indicatori di rischio all'anamnesi, il rilievo di segni o di sintomi neurologici all'esame obiettivo e la tipologia di presentazione clinica.

- **Infettivologia**

Per la **febbre senza causa apparente (FWS)** o di **origine sconosciuta (FUO)** e la **rinosinusite batterica** - due entità cliniche che hanno la potenzialità di evolvere in quadri gravi - fattori quali l'età, la presenza di segni e sintomi respiratori, la conta dei globuli bianchi e la persistenza dello stato febbrile, la presentazione clinica o la necessità di eseguire un intervento chirurgico orientano nel definire l'algoritmo di approfondimento mediante immagine.

- **Ortopedia**

La **zoppia** è l'espressione clinica di numerose patologie ad ampia variabilità eziologica, la cui diagnosi si basa principalmente sulla localizzazione del dolore, sulla presenza o assenza di trauma e sul sospetto di infezione mentre per la **displasia evolutiva dell'anca (DEA)**, è sempre più urgente una revisione dell'approccio diagnostico per immagine che attualmente mostra comportamenti non univoci, con protocolli di indagine tuttora applicati con criteri e

metodi variabili a seconda dei contesti locali. Un'entità clinica caratterizzata da un quadro clinico grave e da una tendenza alla sottodiagnosi è il **maltrattamento fisico**, che richiede un'articolata valutazione multidisciplinare, indispensabile per la diagnosi differenziale delle lesioni traumatiche.

- **Nefrourologia**

Le **infezioni febbrili delle vie urinarie (IVU)** e l'**ematuria** sono due entità cliniche molto frequenti in età pediatrica e caratterizzate da un algoritmo radiodiagnostico complesso. Per quanto riguarda le IVU febbrili le evidenze recenti hanno notevolmente ridimensionato il ruolo delle indagini strumentali mediante immagine, riservando ai casi selezionati l'impiego di esami che espongono il bambino a un'elevata irradiazione, quali la cistouretrografia minzionale, tuttora prescritta in maniera spesso ingiustificata. L'ematuria, le cui origine può essere traumatica o correlata a patologie nefrologiche, vascolari o urologiche, pone al pediatra dubbi e quesiti diagnostici e necessita di un'anamnesi meticolosa, di un esame obiettivo accurato e di test ematochimici e urinari specifici che indirizzino l'approfondimento radiodiagnostico.

Bibliografia

American College of Radiology (ACR) Appropriateness Criteria®

<http://www.acr.org/quality-safety/appropriateness-criteria>

XII. Neurologia pediatrica - Cefalea

Definizione e classificazione

Nel bambino la cefalea è un sintomo molto frequente, spesso legato a una storia familiare di emicrania e in alcuni casi scatenato da fattori quali luce solare o fluorescente, malattie intercorrenti, reazioni allergiche e stress. Il dolore è in genere localizzato nella regione frontale o in quella occipitale; può essere accompagnato da nausea e vomito e/o preceduto da sintomi di disfunzione neurologica focale transitoria (sintomi visivi, sensitivi, motori e disfasici).

In età pediatrica le cefalee possono essere:

- **primarie** ► si tratta di episodi intermittenti, variamente disabilitanti, non dovuti ad altre alterazioni del sistema nervoso centrale (SNC)
- **secondarie** ► molto rare in età pediatrica, sono causate da traumi, da infezioni acute o da malattie sistemiche oppure sono sintomatiche di un aumento della pressione endocranica per un processo intracranico e progressivo (cefalee pericolose).

Le cefalee primarie o secondarie possono essere ulteriormente distinte in: **acute**, **croniche ricorrenti** e **croniche progressive** (Tabella 1).

Cefalee acute¹

Hanno un'insorgenza improvvisa, a rapida evoluzione peggiorativa, e sono particolarmente severe; sono incluse in questa tipologia le cefalee descritte come "fulminee" (*thunderclap*). Potrebbero essere causate da:

- **emorragie endocraniche** conseguenti ad aneurisma, a malformazione arterovenosa o - raramente - a ipertensione
- **irritazione non emorragica** delle meningi quale infiammazione indotta da meningite batterica o virale
- possono causare confusione e letargia e sono spesso associate a febbre.

Appartiene alla categoria delle cefalee acute la **cefalea idiopatica** variante emicranica (*thunderclap migraine*).

Cefalee croniche ricorrenti¹

Sono le più comuni e comprendono cefalee primarie e secondarie. Cefalee primarie:

- **emicrania** ► con e senza aura, caratterizzata da episodi parossistici separati da periodi liberi
- **cefalea tensiva** ► caratterizzata da una sensazione di tensione, con insorgenza nella seconda

Tabella 1. Classificazione delle cefalee in età pediatrica

Cefalee acute

- Cefalea di origine emorragica endocranica
- Cefalea da irritazione non emorragica
- Cefalea idiopatica variante emicranica (*thunderclap migraine*)

Cefalee croniche ricorrenti

- Emicrania con e senza aura
- Cefalea tensiva
- Cefalea quotidiana cronica
- Cefalea a grappolo
- Sinusite
- Cefalea post-traumatica

Cefalee croniche progressive

- Cefalea da masse occupanti spazio
- Cefalea secondaria ad aumento della pressione liquorale

Fonte: Berkowitz C. Berkowitz'S Pediatrics: A primay care approach. American Academy of Pediatrics 3rd Edition 2008¹

parte della giornata e associata a stress, ansia o depressione

- **cefalea quotidiana cronica** ► si ripete con una frequenza superiore a 15 episodi mensili
- **cefalea a grappolo** ► estremamente rara nei bambini.

Cefalee secondarie:

- **sinusite** ► il dolore riferito è prevalentemente facciale e con sintomi cronici di congestione nasale
- **cefalea post-traumatica** ► si manifesta con una severità decrescente, anche mesi dopo il trauma

Cefalee croniche progressive¹

Presentano una storia “in crescendo” di severità o frequenza, spesso legata alla presenza di tumori o di ascessi cerebrali (masse occupanti spazio) o al blocco del fluido cerebrospinale (idrocefalo) con conseguente aumento della pressione liquorale. Possono essere localizzate o insorgere durante il sonno provocando il risveglio.

Indicazioni al percorso radiodiagnostico

Nel bambino con cefalea l'**anamnesi accurata** - che permette di ricavare informazioni sul tipo di cefalea oltre che di identificare condizioni morbose concomitanti ed eventuale familiarità³ - e l'**esame obiettivo** - in particolare quello neurologico - sono decisivi per la diagnosi.¹⁻³

Sono considerati fattori di rischio per **cefalee secondarie**:³

- l'anamnesi familiare positiva per aneurismi del circolo cerebrale e/o malformazioni arterovenose, per ictus o attacco ischemico transitorio (TIA) a insorgenza in età evolutiva o giovane adulta e per malattie ematologiche (per esempio, difetti della coagulazione)³
- l'anamnesi personale positiva per disturbi otorinolaringoiatrici (sinusopatie, adenoidopatie, eccetera) e per disturbi odontoiatrici (malocclusione, alterazione dell'articolazione temporomandibolare, eccetera)³

Sono considerati fattori di rischio (red flags) per **cefalee pericolose**:³

- l'insorgenza recente, improvvisa e violenta
- un peggioramento in breve tempo
- un cambiamento del normale pattern cefalalgico
- risvegli notturni causati dalla cefalea
- una cefalea con vomito a getto, nausea e vomito mattutini
- malessere generale, febbre e calo ponderale
- l'insorgenza dopo o durante uno sforzo fisico
- l'età ≤ 3 anni
- una cefalea intensa, prolungata e debilitante senza storia familiare di emicrania.⁴

L'esperienza clinica dimostra che le indagini strumentali di neuroimmagine **hanno un ruolo limitato** nei bambini che soffrono di cefalea idiopatica. **Non vi sono evidenze** che suggeriscano l'impiego di routine di tali indagini:

- nei bambini con cefalee ricorrenti e con esame neurologico normale¹⁻⁵
- in caso di emicrania con o senza aura, in assenza di segni neurologici.¹⁻⁵

Un approfondimento con **risonanza magnetica (RM) encefalica** o con **tomografia computerizzata (TC)**, in casi selezionati o quando la RM non è disponibile o è controindicata, è invece indicato:

- nei bambini con esame neurologico anormale¹⁻⁵

in presenza di rilievi clinici che suggeriscano un coinvolgimento del SNC:¹⁻⁵ segni o sintomi di un aumento della pressione endocranica⁴, vomito persistente, riduzione dell'attenzione, storia "in crescendo", cambiamento del pattern o insorgenza recente di episodi severi; cefalea persistente senza storia familiare di emicrania.¹⁻⁵

In **rari casi** può essere necessario, in seguito al riscontro di alterazioni suggestive all'indagine radiodiagnostica tradizionale, eseguire una **angiografia cerebrale con RM (angioRM)** (se si sospetta una patologia vascolare) o con TC (**angioTC**) (per localizzare una fonte focale di emorragia subaracnoidea).⁴

Di seguito sono descritti alcuni scenari frequenti nella pratica clinica quotidiana, ognuno caratterizzato da un percorso radiodiagnostico specifico sulla base delle indicazioni dell'American College of Radiology (ACR)⁴(Tabella 2).

Tabella 2. Scenari per la valutazione radiodiagnostica del bambino con cefalea

Scenario 1

Cefalea primaria (cronica progressiva o ricorrente, emicrania inclusa, senza segni neurologici o suggestivi di aumento della pressione endocranica)

Scenario 2

Cefalea secondaria (con segni neurologici o sintomi suggestivi di un aumento della pressione endocranica)

Scenario 3

Cefalea acuta severa (*thunderclap*)

Fonte: American College of Radiology. ACR Appropriateness Criteria®. Headache-Child (date of origin 1999 – last review 2012)⁴

Scenario 1. Cefalea primaria (cronica progressiva o ricorrente, emicrania inclusa, senza segni neurologici o suggestivi di aumento della pressione endocranica)

Non vi sono evidenze che giustifichino il ricorso a indagini strumentali di neuroimmagine in un bambino con cefalea isolata (primaria) non accompagnata da segni neurologici, da crisi epilettiche o da storia clinica suggestiva di cefalea sintomatica (Tabella 3).¹⁻⁶

Dal 3 al 10% dei bambini e degli adolescenti (fino all'età di 15 anni) soffre di emicrania, con una predominanza femminile.⁴

Non è raccomandata alcuna indagine radiodiagnostica:

- nel bambino con emicrania senza aura (comune),
- in pazienti con emicrania con aura (classica) della durata superiore a 6 mesi con storia familiare di emicrania
- in bambini con attacchi non progressivi di emicrania con aura.

La **RM encefalica** è indicata per escludere una patologia cerebrovascolare nei casi di emicrania con aura quando si verificano:

- attacchi caratterizzati da atipicità della sintomatologia (durata dell'aura inferiore a 5 minuti o superiore a 60 minuti)
- recente incremento della frequenza degli attacchi
- attacchi costanti con aura unilaterale
- dolore controlaterale senza alternanza di lato e quindi suggestivo di disfunzione cerebrale focale

Scenario 1

TABELLA 3

Scenario 2. Cefalea secondaria (con segni neurologici oppure sintomi suggestivi di un aumento della pressione endocranica)

La presenza di segni neurologici o di sintomi suggestivi di un aumento della pressione endocranica aumenta la probabilità di patologie intracraniche significative (tumori cerebrali, malformazioni arterovenose, idrocefalo, eccetera), che richiedono indagini strumentali di approfondimento mediante **RM, TC encefaliche** e - in casi selezionati - con **angiografia con RM (angioRM) o con TC (angioTC)** (Tabella 4).^{3,5}

L'approfondimento con neuroimmagine è indicato in tutti i bambini con cefalea che presentino fattori di rischio aggiuntivo per cefalea secondaria o pericolosa (red flags) e in tutti i casi in cui si sospetti un coinvolgimento del SNC:¹⁻³

- storia familiare o clinica di disturbi che possono indurre il sospetto di lesioni del SNC ed esami ematochimici indicativi
- cefalea persistente di recente insorgenza (< 1 mese)
- presenza di crisi convulsive
- cefalea con nuova insorgenza di episodi severi o cambiamenti del pattern di presentazione clinica
- cefalea persistente senza storia familiare di emicrania
- papilledema.

La scelta tra **RM** e **TC** è indirizzata dal tipo di sospetto clinico, dall'età e dalla disponibilità della strumentazione oltre che dalla necessità di limitare quanto più possibile l'esposizione del bambino a radiazioni ionizzanti.³ La **RM encefalica, con o senza mezzo di contrasto**, rappresenta l'esame di scelta in tutti i casi in cui si sospetti la presenza di un tumore cerebrale. Oltre a non comportare l'impiego di radiazioni, la **RM** è più sensibile della **TC** nei confronti di alterazioni della sostanza bianca, di malformazioni arterovenose, di lesioni della fossa cranica posteriore e di quelle sellari.

Se la **RM** non fosse disponibile e/o sussistessero difficoltà nella sua esecuzione a causa della necessità di sedazione (età < 6 anni), la **TC**, inizialmente senza mezzo di contrasto, rappresenta un'alternativa alla RM.

Nei casi dubbi per cefalea sintomatica, l'esame del fundus oculi può evidenziare un quadro di papilledema come segno indiretto di ipertensione endocranica. In caso di papilledema è sempre necessario eseguire una **RM encefalica** per escludere qualsiasi causa di aumento della pressione endocranica, in particolare lesioni del parenchima cerebrale, idrocefalo, anomalie dei seni venosi e interessamento meningeo. Escluse queste condizioni è possibile ipotizzare un quadro di pseudotumor cerebri o di ipertensione endocranica idiopatica, che si conferma grazie al riscontro di un aumento della pressione liquorale alla rachicentesi eseguita in decubito laterale. Oltre alla cefalea (che in genere si accentua con lo sforzo) l'aumento della pressione endocranica può causare sintomi quali dolore al collo, paralisi del VI nervo cranico, nausea e/o vomito mattutini.

Scenario 2



TABELLA 4

Scenario 3. Cefalea acuta severa (*thunderclap*)

Le cefalee acute severe tipo *thunderclap* - in particolare quando è assente una storia familiare di emicrania - sono associate a emorragia subaracnoidea o endocranica, che potrebbe essere causata da aneurismi o da malformazioni arterovenose. Questo tipo di cefalee è raro nei bambini e necessita di un'indagine strumentale mediante **TC encefalica** senza mezzo di contrasto, seguita da **angioTC** in caso di riscontro positivo di emorragia subaracnoidea o parenchimale (Tabella 5). La **RM encefalica** non è indicata quale esame di prima linea perché è meno sensibile della TC nell'identificare gli eventi emorragici. Qualora entrambe le tecniche - **TC e angioTC** - non identificassero alcuna lesione, può essere presa in considerazione l'esecuzione di una **arteriografia cerebrale**.

Nella popolazione pediatrica le cefalee unilaterali acute correlano con la dissecazione carotidea o vertebrale, specialmente quando sono associate a segni o sintomi neurologici (per esempio, sindrome di Horner). Se sussiste un forte sospetto di dissecazione arteriosa la diagnosi viene posta generalmente mediante **RM o angioRM del collo**. In caso di esame radiodiagnostico negativo deve essere considerata l'ipotesi di *thunderclap migraine*, una forma idiopatica variante emicranica.

Scenario 3



TABELLA 5

Punti chiave

- Sebbene le cefalee siano molto comuni nell'infanzia (riguardano fino al 90% dei bambini in età scolare), l'incidenza di tumori cerebrali o di disturbi intracranici severi associati a cefalea è estremamente bassa in età pediatrica
- La ragione principale per eseguire un approfondimento radiodiagnostico mediante neuroimmagine in un bambino con cefalea è l'identificazione di lesioni significative e trattabili che potrebbero mettere a rischio la vita o avere un impatto sulla qualità della vita
- Un'attenta storia clinica e un esame neurologico esaustivo sono in grado di identificare la maggior parte dei pazienti affetti da anomalie cerebrali severe (cefalee secondarie o pericolose)
- Le procedure radiodiagnostiche mediante neuroimmagine **non sono raccomandate di routine** nei bambini con emicrania (senza aura o con aura tipica) senza segni neurologici o con cefalee che non sono associate a un esame neurologico patologico
- L'esame neurologico patologico è il più forte fattore predittivo di lesioni intracraniche e richiede un approfondimento mediante neuroimmagine (**RM encefalica o TC se la RM non è disponibile**)
- La **TC encefalica senza mdc** è raccomandata in caso di cefalea acuta severa (*thunderclap*)
- L'approfondimento radiodiagnostico è talvolta eseguito con una frequenza superiore alle reali necessità nei bambini e negli adolescenti affetti da cefalea ricorrente (raramente associata a patologie intracraniche severe)
- I rischi potenziali delle procedure radiodiagnostiche comprendono: reazioni allergiche al mezzo di contrasto, eccessiva sedazione nei bambini più piccoli, esposizione a radiazioni ionizzanti, risultati falsi positivi di natura artefattuale
- È necessario limitare l'uso ingiustificato delle indagini di neuroimmagine fornendo ai genitori informazioni corrette sul ruolo di tali procedure e sul rischio correlato, mitigando le false credenze sulla cefalea e promuovendo un maggior impiego delle linee guida di pratica clinica

Bibliografia

1. Berkowitz C. Berkowitz'S Pediatrics: A primay care approach. American Academy of Pediatrics 3rd Edition 2008
2. Medina LS e Blackmore CC. Adults and children with headache: evidence based role of neuroimaging. Evidence based imaging: optimizing imaging in patient care. Springer Verlag Ed 2006, Chapter 9
3. Società Italiana di Neuropsichiatria dell'Infanzia e dell'Adolescenza (SINPIA); Società Italiana per lo Studio delle Cefalee (SISC); Società Italiana dei Clinici del Dolore (SICD). Ad Hoc Committee Linee guida per la diagnosi e la terapia della cefalea giovanile. Giornale SISC Anno V Suppl 1. 2003
4. American College of Radiology. ACR Appropriateness Criteria. Headache in child (Date of

- origin: 1999; last review 2008). (<http://guidelines.gov/content.aspx?id=13676>)
5. Lewis DW et al. Practice parameter: Evaluation of children and adolescents with recurrent headaches: Report of the Quality Standards Subcommittee of the American Academy of Neurology and the Practice Committee of the Child Neurology Society. *Neurology* 2002; 59: 490-498 (<http://www.neurology.org/cgi/content/full/59/4/490>)
 6. Lanzi G e gruppo collaborativo ad hoc SISC: Linee guida e raccomandazioni per il trattamento dell'emicrania in età evolutiva. *Confinia Cephalgica* 1996; V: 17-24
 7. Maytal J et al. The value of brain imaging in children with headaches. *Pediatrics* 1995; 96 (3 Pt1): 413-416
 8. Medina LS et al. Children with headache: clinical predictors of the surgical space-occupying lesions and the role of neuroimaging. *Radiology* 1997; 202: 819-824
 9. Headache Classification Subcommittee of the International Headache Society. The International Classification of Headache Disorders: 2nd edition. *Cephalgia*. 2004; 24 Suppl 1: 9-160
 10. Practice parameter: the utility of neuroimaging in the evaluation of headache in patients with normal neurologic examinations (summary statement). Report of the Quality Standards Subcommittee of the American Academy of Neurology 1994; 44: 1353-1354
 11. Silberstein SD. Practice parameter: evidence based guidelines for migraine headache (an evidence based review): report of the Quality Standards Subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology* 2000; 55: 754-762
 12. Medina LS et al. Children with headache suspected of having a brain tumor: a cost-effectiveness analysis of diagnostic strategies. *Pediatrics* 2001; 108(2): 255-263
 13. Rho Y et al. The role of neuroimaging in children and adolescents with recurrent headaches. *Headache* 2011; 51(3): 403-408

Tabella 3. Bambino con cefalea primaria

Procedura diagnostica	ACR*	Indicazioni	Osservazioni	RRL
RM encefalica (senza mdc; senza e con mdc**)	3	Indicata solo in casi specifici di emicrania con aura	Utile per escludere una patologia cerebrovascolare in caso di: <ul style="list-style-type: none"> • attacchi con sintomatologia atipica • recente incremento della frequenza degli attacchi • attacchi costanti con aura unilaterale • cefalea controlaterale senza alternanza di lato Necessita di tempi lunghi e richiede la sedazione nei bambini di età < 6 anni	0 (0 mSv)
TC encefalica senza mdc	2	Non indicata		☼☼☼ (0,3-3 mSv)
TC encefalica con mdc	1	Non indicata		☼☼☼ (0,3-3 mSv)
TC encefalica senza e con mdc**	1	Non indicata		☼☼☼☼ (3-10 mSv)
AngioTC encefalica	1	Non indicata		☼☼☼☼ (3-10 mSv)
AngioRM encefalica	1	Non indicata		0 (0 mSv)
Arteriografia cerebrale	1	Non indicata		☼☼☼☼ (3-10 mSv)

Modificata con il permesso dell'American College of Radiology (ACR). ACR Appropriateness Criteria®. Headache-Child (date of origin 1999 - last review 2012).⁴ *Grado di appropriatezza secondo l'ACR = 1,2,3: generalmente non appropriato; 4,5,6: potrebbe essere appropriato; 7,8,9: generalmente appropriato; ** la procedura completa consiste in un primo esame senza mdc seguito da un secondo esame con mdc. Abbreviazioni: angioRM = angiografia con risonanza magnetica; angioTC = angiografia con tomografia computerizzata; mdc = mezzo di contrasto; RM = risonanza magnetica; RRL = livello relativo di radiazione identificato (il numero di asterischi è proporzionale all'intervallo di dose efficace in età pediatrica espresso tra parentesi); TC = tomografia computerizzata

Tabella 3



SCENARIO 1

Tabella 4. Bambino con cefalea secondaria

Procedura diagnostica	ACR*	Indicazioni	Osservazioni	RRL
RM encefalica senza mdc	8	Indicata	Rispetto alla TC permette una migliore visualizzazione della fossa cranica posteriore, della sostanza bianca e delle lesioni sellari È superiore alla TC in termini di costo/efficacia nei bambini ad alto rischio di patologie severe (esame neurologico patologico e presenza di red flags) In caso di papilledema permette di identificare lesioni del parenchima cerebrale, idrocefalo, anomalie dei seni venosi e interessamento meningeo Necessita di tempi lunghi e richiede la sedazione nei bambini di età < 6 anni	0 (0 mSv)
RM encefalica senza e con mdc**	8	Indicata	In caso di lesione identificata con RM senza mdc	0 (0 mSv)
TC encefalica senza mdc	7	Indicata	In alternativa alla RM quando questa non è disponibile o è controindicata	☼☼☼ (0,3-3 mSv)
TC encefalica con mdc	5	Esame di approfondimento	In alternativa alla RM quando questa non è disponibile o è controindicata Se la TC senza mdc risulta positiva e in presenza di febbre	☼☼☼ (0,3-3 mSv)
AngioRM encefalica senza mdc	5	Esame di approfondimento	Se si sospetta una patologia vascolare in base ai rilievi con RM o TC	0 (0 mSv)
AngioRM encefalica senza e con mdc**	5	Esame di approfondimento	Se si sospetta una patologia vascolare in base ai rilievi con RM o TC	0 (0 mSv)
TC encefalica senza e con mdc**	4	Esame di approfondimento	Se la RM non è disponibile e si osservano anomalie alla TC senza mdc	☼☼☼☼ (3-10 mSv)
AngioTC con mdc	3	Esame di approfondimento	Se si sospetta una emorragia subaracnoidea	☼☼☼☼ (3-10 mSv)
Arteriografia cerebrale	2	Non indicata		☼☼☼☼☼ (3-10 mSv)

Modificata con il permesso dell'American College of Radiology (ACR). ACR Appropriateness Criteria®. Headache-Child (date of origin 1999 - last review 2012).⁴ *Grado di appropriatezza secondo l'ACR = 1,2,3: generalmente non appropriato; 4,5,6: potrebbe essere appropriato; 7,8,9: generalmente appropriato; ** la procedura completa consiste in un primo esame senza mdc seguito da un secondo esame con mdc. Abbreviazioni: angioRM = angiografia con risonanza magnetica; angioTC = angiografia con tomografia computerizzata; mdc = mezzo di contrasto; RM = risonanza magnetica; RRL = livello relativo di radiazione identificato (il numero di asterischi è proporzionale all'intervallo di dose efficace in età pediatrica espresso tra parentesi); TC = tomografia computerizzata

Tabella 4



SCENARIO 2

Tabella 5. Bambino con cefalea acuta severa

Procedura diagnostica	ACR*	Indicazioni	Osservazioni	RRL
TC encefalica senza mdc	9	Indicata	Identifica l'emorragia subaracnoidea o parenchimale	☼☼☼ (0,3-3 mSv)
AngioTC encefalica con mdc	7	Esame di approfondimento	Se la TC senza mdc evidenzia un'emorragia subaracnoidea o parenchimale Utile per identificare eventuali malformazioni vascolari o aneurismi	☼☼☼☼ (3-10 mSv)
Arteriografia cerebrale	7	Esame di approfondimento	In caso di elevato sospetto clinico o in presenza di rilievi alle indagini di neuroimmagine Fornisce informazioni dettagliate sulla lesione vascolare ma richiede un'esperienza elevata dell'operatore	☼☼☼☼ (3-10 mSv)
AngioRM encefalica/del collo (senza mdc; senza e con mdc**)	6	Esame di approfondimento	Utile in caso di forte sospetto di dissecazione carotidea o vertebrale (angioRM del collo) La sensibilità dell'esame rispetto all'angioTC non è ancora ben definita	0 (0 mSv)
RM encefalica/del collo (senza mdc; senza e con mdc**)	5	Esame di approfondimento	Utile in caso di forte sospetto di dissecazione carotidea o vertebrale (RM del collo) Meno sensibile della TC per l'identificazione dell'emorragia sub aracnoidea (RM encefalica) Necessita di tempi lunghi e richiede la sedazione nei bambini di età < 6 anni	0 (0 mSv)
TC encefalica con mdc	3	Non indicata		☼☼☼ (0,3-3 mSv)
TC encefalica senza e con mdc**	3	Non indicata		☼☼☼☼ (3-10 mSv)

Modificata con il permesso dell'American College of Radiology (ACR). ACR Appropriateness Criteria®. Headache-Child (date of origin 1999 - last review 2012).⁴ *Grado di appropriatezza secondo l'ACR = 1,2,3: generalmente non appropriato; 4,5,6: potrebbe essere appropriato; 7,8,9: generalmente appropriato; ** la procedura completa consiste in un primo esame senza mdc seguito da un secondo esame con mdc. Abbreviazioni: angioRM = angiografia con risonanza magnetica; angioTC = angiografia con tomografia computerizzata; mdc = mezzo di contrasto; RM = risonanza magnetica; RRL = livello di radiazione relativo identificato (il numero di asterischi è proporzionale all'intervallo di dose efficace in età pediatrica espresso tra parentesi); TC = tomografia computerizzata

Tabella 5



SCENARIO 3

XII. Neurologia pediatrica - Crisi epilettiche

Definizione e classificazione¹⁻³

Le **crisi epilettiche** sono una manifestazione clinica parossistica e transitoria di segni e/o sintomi dovuti a un'attività neuronale eccessiva e sincrona, che ha origine nella corteccia cerebrale. L'**epilessia** è una condizione caratterizzata dalla presenza di crisi epilettiche che tendono a ricorrere spontaneamente. La **sindrome epilettica** è definita come un complesso di segni e sintomi che caratterizzano una particolare condizione epilettica.⁴

La classificazione delle crisi e delle epilessie si basa sulle caratteristiche semeiologiche dell'evento ictale o sulla sua eziologia¹ (Tabella 1).

Classificazione semeiologica

In base alle caratteristiche semeiologiche le crisi epilettiche si distinguono in:

- **focali (parziali secondo la vecchia terminologia)** ► hanno origine in un'area focale del cervello e successivamente possono diffondere all'intero encefalo, dando luogo a manifestazioni cliniche generalizzate, in genere di tipo convulsivo (crisi focali secondariamente generalizzate).

Le crisi focali sono associate a manifestazioni cliniche specifiche (soggettive od oggettive: motorie, sensitive, vegetative, eccetera) in relazione alla sede di origine della scarica epilettica. Secondo la terminologia convenzionale si distinguono in:

- **semplici** ► se non comportano perdita di contatto (comprendono manifestazioni motorie, sensoriali, del sistema nervoso autonomo e psichiche)
- **complesse** ► se implicano una perdita di contatto. In base alle recenti indicazioni dell'International League Against Epilepsy (ILAE) quest'ultima distinzione è ormai superata e la descrizione delle crisi focali dovrebbe basarsi esclusivamente sulle caratteristiche semeiologiche.
- **Generalizzate** ► coinvolgono entrambi gli emisferi cerebrali fin dall'esordio e sono associate a una precoce perdita di contatto. Oltre alle crisi tonico-cloniche, nelle quali si verifica un'attività convulsiva diffusa, sono esempi di crisi generalizzate le crisi miocloniche, toniche, cloniche e le assenze.

Classificazione eziologica

Sulla base dell'eziologia le crisi epilettiche si possono distinguere in:

- **sintomatiche (a eziologia strutturale o metabolica secondo la recente terminologia proposta dall'ILAE)** ► sono espressione di una patologia (statica o evolutiva) del sistema nervoso centrale (SNC).
- **idiopatiche** ► sono espressione di una predisposizione di tipo genetico, in assenza di alterazioni strutturali dell'encefalo. Nella maggior parte dei casi si verificano in pazienti con restante quadro neurologico normale e anamnesi muta per fattori di rischio neurologico. È frequente una familiarità per epilessie idiopatiche.

Tabella 1. Principali classificazioni delle crisi epilettiche nel bambino

Classificazione semeiologica

- Focali
- Generalizzate

Classificazione eziologica

- Sintomatiche
- Idiopatiche
- Criptogenetiche
- Occasionali, sintomatiche acute o precipitate da fattori scatenanti specifici

Fonte: Wright NB. Imaging in epilepsy: a pediatric perspective. Br J Radiol 2001; 74: 575-589

- **criptogenetiche** ► a eziologia sconosciuta, nelle quali esiste una causa probabile ma non identificata
- **occasional, sintomatiche acute o precipitate da fattori scatenanti specifici** (per esempio, ipoglicemia, ipossia, squilibri elettrolitici).

Indicazioni al percorso radiodiagnostico

La valutazione di un bambino affetto da epilessia⁴ implica diversi passaggi chiave, il più importante dei quali è la **valutazione clinica**, che permette di:

- definire la semeiologia delle crisi
- raccogliere dati sulla presenza di fattori anamnestici di rischio per epilessia sintomatica
- valutare la presenza di segni deficitari neurologici associati.

La registrazione elettroencefalografica (EEG) rappresenta uno standard minimo di valutazione strumentale per orientare l'inquadramento in una sindrome epilettica.

L'identificazione della sindrome aiuta a comprenderne l'eziologia, a predire la prognosi e a definire i percorsi di cura, compresa l'indicazione allo studio radiodiagnostico. Nel bambino esistono infatti epilessie idiopatiche con quadro elettroclinico specifico (per esempio, epilessia a parossismi rolandici) per le quali non vi è indicazione all'approfondimento neuroradiologico.⁵⁻¹⁰

Al percorso iniziale potrebbero sommarsi indagini strumentali supplementari, man mano che la natura della crisi risultasse più definita o qualora le crisi si facessero più frequenti o diventassero refrattarie al trattamento.¹⁰⁻¹²

L'American College of Radiology (ACR)⁷ ha individuato alcuni scenari in base all'età, agli eventi precipitativi e alle manifestazioni cliniche associate per i quali ha delineato uno specifico percorso radiodiagnostico (Tabella 2). Non tutti i pazienti con crisi convulsive necessitano di un approfondimento radiodiagnostico: in caso di prima crisi convulsiva non febbrile, per esempio, non esistono evidenze sufficienti che ne giustifichino l'impiego di routine.^{6,7} Tuttavia in alcune circostanze - sia di emergenza sia di non-urgenza (come nelle convulsioni focali o in quelle generalizzate accompagnate da rilievi neurologici anomali o da altri fattori di rischio) - le indagini di neuro immagine giocano un ruolo fondamentale nella definizione delle lesioni strutturali e funzionali che potrebbero essere alla base del disturbo (per esempio anomalie dello sviluppo corticale, emorragie, neoplasie o lesioni clastiche) e che possono essere identificate mediante **risonanza magnetica (RM)** e/o **tomografia computerizzata (TC)**.⁵⁻⁹

- **RM encefalica** ► Ha rivoluzionato la diagnostica per immagini dell'epilessia e attualmente è la tecnica che fornisce i migliori dati strutturali. È utile soprattutto per documentare alterazioni strutturali, per stabilire il rischio di recidiva e per orientare la scelta terapeutica in pazienti con crisi criptogenetiche e sintomatiche di lesioni del SNC, nei quali essa rappresenta parte integrante dell'iter diagnostico.^{4,9}

Le linee guida NICE (National Institute for Health and Care Excellence)⁹ riassumono in modo molto chiaro le indicazioni alla **RM** in età pediatrica. Sulla base delle evidenze i criteri per

Tabella 2. Scenari per la valutazione radiodiagnostica del bambino con crisi epilettiche

Scenario 1
Crisi epilettiche neonatali
Scenario 2
Crisi epilettiche febbrili
Scenario 3
Crisi epilettiche post-traumatiche
Scenario 4
Crisi epilettiche focali
Scenario 5
Prima crisi epilettica generalizzata (esame neurologico negativo)
Scenario 6
Prima crisi epilettica generalizzata (esame neurologico positivo)
Scenario 7
Crisi epilettiche refrattarie o non trattabili

Fonte: American College of Radiology. ACR Appropriateness Criteria®. Seizures- Child (date of origin 1995-last review 2012)⁷

eseguire la **RM** sono: epilessia di nuova diagnosi nel bambino di età inferiore a 2 anni, epilessia focale (salvo nei casi in cui è certa la diagnosi di epilessia benigna a punte centro-temporali, epilessia rolandica), fallimento del trattamento di prima linea.

In caso di quesiti diagnostici molto specifici o di programmazione di un intervento chirurgico può essere associata a tecniche di tipo funzionale (fluorodesossiglucosio-tomografia a emissione di positroni, **FDG-PET**; tomografia computerizzata a emissione di singolo fotone, **SPECT**), che forniscono informazioni sul metabolismo e sul flusso cerebrale.¹¹

- **TC encefalica** ► È una metodica rapida e affidabile, la **TC** ha assunto un ruolo di minore importanza rispetto alla **RM** e attualmente è indicata nelle situazioni di urgenza, qualora si prenda in considerazione l'intervento chirurgico immediato, nella traumatologia e nella ricerca di emorragie subaracnoidee, situazioni per le quali tale metodica è particolarmente sensibile.⁷ Inoltre la **TC** è indicata quando si vuole accertare la presenza di calcificazioni cerebrali che potrebbero orientare la diagnosi eziologica (per esempio, infezioni fetali o malattia celiaca).

Scenario 1. Crisi epilettiche neonatali

Le crisi neonatali comprendono qualsiasi manifestazione di tipo epilettico che si presenti entro i primi 30 giorni di vita del neonato a termine o entro le 44 settimane di età concezionale del neonato prematuro. Si tratta di eventi relativamente brevi, ricorrenti e separati da intervalli di durata variabile.^{13,14}

Le crisi possono essere di tipo motorio o vegetativo: le prime vanno dalle manifestazioni toniche - caratterizzate da ipertono generalizzato - alle crisi cloniche focali - con una riduzione della vigilanza e con movimenti ripetitivi meccanici simili a scosse a un emisoma - fino a crisi con manifestazioni atipiche o fruste, come movimenti automatici (suzione, apertura e chiusura ripetute delle palpebre, eccetera); le crisi vegetative sono caratterizzate da pallore, cianosi, apnea e bradicardia.^{13,14}

Sia nei neonati a termine sia in quelli pretermine, le cause più frequenti di crisi epilettiche neonatali (riportate in circa il 75% dei casi) sono rappresentate dai danni vascolari, anosso-ischemici o emorragici.^{7,13,14}

In altri casi le crisi epilettiche neonatali rappresentano l'esordio di un problema neurologico più complesso, essendo sintomo di una patologia acuta intercorrente oppure congenita, spesso di natura metabolica. Tra le malattie metaboliche vanno ricordate le forme trattabili (vitamina B6 dipendenti, deficit di trasporto del glucosio). Infine le crisi neonatali possono rappresentare l'esordio di forme idiopatiche familiari e non familiari.

L'**ecografia dell'encefalo** rappresenta la modalità di scelta per la valutazione delle crisi neonatali e non comporta l'esposizione a radiazioni ionizzanti (Tabella 3).⁷

La **RM encefalica** sta acquisendo sempre più importanza soprattutto nella definizione dell'estensione del danno parenchimale. Questa metodica ha inoltre un'ottima sensibilità nell'identificare le anomalie intracraniche congenite che causano le crisi epilettiche, in particolare le malformazioni corticali che si sviluppano durante la vita fetale.^{7,14}

La **TC** potrebbe svolgere un ruolo nel definire l'estensione di una emorragia; tuttavia essa comporta l'esposizione a radiazioni ionizzanti ed è meno sensibile della **RM** nel valutare gli eventi ischemici ipossici e le anomalie strutturali.⁷

Scenario 1



TABELLA 3

Scenario 2. Crisi epilettiche febbrili

Le crisi febbrili sono eventi critici di natura epilettica che si verificano nel corso di episodi febbrili in bambini senza segni di infezione acuta del SNC e senza precedenti episodi convulsivi afebrili.¹⁵⁻¹⁷ Le linee guida della Società Italiana di Pediatria sottolineano che la febbre potrebbe non essere accertata prima della crisi convulsiva ma deve essere presente nell'immediato periodo post-critico.¹⁶

Le crisi sono convenzionalmente distinte in:

- **semplici** ► crisi convulsive generalizzate, della durata < 15 minuti, che avvengono solo una volta in un periodo di 24 ore in un bambino di età compresa tra 3-6 mesi e 5 anni con febbre (> 38 °C ascellare), senza segni di infezione intracranica o cause scatenanti note.¹⁵⁻¹⁷
- **complesse** ► tutte le crisi convulsive febbrili che non rispondono alla definizione sopra riportata: sono rappresentate da episodi che durano oltre 15 minuti, hanno un inizio focale e mantengono le caratteristiche focali durante la crisi, ripetendosi più volte nell'arco di 24 ore.¹⁵ Rientrano nella categoria delle crisi complesse le seguenti manifestazioni cliniche: prolungata alterazione dello stato mentale, segni di meningismo, persistenti deficit focali post-critici, precedenti deficit neurologici.¹⁵⁻¹⁷

Si parla di stato di male febbrile se la crisi convulsiva complessa ha una durata superiore a 30 minuti o è caratterizzata da manifestazioni più brevi in serie, senza ripristino della coscienza a livello interictale.¹⁵

Le crisi epilettiche febbrili sono eventi benigni, nella maggioranza dei casi (> 95%) a prognosi ottima, che non causano danno cerebrale o successivo deficit intellettivo.¹⁵⁻¹⁷ **Nessuna indagine strumentale (RM o TC)** deve essere eseguita per la valutazione di routine di un bambino che presenti una convulsione febbrile semplice, in quanto ininfluenza per il chiarimento diagnostico (Tabella 4).^{7,15-17}

Sebbene raramente, le crisi complesse possono essere associate a patologie severe (encefalite, meningite, displasia, ascessi o tumori) e a precedenti deficit neurologici o essere conseguenza di maltrattamento fisico oppure rappresentare l'esordio precoce di una epilessia (per esempio, sindrome di Dravet o epilessia mioclonica severa). In questi casi è utile un approfondimento mediante **RM** o **TC** per l'identificazione precoce di eventuali lesioni strutturali.^{7,15,17}

Scenario 2

► TABELLA 4

Scenario 3. Crisi epilettiche post-traumatiche

Le crisi possono essere secondarie a un trauma intracranico. Sia la **TC** sia la **RM encefaliche** sono efficaci nel definire quando una manifestazione convulsiva associata al trauma è trattabile (Tabella 5). La **TC** è indicata nel setting acuto in tutte le situazioni di urgenza. Un importante sottogruppo nel quale prendere in considerazione la **TC** è quello dei pazienti di età < 2 anni che si presentano al pronto soccorso con una crisi afebrile, apparentemente senza causa e associata ad altri segni (per esempio, esiti di fratture non recenti o originate in epoche diverse ed emorragie retiniche), verosimilmente causata da un trauma non accidentale (maltrattamento fisico).⁷

La **RM** è più appropriata rispetto alla **TC** in caso di crisi convulsive post-traumatiche tardive;⁷ le indicazioni alla sua esecuzione nel setting acuto dipendono invece dallo stato clinico complessivo del bambino. La **RM** può essere utile nell'identificazione di emorragia intracranica o di gliosi post-traumatica.

Scenario 3

► TABELLA 5

Scenario 4. Crisi epilettiche focali

L'insorgenza di una crisi focale indica che la scarica epilettica ha avuto origine in un'area circoscritta - non necessariamente piccola - dell'encefalo, che può avere tendenza alla propagazione. Le crisi semplici non motorie sono difficili da identificare nei bambini piccoli, che non sono in grado di descrivere i sintomi.

Alle crisi focali sono spesso associate alterazioni delle neuroimmagini, a differenza di quanto si osserva per le convulsioni generalizzate con esame neurologico normale.

All'esordio dell'epilessia può essere difficile stabilire se un bambino, soprattutto nei primi anni di vita, presenti crisi generalizzate o focali. Pertanto si consiglia di sottoporre i bambini a esame di neuroimmagine se:

- sono presenti indicatori di una origine focale delle crisi quali sintomi clinici (per esempio, presenza di paresi post critica) e anomalie EEG focali
- sono presenti fattori di rischio per epilessia sintomatica
- sono presenti segni neurologici deficitari, compresi segni di possibile malattia neurocutanea o di possibile sindrome malformativa, ritardo o regressione dello sviluppo psicomotorio
- le crisi epilettiche sono esordite a una età < 2 anni
- le crisi epilettiche sono associate a sintomi che rappresentano un'urgenza neurologica (sintomi da ipertensione endocranica e stato di male).⁶

Le crisi focali possono essere determinate da anomalie dello sviluppo, emorragia, neoplasie o gliosi, disturbi che possono essere identificati mediante **RM** o **TC** (Tabella 6).

Anche se la **TC** è più accessibile, la **RM** è l'esame di scelta nelle convulsioni focali di prima insorgenza poiché è più sensibile rispetto alla **TC**, in particolare se devono essere identificate lievi anomalie dello sviluppo, piccoli foci, emorragie o neoplasie.⁷ Sarebbe opportuno che la **RM** fosse effettuata in modo mirato focalizzando lo studio sulle regioni indicate dal neurologo quali possibile origine delle crisi sulla base della semeiologia e dell'attività epilettiforme all'EEG.¹²

La **TC** trova indicazione nei bambini di età < 2 anni per escludere l'eventualità di un trauma non accidentale (maltrattamento fisico).⁷ Il rischio di recidiva è elevato negli eventi focali. La **FDG-PET** e la **SPECT** possono essere utili nel valutare le crisi ricorrenti qualora l'immagine anatomica con **TC** o **RM** risulti normale. In linea generale, tuttavia, le indagini funzionali andrebbero riservate alla valutazione pre-chirurgica.⁷⁻¹¹

Scenario 4

TABELLA 6

Scenario 5. Prima crisi epilettica generalizzata (esame neurologico normale)

Il ruolo delle indagini di neuroimmagine d'urgenza nel bambino che si presenta con una prima crisi afebrile generalizzata non è ancora ben definito; attualmente non vi sono evidenze sufficienti per raccomandare tali esami di routine nei bambini con una crisi di nuova insorgenza (Tabella 7).^{7,8}

- Sono stati identificati due indicatori di alto rischio clinicamente significativi che giustificano un approfondimento diagnostico per la prima crisi afebrile: presenza di fattori predisponenti (patologie di base o pregresse, familiarità, eccetera)
- presenza di elementi focali nella crisi.⁷

Mancano evidenze sulla validità delle indagini funzionali (**FDG-PET**, **SPECT**) per la diagnosi differenziale di una prima crisi epilettica, pertanto tali esami non sono indicati.⁷

Scenario 5

TABELLA 7

Scenario 6. Prima crisi epilettica generalizzata (esame neurologico patologico)

Il disturbo neurologico associato a crisi epilettiche generalizzate può essere solo un rilievo anamnestico (ritardo nello sviluppo) o essere presente all'obiettività neurologica (deficit neurologici focali, disturbo di coscienza al di fuori delle crisi).⁷ Tutte le crisi epilettiche associate a un deficit neurologico sono a rischio elevato di recidiva.⁷

I pazienti con crisi generalizzate associate a disturbo neurologico dovrebbero essere valutati mediante **RM** (Tabella 8).⁷

L'esecuzione in urgenza non è necessaria, fatta eccezione per situazioni particolari da vagliare caso per caso.

L'approfondimento diagnostico in urgenza mediante **TC** per una prima crisi afebrile è giustificato:

- in caso si sospettino gravi lesioni strutturali (complicanze cerebrali post-traumatiche, emorragia cerebrale, edema cerebrale e altri segni di effetto massa, la cui presenza è suggerita da deficit post-critico e/o persistente alterazione della vigilanza)
- in assenza di una causa definita della crisi (per esempio disturbo elettrolitico o metabolico).⁷

È difficile la differenziazione tra crisi a esordio generalizzato e crisi a esordio focale con secondaria rapida generalizzazione.⁷

Mancano evidenze sulla validità delle indagini funzionali (**FDG-PET**, **SPECT**) per la diagnosi differenziale una prima crisi epilettica, pertanto tali esami non sono indicati.⁷

Scenario 6



TABELLA 8

Scenario 7. Crisi refrattarie o non trattabili

Le crisi refrattarie o non trattabili, potenzialmente curabili con intervento chirurgico, si riscontrano in una piccola percentuale di pazienti, nei quali l'impiego di indagini strumentali strutturali (**RM**) e funzionali (**FDG-PET** e **SPECT**) è utile in casi selezionati (Tabella 9).⁷

La **RM** è considerata la tecnica più sensibile e specifica per la valutazione anatomica. È più sensibile della **SPECT** (84% vs 75%), la quale è talvolta più sensibile della **TC** (62%) nei pazienti chirurgici con epilessia non trattabile.⁷

La **SPECT** ictale è utile nella differenziazione delle crisi del lobo temporale da crisi extratemporali e fornisce informazioni utili nella pianificazione delle strategie di trattamento. La sua esecuzione ottimale richiede l'iniezione di radiofarmaci entro pochi secondi dalla crisi. Ciò costituisce un limite importante che ne rende difficile l'applicazione.^{7,10}

La **FDG-PET** rappresenta un'alternativa alla **SPECT** per l'indagine funzionale ed è particolarmente utile nei pazienti con epilessia focale non trattabile.^{7,10}

Scenario 7



TABELLA 9

Punti chiave

- L'appropriatezza delle indagini radiodiagnostiche nei pazienti pediatrici dipende dall'età alla presentazione, dalle caratteristiche della crisi epilettica, dall'evento scatenante e dai rilievi neurologici associati
- L'approfondimento radiodiagnostico è raccomandato in tutti i bambini con epilessia focale o generalizzata nei quali le caratteristiche elettrocliniche non sono inquadrabili nelle sindromi epilettiche classicamente ritenute idiopatiche (assenze dell'infanzia e dell'adolescenza, sindrome di Janz ed epilessia rolandica), nonché in tutti bambini di età inferiore a 2 anni
- Lo studio di neuroimmagine serve a identificare sia l'eziologia sia i pazienti candidabili a trattamento chirurgico e contribuisce a stabilire la prognosi
- L'**ecografia** è l'esame di scelta nella valutazioni delle convulsioni neonatali
- Le crisi febbrili semplici non necessitano di un approfondimento radiodiagnostico
- Le crisi che si manifestano in corso di febbre, se vi è sospetto di infezione o di trauma, e le crisi febbrili complesse dovrebbero essere valutate mediante **RM** o **TC**
- Le crisi post-traumatiche dovrebbero essere analizzate in prima istanza con **TC**; in seguito potrebbe essere utile un approfondimento mediante **RM**
- La **RM** è più sensibile della **TC** nel definire le anomalie strutturali associate a crisi focali (i bambini di età inferiore a 2 anni richiedono sequenze **RM** specifiche)
- Le crisi refrattarie o non trattabili devono essere analizzate mediante **RM** - con sequenze dedicate e guidate dallo studio neurofisiologico - eventualmente seguita da uno studio funzionale con **FDG-PET** o **SPECT**

Bibliografia

1. Berg AT et al. Revised terminology and concepts for organization of seizures and epilepsies: report of the ILAE Commission on Classification and terminology 2005-2009. *Epilepsia* 2010; 51: 676-685
2. Berg AT, Scheffer IE. New concepts in classification of the epilepsies: entering the 21st century. *Epilepsia* 2011; 52(6): 1058-1062
3. Engel J Jr. A Proposed Diagnostic Scheme for People with Epileptic Seizures and with Epilepsy: Report of the ILAE Task Force on Classification and Terminology. *Epilepsia* 2001; 42(6): 796-803
4. Wilmschurst JM et al. Summary of recommendations for the management of infantile seizures: Task Force Report for the ILAE Commission of Pediatrics. *Epilepsia* 2015; 56(8): 1185-1197
5. Recommendations for neuroimaging of patients with epilepsy. Commission on Neuroimaging of the International League Against Epilepsy. *Epilepsia* 1997; 38(11):1255-1256
6. Gaillard WD et al. ILAE, Committee for Neuroimaging, Subcommittee for Pediatric. Guidelines for imaging infants and children with recent-onset epilepsy. *Epilepsia* 2009; 50(9):2147-2153
7. American College of Radiology. ACR appropriateness Criteria®. Seizure child (1995-last review 2012) (disponibili al sito www.acr.org/ac; accessed 18 January 2016)
8. Hirtz D et al. Practice parameter: evaluating a first nonfebrile seizure in children: Report of the Quality Standards Subcommittee of the American Academy of Neurology, the Child Neurology Society, and the American Epilepsy Society. *Neurology* 2000; 55: 616 (versione online disponibile al sito: <http://www.neurology.org/content/55/5/616.full/html>)
9. NICE quality standard [QS27] Epilepsy in children and young people Published date:

- February 2013 (versione online disponibile al sito: <http://www.nice.org.uk/guidance/qs27/>)
10. Scottish Intercollegiate Guidelines Network (SIGN). Diagnosis and management of epilepsies in children and young people. 2005 (disponibile al sito www.sign.ac.uk)
 11. Jayakar P, Gaillard WD, Tripathi M, Libenson MH, Mathern GW, Cross JH; Task Force for Paediatric Epilepsy Surgery, Commission for Paediatrics, and the Diagnostic Commission of the International League Against Epilepsy. Diagnostic test utilization in evaluation for resective epilepsy surgery in children. *Epilepsia* 2014; 55(4): 507-518.
 12. Von Oertzen J et al. Standard magnetic resonance imaging is inadequate for patients with refractory focal epilepsy. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2002; 73(6): 643-647
 13. Amadori A et al. Diagnosi e trattamento delle epilessie. Linea guida Consiglio Sanitario Regionale. 2006 (ultimo aggiornamento 2012) (LG_toscana_epilessia_2009_interni.pdf)
 14. Weeke LC et al. Neuroimaging in neonatal seizures. *Epileptic Disord* 2015; 17(1): 1-11
 15. Capovilla G et al. Recommendations for the management of "febrile seizures": Ad Hoc Task Force of LICE Guidelines Commission. *Epilepsia* 2009; 50 Suppl 1: 2-6
 16. Linea Guida della Società Italiana di Pediatria (SIP). La gestione del bambino con convulsioni febbrili. *Prospettive in Pediatria* 2009; 39: 73-78 (linea guida completa al sito www.sip.it)
 17. American Academy of Pediatrics. Febrile Seizures: guideline for the neurodiagnostic evaluation of the child with a simple febrile seizure *Pediatrics* 2011; 127: 389 (<http://pediatrics.aappublications.org/content/127/2/389.full.html>)

Tabella 3. Neonato con crisi epilettiche

Procedura diagnostica	ACR*	Indicazioni	Osservazioni	RRL
Ecografia encefalica	9	Esame di scelta	Non permette l'analisi strutturale completa dello sviluppo corticale Non espone a radiazioni ionizzanti	0 (0 mSv)
RM encefalica	5 (con mdc) 4 (senza e con mdc)**	Indicata per la valutazione delle anomalie intracraniche congenite, in particolare le malformazioni dello sviluppo corticale	Può essere utile nella definizione dell'estensione del danno parenchimale	0 (0 mSv)
TC encefalica	3	Non indicata	Può individuare la presenza di emorragie subaracnoidee ed essere utile nella ricerca di eventuali calcificazioni intracraniche È meno sensibile dell'RM nella valutazione degli eventi ipossici ischemici e delle anomalie strutturali Comporta un'elevata esposizione a radiazioni ionizzanti	☹☹☹ (senza mdc) (0,3-3 mSv) ☹☹☹☹ (senza e con mdc)** (3-10 mSv)
FDG-PET encefalica	1	Non indicata		☹☹☹☹☹ (3-10 mSv)
SPECT encefalica	1	Non indicata		☹☹☹ (0,3-3 mSv)

Modificata con il permesso dell'American College of Radiology (ACR). ACR Appropriateness Criteria®. Seizures - Child (date of origin 1995 - last review 2012);⁷ *grado di appropriatezza secondo l'ACR = 1,2,3: generalmente non appropriato; 4,5,6: potrebbe essere appropriato; 7,8,9: generalmente appropriato; **la procedura consiste in un primo esame senza mdc seguito da un secondo esame con mdc.
 Abbreviazioni: FDG-PET = fluorodesossiglucosio-tomografia a emissione di positroni; mdc = mezzo di contrasto; RM = risonanza magnetica; RRL = livello di radiazione relativo (tra parentesi: intervallo di dose efficace in età pediatrica); TC = tomografia computerizzata; SPECT = tomografia a emissione di fotone singolo

Tabella 3



SCENARIO 1

Tabella 4. Bambino con crisi epilettiche febbrili

Procedura diagnostica	ACR*	Indicazioni	Osservazioni	RRL
RM encefalica	2	Non appropriata nelle crisi febbrili semplici		0 (0 mSv)
	4	Può essere appropriata nelle crisi febbrili complesse		
TC encefalica	2	Non appropriata nelle crisi febbrili semplici		☹☹☹ (senza mdc) (0,3-3 mSv)
	3	Generalmente non appropriata nelle crisi febbrili complesse		☹☹☹☹ (senza e con mdc)** (3-10 mSv)
SPECT encefalica	1	Non appropriata nelle crisi febbrili semplici		☹☹☹ (0,3-3 mSv)
	2	Generalmente non appropriata nelle crisi febbrili complesse		
FDG-PET encefalica	1	Non appropriata nelle crisi febbrili semplici		☹☹☹☹ (3-10 mSv)
	1	Non appropriata nelle crisi febbrili complesse		
Ecografia encefalica	1	Non appropriata nelle crisi febbrili semplici		0 (0 mSv)
	1	Non appropriata nelle crisi febbrili complesse		

Modificata con il permesso dell'American College of Radiology (ACR). ACR Appropriateness Criteria®. Seizures - Child (date of origin 1995 - last review 2012);⁷ *grado di appropriatezza secondo l'ACR = 1,2,3: generalmente non appropriato; 4,5,6: potrebbe essere appropriato; 7,8,9: generalmente appropriato; **la procedura consiste in un primo esame senza mdc seguito da un secondo esame con mdc.

Abbreviazioni: FDG-PET = fluorodesossiglucosio-tomografia a emissione di positroni; mdc = mezzo di contrasto; RM = risonanza magnetica; RRL = livello di radiazione relativo (tra parentesi: intervallo di dose efficace in età pediatrica); TC = tomografia computerizzata; SPECT = tomografia a emissione di fotone singolo

Tabella 4



SCENARIO 2

Tabella 5. Bambino con crisi epilettiche post-traumatiche

Procedura diagnostica	ACR*	Indicazioni	Osservazioni	RRL
TC encefalica senza mdc	9	Indicata nel setting acuto e nei bambini di età < 2 anni con prima crisi generalizzata (sospetto di maltrattamento)	Utile a definire le patologie trattabili associate a trauma intracranico	☹☹☹ (0,3-3 mSv)
RM encefalica senza mdc	5	Utile per evidenziare prodotti di degradazione ematica e gliosi	Esame generalmente meno appropriato nel setting traumatico acuto (dipende dallo stato clinico generale del bambino) Utile nel setting post-traumatico cronico	0 (0 msv)
RM encefalica senza e con mdc**	3	Non indicata		0 (0 msv)
TC encefalica senza e con mdc**	2	Non indicata		☹☹☹☹ (3-10 mSv)
Ecografia encefalica	1	Non indicata		0 (0 msv)
FDG-PET encefalica	1	Non indicata		☹☹☹☹ (3-10 mSv)
SPECT encefalica	1	Non indicata		☹☹☹ (0,3-3 mSv)

Modificata con il permesso dell'American College of Radiology (ACR). ACR Appropriateness Criteria®. Seizures - Child (date of origin 1995 - last review 2012)⁷¹ *grado di appropriatezza secondo l'ACR = 1,2,3: generalmente non appropriato; 4,5,6: potrebbe essere appropriato; 7,8,9: generalmente appropriato; **la procedura consiste in un primo esame senza mdc seguito da un secondo esame con mdc. Abbreviazioni: FDG-PET = fluorodesossiglucosio-tomografia a emissione di positroni; mdc = mezzo di contrasto; RM = risonanza magnetica; RRL = livello di radiazione relativo (tra parentesi: intervallo di dose efficace in età pediatrica); TC = tomografia computerizzata; SPECT = tomografia a emissione di fotone singolo

Tabella 5



SCENARIO 3

Tabella 6. Bambino con crisi epilettiche focali

Procedura diagnostica	ACR*	Indicazioni	Osservazioni	RRL
RM encefalica senza mdc	9	Esame di scelta	È più sensibile della TC nell'identificare lievi anomalie dello sviluppo, piccoli foci, emorragie o neoplasie Nei bambini di età < 2 anni sono necessarie sequenze specifiche poiché la mielinizzazione incompleta potrebbe non consentire il rilievo di cause comuni di epilessia (per esempio, malformazioni focali)	0 (0 mSv)
RM encefalica senza e con mdc**	7	Esame di approfondimento	Il completamento con somministrazione di mdc (gadolinio) è indicato quando i dati clinici o lo studio RM di base pongono il sospetto di tumori, malformazioni vascolari e processi infiammatori o infettivi	0 (0 mSv)
TC encefalica senza e con mdc**	5	Se RM non disponibile o controindicata	Potrebbe essere considerata eccezionalmente nei pazienti di età < 2 anni con possibile trauma non accidentale	☹☹☹☹ (3-10 mSv)
FDG-PET o SPECT encefaliche	5	In caso di crisi ricorrenti in pazienti con RM e TC normali	In generale l'indagine funzionale mediante immagini è riservato alla valutazione dettagliata in previsione dell'intervento chirurgico	☹☹☹☹ (FDG-PET) (3-10 mSv) ☹☹☹ (SPECT) (0,3-3 mSv)
TC encefalica senza mdc	3	In caso di RM non disponibile o controindicata		☹☹☹ (0,3-3 mSv)
Ecografia encefalica	1	Non indicata		0 (0 mSv)

Modificata con il permesso dell'American College of Radiology (ACR). ACR Appropriateness Criteria®. Seizures - Child (date of origin 1995 - last review 2012)⁷¹ *grado di appropriatezza secondo l'ACR = 1,2,3: generalmente non appropriato; 4,5,6: potrebbe essere appropriato; 7,8,9: generalmente appropriato; **la procedura consiste in un primo esame senza mdc seguito da un secondo esame con mdc. Abbreviazioni: FDG-PET = fluorodesossiglucosio-tomografia a emissione di positroni; mdc = mezzo di contrasto; RM = risonanza magnetica; RRL = livello di radiazione relativo (tra parentesi: intervallo di dose efficace in età pediatrica); TC = tomografia computerizzata; SPECT = tomografia a emissione di fotone singolo

Tabella 6



SCENARIO 4

Tabella 7. Bambino con prima crisi generalizzata ed esame neurologico normale

Procedura diagnostica	ACR*	Indicazioni	Osservazioni	RRL
RM encefalica senza mdc	5	Non indicata		0 (0 mSv)
RM encefalica senza e con mdc**	4	Non indicata		0 (0 mSv)
TC encefalica senza mdc	4	Non indicata		☹☹☹ (0,3-3 mSv)
TC encefalica senza e con mdc**	2	Non indicata		☹☹☹☹ (3-10 mSv)
FDG-PET encefalica	1	Non indicata		☹☹☹ (0,3-3 mSv)
SPECT encefalica	1	Non indicata		☹☹☹☹ (3-10 mSv)
Ecografia encefalica	1	Non indicata		0 (0 mSv)

Modificata con il permesso dell'American College of Radiology (ACR). ACR Appropriateness Criteria®. Seizures - Child (date of origin 1995 - last review 2012);⁷ *grado di appropriatezza secondo l'ACR = 1,2,3: generalmente non appropriato; 4,5,6: potrebbe essere appropriato; 7,8,9: generalmente appropriato; **la procedura consiste in un primo esame senza mdc seguito da un secondo esame con mdc. Abbreviazioni: FDG-PET = fluorodesossiglucosio-tomografia a emissione di positroni; mdc = mezzo di contrasto; RM = risonanza magnetica; RRL = livello di radiazione relativo (tra parentesi: intervallo di dose efficace in età pediatrica); TC = tomografia computerizzata; SPECT = tomografia a emissione di fotone singolo

Tabella 7

SCENARIO 5

Tabella 8. Bambino con prima crisi generalizzata ed esame neurologico patologico

Procedura diagnostica	ACR*	Indicazioni	Osservazioni	RRL
RM encefalica senza mdc	9	Parte integrante dell'iter diagnostico in un paziente con prima crisi criptogenetica o sintomatica di lesione del SNC	È difficile distinguere tra crisi generalizzata secondaria a crisi focale e crisi generalizzata senza fattore scatenante focale	0 (0 mSv)
TC encefalica senza mdc	6	In caso si sospettino gravi lesioni strutturali o in assenza di una causa definita della crisi (per esempio disturbo elettrolitico o metabolico)		☹☹☹ (0,3-3 mSv)
RM encefalica senza e con mdc**	6	Utile per chiarire un'anomalia apparsa all'RM senza mdc o se si ipotizza infezione o infiammazione		0 (0 mSv)
FDG-PET encefalica	2	Non indicata		☹☹☹☹ (3-10 mSv)
TC encefalica senza e con mdc**	2	Non indicata		☹☹☹☹ (3-10 mSv)
SPECT encefalica	2	Non indicata		☹☹☹ (0,3-3 mSv)
Ecografia encefalica	1	Non indicata		0 (0 mSv)

Modificata con il permesso dell'American College of Radiology (ACR). ACR Appropriateness Criteria®. Seizure - Child (date of origin 1995 - last review 2012);⁷ *grado di appropriatezza secondo l'ACR = 1,2,3: generalmente non appropriato; 4,5,6: potrebbe essere appropriato; 7,8,9: generalmente appropriato; **la procedura consiste in un primo esame senza mdc seguito da un secondo esame con mdc.

Abbreviazioni: FDG-PET = fluorodesossiglucosio-tomografia a emissione di positroni; mdc = mezzo di contrasto; RM = risonanza magnetica; RRL = Livello di radiazione relativo (tra parentesi: intervallo di dose efficace in età pediatrica); TC = tomografia computerizzata; SPECT = tomografia a emissione di fotone singolo

Tabella 8



SCENARIO 6

Tabella 9. Bambino con crisi refrattarie o non trattabili

Procedura diagnostica	ACR*	Indicazioni	Osservazioni	RRL**
RM encefalica senza mdc	9	Esame di scelta	È utile nella valutazione delle malformazioni corticali, della sclerosi temporale mesiale e delle anomalie della sostanza bianca periventricolare	0 (0 mSv)
RM encefalica con mdc	6	Utile per chiarire un'anomalia apparsa all'RM senza mdc o in caso di infezione o infiammazione		0 (0 mSv)
SPECT encefalica	6	Utile nella differenziazione tra crisi del lobo temporale e crisi extratemporali	La combinazione ictale e interictale è ottimale per la valutazione della possibile area di sviluppo della crisi epilettica È meno sensibile dell'RM ma più sensibile della TC e più disponibile della PET È utilizzata nella valutazione e nella pianificazione pre-chirurgica	☹☹☹ (0,3-3 mSv)
FDG-PET encefalica	6	In alternativa all'indagine funzionale mediante immagini con SPECT in pazienti con epilessia focale non trattabile	È meno disponibile della SPECT È utilizzata nella valutazione e nella pianificazione pre-chirurgica	☹☹☹☹ (3-10 mSv)
TC encefalica senza mdc	5	Utile per l'eventuale diagnosi eziologica per la presenza di calcificazioni (per esempio, tumori, esiti di infezioni intrauterine)		☹☹☹ (0,3-3 mSv)
TC encefalica senza e con mdc**	2	Utile per la eventuale diagnosi eziologica per la presenza di calcificazioni e presa di contrasto (per esempio, malformazioni vascolari)		☹☹☹☹ (3-10 mSv)
Ecografia encefalica	1	Non indicata		0 (0 mSv)

Modificata con il permesso dell'American College of Radiology (ACR). ACR Appropriateness Criteria®. Seizure - Child (date of origin 1995 - last review 2012);⁷ *grado di appropriatezza secondo l'ACR = 1,2,3: generalmente non appropriato; 4,5,6: potrebbe essere appropriato; 7,8,9: generalmente appropriato; **la procedura consiste in un primo esame senza mdc seguito da un secondo esame con mdc. Abbreviazioni: FDG-PET = fluorodesossiglucosio-tomografia a emissione di positroni; mdc = mezzo di contrasto; RM = risonanza magnetica; RRL = Livello di radiazione relativo (tra parentesi: intervallo di dose efficace in età pediatrica); TC = tomografia computerizzata; SPECT = tomografia a emissione di fotone singolo

Tabella 9



SCENARIO 7

XIII. Infettivologia pediatrica - Febbre senza causa apparente o di origine sconosciuta

Definizione e inquadramento clinico

Nei bambini di età ≤ 36 mesi le patologie febbrili (temperatura ascellare $\geq 38^{\circ}\text{C}^{1}$) rappresentano una condizione clinica piuttosto frequente e costituiscono una sfida diagnostica importante. Nella maggior parte dei casi (circa l'80%) sono presenti segni di infezioni batteriche focali o virali; in circa il 20% dei bambini in stato febbrile e non settico non è tuttavia possibile accertare alcuna causa.¹⁻⁴ Quest'ultima condizione è definita **febbre senza causa apparente (FWS)** dall'anglosassone *fever without source*) e si riferisce al bambino non sofferente, che non presenta condizioni cliniche associate e nel quale la temperatura corporea ascellare si mantiene $\geq 38^{\circ}\text{C}$ per un periodo di tempo ≤ 1 settimana senza che sia possibile identificare una causa, anche dopo un'anamnesi e un esame clinico accurati.

Si distingue dalla FWS un'altra entità clinica dalle caratteristiche molto simili, caratterizzata da una maggiore persistenza della febbre e nota come **febbre di origine sconosciuta (FUO)** dall'anglosassone *fever of unknown origin*). Si definisce FUO una condizione clinica caratterizzata da temperatura corporea ascellare $> 38,3^{\circ}\text{C}$, che persiste da almeno 8 giorni⁵ (o 3 settimane secondo alcuni Autori) senza eziologia apparente nonostante l'attenta anamnesi, l'esame obiettivo accurato e gli esami di primo livello (Tabella 1).⁶⁻⁸

Tabella 1. Definizioni di febbre senza causa apparente e di febbre di origine sconosciuta

Febbre senza causa apparente (FWS)

Temperatura corporea $\geq 38^{\circ}\text{C}$ che perdura da un periodo di tempo ≤ 1 settimana senza una causa apparente anche dopo un'attenta anamnesi e un esame clinico accurato

Febbre di origine sconosciuta (FUO)

Temperatura corporea $> 38,3^{\circ}\text{C}$ che perdura da almeno 8 giorni (o 3 settimane) senza un'eziologia apparente nonostante l'attenta anamnesi, l'esame obiettivo accurato e gli esami di primo livello

Fonti: Ishimine P. *Pediatr Clin North Am.* 2006; 53(2):167-194;¹ Palazzi L. et al. 2015⁶

La FWS può avere un'eziologia infettiva o non infettiva. Le cause non infettive comprendono: reazioni a farmaci o vaccinazioni, patologie a carico del sistema nervoso centrale (SNC), neoplasie o condizioni infiammatorie croniche.

Le infezioni virali o batteriche sono la causa principale di FWS e si riscontrano più frequentemente a carico dell'apparato urinario (infezioni delle vie urinarie), dell'apparato respiratorio (polmoniti) e del sistema nervoso centrale (meningiti). Negli ultimi decenni

l'introduzione dei vaccini coniugati contro l'*Haemophilus influenzae* di tipo b e lo *Streptococcus pneumoniae* (rispettivamente nel 1991 e nel 2000) ha ridotto drasticamente l'incidenza di infezioni batteriche gravi quali polmonite e meningite, al punto che in un bambino in stato febbrile l'incidenza di batteriemia occulta - un fattore di rischio rilevante per la presenza o la successiva comparsa di infezioni batteriche gravi - è attualmente inferiore al 2% (1,6-1,8%).^{1-4,9,10} Ciò ha in parte modificato l'atteggiamento clinico e diagnostico nei confronti del paziente con FWS, rendendolo meno aggressivo.

Per quanto ridotto, il pericolo di batteriemia occulta non è del tutto assente, soprattutto nel bambino di età inferiore a 36 mesi. Si stima che circa il 10% dei pazienti con batteriemia occulta in questa fascia di età sia a rischio di sviluppare polmonite, osteomielite, cellulite, infezioni delle vie urinarie, artrite settica e - più raramente - meningite.^{11,12}

L'obiettivo clinico nella gestione del bambino con FWS è identificare precocemente un'eventuale infezione batterica per poterla trattare con la terapia adeguata. A tale scopo sono fondamentali l'**anamnesi** e l'**esame obiettivo** approfonditi. I bambini più piccoli (**età < 3 mesi**) sono a maggior rischio di presentare un'infezione batterica grave e mostrano quadri clinici aspecifici, con sintomatologie che spesso non correlano con la gravità della malattia. Ciò è dovuto all'immaturità del sistema immunitario, alla conseguente maggior virulenza relativa dei patogeni infettivi e all'assenza di immunizzazione nei confronti di alcuni microrganismi. Per questa fascia d'età è pertanto giustificato un approccio più aggressivo nella valutazione e nella gestione della condizione febbrile.^{1-4,9}

Per i bambini di **3-36 mesi** di età gli schemi di gestione sono meno aggressivi e si basano sulla valutazione dell'aspetto clinico del paziente: si distingue in prima istanza tra stato settico (presenza di letargia, segni di scarsa perfusione periferica, ipo- o iperventilazione, tachipnea, cianosi, stato confusionale)^{3,4,10,13-16} e non settico. In un bambino non settico la valutazione delle condizioni generali è essenziale, sebbene il riscontro di condizioni buone non escluda la presenza di batteriemia occulta.¹

Indicazioni al percorso radiodiagnostico

La maggior parte degli Autori fa riferimento a tre diversi gruppi di età per l'assegnazione di strategie di gestione specifiche^{1-4,9}:

- neonati (< 1 mese)
- lattanti (1-3 mesi)
- bambini (3 -36 mesi).

Per i neonati e i lattanti, considerati la popolazione a maggior rischio, sono stati proposti indici predittivi negativi specifici (criteri di Rochester, Philadelphia e Boston)¹³⁻¹⁶ per identificare i casi a basso rischio di infezioni batteriche gravi e ridurre le ospedalizzazioni inappropriate. Viceversa, non vi è ancora un consenso univoco sugli indicatori clinici e di laboratorio più significativi nell'identificazione dei bambini con FWS a rischio di infezioni batteriche gravi. L'approccio radiodiagnostico nei bambini con FWS dipende da diversi fattori, quali l'età, la presenza o meno di segni o sintomi respiratori, la conta dei globuli bianchi (WBC) o la presenza di neutropenia.

L'American College of Radiology (ACR)⁹ identifica cinque scenari clinici per il paziente febbrile non settico, per ciascuno dei quali delinea percorsi radiodiagnostici specifici sulla

base delle attuali evidenze scientifiche (Tabella 2). I dati della letteratura evidenziano che le procedure radiodiagnostiche hanno nel complesso probabilità limitate di modificare l'iter terapeutico; l'unico esame univocamente indicato nel paziente non settico è la **radiografia del torace**, da eseguire in presenza di segni o sintomi respiratori o in caso di temperatura corporea $\geq 39^{\circ}\text{C}$ (ascellare) e $\text{WBC} \geq 20.000/\text{mm}^3$.^{1,4,9}

Tabella 2. Scenari per la definizione dei percorsi radiodiagnostici nel bambino con febbre senza causa apparente o di origine sconosciuta

Scenario 1
Paziente di 1-36 mesi, senza segni o sintomi respiratori
Scenario 2
Paziente di 1-36 mesi, con segni o sintomi respiratori oppure con febbre $\geq 39^{\circ}\text{C}$ e conta dei globuli bianchi $\geq 20.000/\text{mm}^3$
Scenario 3
Neonato con o senza segni respiratori
Scenario 4
Paziente di 1-36 mesi con febbre di origine sconosciuta (FUO)
Scenario 5
Paziente con febbre e neutropenia

Fonte: American College of Radiology. ACR Appropriateness Criteria®. Fever without source-Child (date of origin 1999 - last review 2015)⁹

Scenario 1. Bambino di 1-36 mesi, senza segni o sintomi respiratori

Nei bambini di età compresa tra 1 e 36 mesi con temperatura ascellare $<39^{\circ}\text{C}$, dall'aspetto clinico non sofferente e senza segni o sintomi respiratori (tachipnea ≥ 50 respiri/minuto, rantoli, crepitii, rientramenti, rinite, dispnea, infiammazione alte vie respiratorie, tosse)³ **non esistono evidenze** che giustificano l'esecuzione di una **radiografia del torace** per la ricerca di infezione occulta (Tabella 3).⁹ In assenza di segni o sintomi polmonari le probabilità che la radiografia toracica sia positiva per polmonite occulta sono dell'1,2% nel bambino che non ha completato lo schema vaccinale e addirittura inferiori nel paziente che ha ricevuto l'immunizzazione completa nei confronti di *Streptococcus pneumoniae* e *Haemophilus influenzae tipo b*.¹ Nel bambino sofferente la **radiografia del torace** potrebbe invece essere utile a rivelare un focolaio infettivo occulto^{1,17,18} o aiutare a escludere una patologia cardiaca acquisita o congenita.⁹

Scenario 1



TABELLA 3

Scenario 2. Bambino di 1-36 mesi, con segni o sintomi respiratori o con febbre $\geq 39^{\circ}\text{C}$ e $\text{WBC} \geq 20.000/\text{mm}^3$

I dati attualmente disponibili suggeriscono che nei bambini con FWS senza condizioni patologiche associate si debba eseguire una **radiografia del torace** allo scopo di identificare patologie polmonari solo quando sussistono evidenze cliniche di malattia respiratoria (tachipnea ≥ 50 respiri/minuto, rantoli, crepitii, rientramenti, rinite, infiammazione alte vie respiratorie, tosse) oppure quando è presente febbre $\geq 39^{\circ}\text{C}$ (ascellare) associata a $\text{WBC} \geq 20.000/\text{mm}^3$ (Tabella 4).^{4,9,14,17-19} Fino al 20-30% dei bambini in questa fascia di età con $\text{WBC} > 20.000/\text{mm}^3$ presenta infatti una polmonite radiologicamente evidenziabile **in assenza di reperti obiettivi a carico dell'apparato respiratorio**.²⁰ Poiché la vaccinazione antipneumococcica ha drasticamente ridotto l'incidenza di polmonite occulta, in caso di febbre e WBC elevate alcuni studi suggeriscono di eseguire la **radiografia del torace** solo nei pazienti non vaccinati,⁴ altri di prendere in considerazione l'esame radiografico solo dopo avere escluso un'eventuale infezione delle vie urinarie (analisi delle urine negative).^{12,21-23}

Scenario 2



TABELLA 4

Scenario 3. Neonato con o senza segni respiratori

I neonati sono a rischio particolarmente elevato di infezioni batteriche gravi. Streptococco del gruppo B, *Haemophilus influenzae tipo b*, *Neisseria meningitidis*, *Enterobacteriaceae* ed *Escherichia coli* sono patogeni comuni in questa fascia di età e sono frequentemente associati allo sviluppo di meningite, di foci infettivi non meningei e di sepsi.¹ Meno comune, anche se gravata da un elevato tasso di mortalità, è l'infezione da *Streptococcus pneumoniae*. Sono frequenti in questo gruppo di età le infezioni delle vie urinarie (IVU) e la batteriemia occulta.¹ Poiché non è possibile predire con accuratezza il rischio di infezioni batteriche gravi nel neonato, si raccomanda di eseguire l'emocoltura, l'esame rapido delle urine, l'urinocoltura ed eventuale rachicentesi. La conta WBC costituisce uno scarso indicatore di sepsi neonatale.^{24,25} Studi recenti relativi all'uso della proteina C reattiva (PCR) nella diagnosi di sepsi e nella guida alla durata della terapia antibiotica nella sepsi early-onset (EOS) e late-onset (LOS) hanno dimostrato una specificità compresa tra l'84 e il 96% e un valore predittivo negativo compreso tra il 93 e il 99%.²⁶ Per quanto concerne la procalcitonina (PCT), essa può essere utilizzata nella diagnosi di sepsi, ma se ne raccomanda una valutazione seriata; essa risulta più sensibile, ma meno specifica rispetto alla PCR. Tuttavia i dati a oggi disponibili devono essere valutati con cautela.²⁷⁻²⁹

Nel neonato la **radiografia del torace** è indicata in presenza di uno o più dei seguenti sintomi respiratori: tachipnea (≥ 50 respiri/minuto), crepitii nel torace, rientramenti, infiammazione vie aeree superiori, cianosi, saturazione dell'ossigeno $\leq 95\%$ (Tabella 5).^{1,3,9} Tuttavia, nonostante la scarsità di evidenze, la **radiografia toracica** viene spesso eseguita anche in assenza di segni o sintomi respiratori considerato il rischio elevato di infezioni batteriche gravi.⁹

Scenario 3



TABELLA 5

Scenario 4. Bambino di 0-36 mesi con febbre di origine sconosciuta (FUO)

All'entità clinica FUO, distinta dalla FWS per la durata della febbre superiore a 1 settimana e caratterizzata da una gestione differenziata, è stato riservato uno spazio specifico nell'ambito delle patologie infettive a partire dalla sua prima definizione nel 1961.⁶ L'identificazione dell'eziologia della FUO è tuttora una sfida diagnostica: le possibili cause alla base dello stato febbrile sono centinaia e rientrano in 4 categorie principali: infettive, neoplastiche, infiammatorie di origine non infettiva e tutte le altre che non appartengono ai primi tre gruppi. Le patologie infettive e le malattie del tessuto connettivo sono le eziologie più comuni della FUO nei bambini; le patologie neoplastiche sono meno frequenti e generalmente sono accompagnate da altre manifestazioni cliniche. La valutazione di un bambino con FUO si basa principalmente sull'esame obiettivo e sui dati di laboratorio anche se non esiste una strategia diagnostica standardizzata; il percorso radiodiagnostico in particolare è guidato dalle indicazioni che emergono dall'anamnesi, dall'esame obiettivo e dagli esami ematochimici di primo livello. In generale l'indagine radiodiagnostica non svolge un ruolo importante nei pazienti con FUO e le evidenze sono insufficienti per giustificare l'impiego di modalità di immagine diverse dalla **radiografia del torace** (indicata in presenza di segni e sintomi respiratori). Sebbene siano scarse le evidenze a favore dell'impiego dell'indagine radiografica nei bambini con FUO, essa potrebbe essere utile per escludere eventuali addensamenti parenchimali e adenopatie (Tabella 6).⁹

Scenario 4



TABELLA 6

Scenario 5. Bambino con febbre e neutropenia

Per il bambino con neutropenia, che risulta essere più a rischio di malattie occulte e di infezioni batteriche gravi, si applicano le stesse indicazioni utilizzate per la FWS e la FUO. Le indagini radiodiagnostiche in assenza di segni e sintomi di localizzazione hanno infatti poche probabilità di modificare l'iter terapeutico: la **radiografia del torace** di routine all'esordio della sintomatologia febbrile non è pertanto indicata in assenza di sintomi a carico delle vie respiratorie (per esempio tosse, dolore toracico, dispnea, alito fetido delle pinne nasali, gemito espiratorio, bassa saturazione di ossigeno) o di segni a carico dell'addome (per interessamento della pleura diaframmatica). La radiografia standard potrebbe identificare complicanze non infettive (per esempio pneumotorace o edema polmonare), ma non riveste utilità diagnostica iniziale. Nei bambini che sono stati sottoposti a trapianto di midollo osseo e in quelli a particolare rischio di infezioni batteriche o fungine la **tomografia computerizzata (TC) toracica** potrebbe rivelare malattie infettive occulte. Nei bambini con neutropenia e febbre che persiste nonostante l'assunzione della terapia antibiotica, in particolare se dopo trapianto di midollo, la **TC del torace** potrebbe essere considerata anche con radiografia del torace negativa. Le **TC dell'addome e dei seni paranasali** non forniscono informazioni aggiuntive (Tabella 7).⁹

Scenario 5



TABELLA 7

Punti chiave

- I pazienti con FWS devono ricevere una valutazione immediata, anche se l'incidenza di infezioni batteriche gravi è attualmente molto bassa. I percorsi delineati dalle linee guida non sostituiscono il giudizio clinico complessivo per quanto riguarda la decisione su quale paziente con patologia febbrile possa beneficiare della **radiografia del torace**
- La maggior parte dei dati suggerisce che nel bambino con FWS senza una patologia cronica associata si debba eseguire una **radiografia del torace** solo in caso di malattia respiratoria clinicamente evidente (tachipnea, saturazione di ossigeno in aria < 95%, distress respiratorio, rumori patologici all'auscultazione toracica)¹⁸ oppure nei pazienti con febbre $\geq 39^{\circ}\text{C}$ e con valori WBC $\geq 20.000 \text{ mm}^3$
- Poiché i neonati con FWS sono considerati ad alto rischio, secondo diversi Autori la **radiografia del torace** dovrebbe essere presa in considerazione in questa popolazione di pazienti indipendentemente dalla presenza di segni e sintomi respiratori. Tuttavia non è ancora del tutto dimostrato il beneficio dell'impiego di routine dell'indagine radiografica in assenza di una sintomatologia respiratoria.
- Gli studi radiodiagnostici hanno una scarsa indicazione nei bambini con FUO
- A differenza di quanto si osserva nell'adulto, l'impiego di **FDG-PET**, di **FDG-PET/TC** o di **RM total body** nel paziente pediatrico non è supportato da evidenze cliniche sufficienti
- Nei bambini con neutropenia e febbre che persiste nonostante l'assunzione della terapia antibiotica, in particolare se dopo trapianto di midollo, la **TC del torace** potrebbe essere considerata anche con radiografia del torace negativa. La **TC dell'addome e dei seni paranasali** non fornisce informazioni aggiuntive.

Bibliografia

1. Ishimine P. Fever without source in children 0 to 36 months of age *Pediatr Clin North Am* 2006 Apr;53(2):167-94
2. Cincinnati Children's Hospital Medical Center. Fever of uncertain source in infants 60 days of age or less. Evidence Based Care Guideline. Original Publication Date: May 15, 1998; Last revised publication Date: October 27, 2010 (Guideline 02)
3. Cincinnati Children's Hospital Medical Center. Outpatient evaluation and management of fever of uncertain source in children 2 to 36 months of age. Evidence Based Clinical Practice Guideline. Publication date: February 29, 2003; Revision Publication Date: October 27, 2003 (Guideline 10)
4. Baraff LJ. Management of Fever Without Source in Infants and Children. State of the art. *Annals of Emergency Medicine* 2000; 36(6): 602-614

5. Chow A, Robinson JL. Fever of unknown origin in children: a systematic review. *World J Pediatr* 2011; 7: 5-10
6. Palazzi DL et al. Approach to the child with fever of unknown origin. <http://www.uptodate.com/contents/approach-to-the-child-with-fever-of-unknown-origin/contributors> (Last updated: Feb 16 2012; Accessed August 2012)
7. Dayal R, Agarwal D. Fever in Children and Fever of Unknown Origin. *Indian J Pediatr* 2015; Mar 1 [Epub ahead of print] PMID: 25724501
8. Coburn HA et al. Fever without a source in children 3 to 36 months of age. <http://www.uptodate.com/contents/fever-without-a-source-in-children-3-to-36-months-of-age> (last updated: Jun 29 2015; ultimo accesso novembre 2015)
9. American College of Radiology. ACR Appropriateness Criteria®. Fever without source- Child. Expert Panel on Pediatric Imaging: Coley BD et al. Date of origin: 1999; Last Review Date: 2015 (Accessed January 2016) (<http://www.acr.org/~media/ACR/Documents/AppCriteria/Diagnostic/FeverWithoutSourceChild.pdf>)
10. Sur DK, Bukont EL. Evaluating Fever of Unidentifiable Source in Young Children. *American Family Physician* 2007; 75 (12): 1805-1811
11. Baraff LJ et al. Practice guideline for the management of infants and children 0 to 36 months of age with fever without source. Agency for health Care policy and Research (Published correction appears in *Ann Emerg Med* 1993; 22: 1490). *Ann Emerg Med* 1993; 22: 1198-1210
12. Baraff LJ. Management of infants and young children with fever without source. *Pediatr Ann* 2008; 37 (10): 673-679
13. Dagan R et al. Ambulatory care of febrile infants younger than 2 months of age classified as being at low risk for having serious bacterial infections. *J Pediatr* 1988; 112: 355-360
14. Baker MD et al. Outpatient management without antibiotics of fever in selected infants. *New Engl J Med* 1993; 329: 1437-1441
15. Baskin MN et al. Outpatient treatment of febrile infants 28 to 89 days of age with intramuscular administration of ceftriaxone. *J Pediatr* 1992; 120: 22-27
16. Pantell RH et al. Management and outcomes of care of fever in early infancy. *JAMA* 2004; 291: 1203-1212
17. Massin MM et al. Management of fever without source in young children presenting to an emergency room. *Acta Paediatr* 2006; 53(2): 167-194
18. Book I. Unexplained fever in young children: how to manage severe bacterial infection. *BMJ* 2003; 327 (7423): 1094-1097 (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC261750/>)
19. Goldman RD et al. Practice variations in the treatment of febrile infants among pediatric emergency physicians. *Pediatrics* 2009; 124(2): 439-445 <http://neoreviews.aappublications.org/content/pediatrics/124/2/439.full>
20. American College of Emergency Physicians. Clinical policy for children younger than three years presenting to the emergency department with fever. *Ann Emerg Med* 2003;42:530-545

21. Tolan RW jr. Fever of unknown origin: a diagnostic approach to this vexing problem. *Clin Pediatr (Phila)* 2010; 49(3): 207-213
22. Antonyaraja B, Mukundan D. Fever without apparent source on clinical examination. *Curr Opin Pediatr* 2008; 20(1): 96-102
23. Machado BM et al. Fever without source: evaluation of a guideline *J Pediatr (Rio J)* 2009; 85(5): 426-432
24. Newman TB, et al. Interpreting complete blood counts soon after birth in newborns at risk for sepsis. *Pediatrics* 2010; 126: 903-909
25. Hernandez DA, Nguyen V. Fever Infants < 3 months old: what is the current standard? *Pediatric Emergency Medicine Reports* 2011; 16(1): 2-15
26. Arnon S, Litmanovitz I. Diagnostic tests in neonatal sepsis. *Current Opinion in Infectious Diseases* 2008; 21: 223-227
27. Vouloumanou EK, et al. Serum procalcitonin as a diagnostic marker for neonatal sepsis: a systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Med* 2011; 37: 747-762
28. Srinivasan L, Harris MC. New technologies for rapid diagnosis of neonatal sepsis. *Curr Opin Pediatr* 2012; 24: 165-171
29. Pierce R et al. Use of procalcitonin for the prediction and treatment of acute bacterial infection in children. *Curr Opin Pediatr* 2014; 26 (3): 292-298

Tabella 3. Bambino di 1-36 mesi senza segni o sintomi respiratori

Procedura diagnostica	ACR*	Indicazioni	Osservazioni	RRL
Radiografia del torace	2	Non indicata	Perché l'esame sia giustificato devono essere presenti indicazioni cliniche di malattia toracica oppure il bambino deve apparire sofferente ^{4,12}	☼ ($< 0,03$ mSv)

Modificata con il permesso dell'American College of Radiology (ACR) da ACR Appropriateness Criteria®. Fever without source-Child (date of origin 1999 - last review 2015).⁹ *Criteri di appropriatezza dell'ACR = 1,2,3: generalmente non appropriato; 4,5,6: potrebbe essere appropriato; 7,8,9: generalmente appropriato. RRL = livello di radiazione relativo (tra parentesi: intervallo di dose efficace in età pediatrica)

Tabella 3

SCENARIO 1
Tabella 4. Bambino di 1-36 mesi con segni o sintomi respiratori o con febbre $\geq 39^{\circ}\text{C}$ e $\text{WBC} \geq 20.000/\text{mm}^3$

Procedura diagnostica	ACR*	Indicazioni	Osservazioni	RRL
Radiografia del torace	9	Indicata ^{4,9,12,17-19}	Perché l'esame sia giustificato devono essere presenti indicazioni cliniche di malattia toracica oppure il bambino deve apparire sofferente ^{4,12}	☼ ($< 0,03$ mSv)

Modificata con il permesso dell'American College of Radiology (ACR) da ACR Appropriateness Criteria®. Fever without source-Child (date of origin 1999 - last review 2015).⁹ *Criteri di appropriatezza dell'ACR = 1,2,3: generalmente non appropriato; 4,5,6: potrebbe essere appropriato; 7,8,9: generalmente appropriato. RRL = livello di radiazione relativo (tra parentesi: intervallo di dose efficace in età pediatrica)

Tabella 4

SCENARIO 2

Tabella 5. Neonato con o senza segni respiratori

Procedura diagnostica	ACR*	Indicazioni	Osservazioni	RRL
Radiografia del torace	8	In presenza di segni e sintomi respiratori		☼ ($< 0,03$ mSv)
Radiografia del torace	5	In assenza di segni e sintomi respiratori	Potrebbe essere appropriata, ma le indicazioni del panel ACR ⁹ sul beneficio dell'impiego di routine della radiografia del torace nei neonati senza sintomi respiratori non sono univoche	☼ ($< 0,03$ mSv)

Modificata con il permesso dell'American College of Radiology (ACR) da ACR Appropriateness Criteria®. Fever without source-Child (date of origin 1999 - last review 2015).⁹ *Criteri di appropriatezza dell'ACR = 1,2,3: generalmente non appropriato; 4,5,6: potrebbe essere appropriato; 7,8,9: generalmente appropriato. RRL = livello di radiazione relativo (tra parentesi: intervallo di dose efficace in età pediatrica)

Tabella 5



SCENARIO 3

Tabella 6. Bambino di 0-36 mesi con febbre di origine sconosciuta (FUO)

Procedura diagnostica	ACR*	Indicazioni	Osservazioni	RRL
Radiografia del torace	7	Potrebbe escludere addensamenti parenchimali e adenopatie	Scarse le evidenze a favore. Tuttavia, trattandosi di un esame che comporta una bassa esposizione alle radiazioni, è indicato in molti algoritmi gestionali pubblicati ^{6,9}	☺ (< 0,03 mSv)
Ecografia dell'addome	6			0 (0 mSv)
TC del torace con mdc	5			☺☺☺☺ (3-10 mSv)
TC del torace senza mdc	4			☺☺☺☺ (3-10 mSv)
TC dell'addome con mdc	4			☺☺☺☺ (3-10 mSv)
TC dei seni paranasali senza mdc	4			☺☺☺☺ (0,3-3 mSv)
FDG/PET/TC base cranio-metà coscia	4	Non indicata di routine	Potrebbero fornire qualche informazione in caso di febbre persistente e di negatività delle precedenti indagini laboratoristiche e strumentali	☺☺☺☺☺☺ (10-30 mSv)
TC dei seni paranasali con mdc	3			☺☺☺☺ (0,3-3 mSv)
RM total body senza mdc	3			0 (0 mSv)
Tc dell'addome senza mdc	2			☺☺☺☺ (3-10 mSv)
RM total body senza e con mdc**	2		Potrebbe essere presa in considerazione qualora le indagini cliniche e di imaging risultassero negative	0 (0 mSv)
TC del torace senza e con mdc**	1	Non indicata		☺☺☺☺ (3-10 mSv)
TC dell'addome senza e con mdc**	1	Non indicata		☺☺☺☺☺☺ (10-30 mSv)
TC dei seni paranasali senza e con mdc**	1	Non indicata		☺☺☺☺ (3-10 mSv)

Modificata con il permesso dell'American College of Radiology (ACR) da ACR Appropriateness Criteria®. Fever without source-Child (date of origin 1999 - last review 2015).⁹ *Criteri di appropriatezza dell'ACR = 1,2,3: generalmente non appropriato; 4,5,6: potrebbe essere appropriato; 7,8,9: generalmente appropriato. Abbreviazioni: FDG-PET= fluorodesossiglucosio-tomografia a emissione di positroni; mdc= mezzo di contrasto; RRL = livello di radiazione relativo (tra parentesi: intervallo di dose efficace in età pediatrica); TC = tomografia computerizzata

Tabella 6



SCENARIO 4

Tabella 7. Bambino con febbre e neutropenia

Procedura diagnostica	ACR *	Indicazioni	Osservazioni	RRL
TC del torace con mdc	6	Nei bambini sottoposti a trapianto di midollo osseo o immunodepressi	Poco utile in assenza di rilievi all'esame obiettivo. Tuttavia, nei pazienti sottoposti a trapianto di midollo osseo e in altri casi a particolare rischio di infezioni batteriche o fungine, la TC del torace fornisce informazioni cliniche utili all'identificazione di infezioni occulte e dovrebbe essere eseguita anche con radiografia del torace negativa	☹☹☹☹ (3-10 mSv)
Radiografia del torace	5	Indicata solo in presenza di segni e sintomi respiratori	Potrebbe escludere addensamenti parenchimali e adenopatie	☹ ($< 0,03$ mSv)
TC del torace senza mdc	5	Generalmente non indicata	Potrebbe essere appropriata in presenza di sintomi respiratori o nel paziente sottoposto a trapianto di midollo osseo	☹☹☹☹ (3-10 mSv)
TC dell'addome con mdc	5	Nei bambini sottoposti a trapianto di midollo osseo o immunodepressi	Da prendere in considerazione nei pazienti sottoposti a trapianto di midollo osseo. Nei pazienti neutropenici che non rispondono a terapia antibiotica potrebbe identificare un'infezione fungina diffusa	☹☹☹☹ (3-10 mSv)
TC dei seni paranasali con mdc	4	Nei bambini sottoposti a trapianto di midollo osseo o immunodepressi	L'imaging cerebrale e il mezzo di contrasto sono essenziali se si sospetta un coinvolgimento del sistema nervoso centrale	☹☹☹ (0,3-3 mSv)
TC dei seni paranasali senza mdc	4	Generalmente non indicata	Da considerare nei pazienti con trapianto di midollo osseo e/o se sussistono forti controindicazioni alla somministrazione del mezzo di contrasto	☹☹☹ (0,3-3 mSv)
Tc dell'addome senza mdc	2	Non indicata		☹☹☹☹ (3-10 mSv)
TC del torace senza e con mdc**	1	Non indicata		☹☹☹☹ (3-10 mSv)
TC dell'addome senza e con mdc**	1	Non indicata		☹☹☹☹☹ (10-30 mSv)
TC dei seni paranasali senza e con mdc**	1	Non indicata		☹☹☹☹ (3-10 mSv)

Modificata con il permesso dell'American College of Radiology (ACR) da ACR Appropriateness Criteria®. Fever without source-Child (date of origin 1999 - last review 2015).⁹ *Criteri di appropriatezza dell'ACR = 1,2,3: generalmente non appropriato; 4,5,6: potrebbe essere appropriato; 7,8,9: generalmente appropriato; ** la procedura completa consiste in un primo esame senza mdc seguito da un secondo esame con mdc. Abbreviazioni: mdc= mezzo di contrasto; RRL = livello di radiazione relativo (tra parentesi: intervallo di dose efficace in età pediatrica); TC = tomografia computerizzata

Tabella 7
SCENARIO 5

XIII. Infettivologia pediatrica – Rinosinusite batterica

Definizione e classificazione

La **rinosinusite batterica** è un'infezione a eziologia infettiva di uno o più seni paranasali con simultaneo interessamento nasale. È un disturbo molto comune in età pediatrica, generalmente privo di serie complicazioni, la cui diagnosi viene posta in base a criteri anamnestici e clinici in bambini che accusano sintomi di infezione acuta delle vie aeree superiori gravi o persistenti¹⁻⁶ (o che si ripresentano entro breve tempo dopo un'apparente risoluzione)³. Sono definiti **gravi** sintomi quali: temperatura corporea $\geq 39^{\circ}\text{C}$ (misurazione ascellare) e rinorrea purulenta presenti contemporaneamente per almeno 2-4 giorni consecutivi; ^{1,2} sono considerati **persistenti** i sintomi che hanno una durata superiore a 10-14 giorni e inferiore a 30 giorni.^{1,2}

È indicativa di rinosinusite batterica una sintomatologia che comprende: rinorrea persistente (non necessariamente purulenta) senza segni di miglioramento, alitosi nei bambini più piccoli, febbre (che può mancare) e tosse nelle ore diurne (che potrebbe peggiorare nelle ore notturne). Nei bambini di età scolare potrebbe essere presente cefalea (dolore intenso in sede sovraorbitaria o retroorbitaria). La classificazione più comune si basa sulla durata dei sintomi (Tabella 1) e distingue la patologia in:

- **rinosinusite acuta** ► sintomi persistenti per più di 10 giorni e meno di 30 giorni, con completa risoluzione
- **rinosinusite subacuta** ► sintomi persistenti per più di 30 giorni e meno di 90 giorni, con completa risoluzione
- **rinosinusite cronica** ► sintomi persistenti per più di 90 giorni, con persistenza di sintomatologia respiratoria residua (tosse, rinorrea, ostruzione nasale e alterazione dei seni rilevabile alle indagini strumentali)
- **rinosinusite acuta ricorrente** ► episodi di rinosinusite acuta a presentazione periodica (almeno 3 episodi in 6 mesi o almeno 4 episodi all'anno), separati da intervalli di almeno 10 giorni nei quali il paziente è totalmente asintomatico.

Tabella 1. Classificazione della rinosinusite batterica in età pediatrica

Rinosinusite acuta
Rinosinusite subacuta
Rinosinusite cronica
Rinosinusite acuta ricorrente

Fonte: Esposito S, Principi N. *Italian Journal of Pediatrics* 2008; 33(1): S2-S13³

Indicazioni al percorso radiodiagnostico

La diagnosi di rinosinusite batterica si basa su criteri clinici e la scelta di un eventuale approfondimento diagnostico dipende dalle caratteristiche della presentazione o dalla decisione di eseguire un intervento chirurgico curativo. L'American College of Radiology (ACR) identifica tre scenari clinici per il bambino affetto da rinosinusite batterica: patologia acuta non complicata, patologia che non risponde al trattamento o cronica e patologia con complicazioni a livello orbitale o intracranico (Tabella 2), ognuno dei quali è caratterizzato da indicazioni specifiche all'esecuzione di esami di approfondimento mediante immagini.⁷

La **radiografia a raggi X** non è mai indicata per confermare la diagnosi clinica di rinosinusite batterica: l'esame radiografico standard dei seni paranasali è infatti causa frequente di errori per l'elevata difficoltà tecnica e per il numero elevato di falsi positivi e negativi (bassa specificità)³⁻⁸. Un limite importante dell'immagine radiografica è dato dalla sovrapposizione dei seni paranasali con altre strutture ossee e dall'impossibilità di valutare adeguatamente il complesso osteo-

meatale e sfenoetmoidale (punti chiave della diagnostica per immagini).¹⁻⁶

Inoltre, le proiezioni piane utilizzate (antero-posteriore, laterale, occipitale e occipito-mento di Waters) non consentono la differenziazione tra infezioni, neoplasie e polipi nel seno opacizzato.⁹ Anche la proiezione di Waters, considerata ideale per la valutazione dei seni mascellari, non permette di identificare la maggior parte delle anomalie dei seni etmoidali e sfenoidali e ha pertanto uno scarso valore diagnostico.⁹

La **tomografia computerizzata (TC)** è la metodica di scelta per lo studio delle modificazioni dei seni paranasali. In particolare, la **TC** è considerata la procedura gold standard in caso di rinosinusite persistente, ricorrente o cronica per l'ottima visualizzazione dell'anatomia dei seni (compresi i cambiamenti dei tessuti molli) e del complesso osteomeatale (che svolge un ruolo importante nella fisiopatologia dell'infiammazione dei seni). Inoltre la **TC** ha un'elevata sensibilità nell'identificare le anomalie che si verificano a livello dei seni paranasali, in particolare l'etmoide e lo sfenoide.⁹ La **TC** è utile infine per la valutazione delle complicazioni correlate alla patologia, in particolare quelle che riguardano l'orbita e le strutture intracraniche.⁷

La **TC** è pertanto indicata in caso di:

- sospetto di complicazioni correlate alla rinosinusite

Tabella 2. Scenari per la definizione dei percorsi radiodiagnostici nel bambino con febbre senza causa apparente

Scenario 1

Paziente pediatrico con rinosinusite batterica acuta non complicata

Scenario 2

Paziente pediatrico con rinosinusite batterica che non risponde al trattamento o con rinosinusite cronica

Scenario 3

Paziente pediatrico con rinosinusite batterica con complicazioni orbitali o intracraniche

Fonte: American College of Radiology (ACR) Appropriateness Criteria[®]. Sinusitis-Child (Date of origin 1995- Last review date: 2012)⁷

- persistenza dei sintomi nonostante la terapia antibiotica
- valutazione della necessità di intervento chirurgico.

L'impiego della **TC multidetettore a volume isometrico** permette di ottenere immagini coronali mediante elaborazione delle immagini assiali; ciò è particolarmente utile in caso di bambini molto piccoli e pertanto non sempre in grado di collaborare allo studio tomografico coronale diretto.⁷

La **risonanza magnetica (RM)**, in associazione alla **TC**, permette di studiare non solo la morfologia delle strutture ma anche le loro proprietà biochimiche e biofisiche intrinseche quali il contenuto acquoso, la densità cellulare, i depositi ematici o lipidici, la presenza di cicatrici o di fibrosi. Mentre la **TC** fornisce immagini dettagliate delle strutture ossee, la **RM** permette una migliore differenziazione dei tessuti molli. La **RM dei seni paranasali** consente di identificare l'ispessimento della mucosa, distinguendolo dalle secrezioni del seno; l'impiego del mezzo di contrasto a base di gadolinio aiuta a caratterizzare l'estensione della patologia o la sua diffusione al di là delle cavità nasali e paranasali (per esempio, neoplasie o processi granulomatosi); insieme alla **RM dell'encefalo** essa è indicata quando si sospettano complicazioni orbitali ed extraorbitali (per esempio ascessi) per l'elevata risoluzione dei tessuti molli eventualmente interessati dal processo infiammatorio ed è ideale per guidare l'intervento chirurgico.

La **RM** non è in grado di mostrare il dettaglio osseo del complesso osteomeatale e ha una bassa sensibilità nei confronti dei processi di erosione dell'osso. Ha il vantaggio di non comportare l'impiego di radiazioni ionizzanti, ma è un esame non sempre disponibile e richiede sedazione nei bambini di età < 6 anni. Per questi motivi la **RM dei seni paranasali** non è considerata l'esame di scelta per la valutazione della rinosinusite in età pediatrica.⁷ L'**ecografia a ultrasuoni dei seni paranasali** è considerata un esame obsoleto nell'approccio diagnostico alla rinosinusite per le limitate sensibilità e specificità rispetto alle indagini radiodiagnostiche più avanzate.^{3,9}

Scenario 1. Bambino con rinosinusite batterica acuta non complicata

Fino agli anni ottanta i bambini di età compresa tra 6 e 12 anni che presentavano sintomi gravi o persistenti erano valutati mediante radiografia a raggi X dei seni paranasali.⁹ Oggi il picco di incidenza della rinosinusite batterica nei bambini si registra a un'età inferiore a 6 anni ed è in genere sufficiente una storia clinica positiva per predire anomalie a carico dei seni.¹⁰ La diagnosi di rinosinusite batterica acuta si basa su criteri clinici ed esiste un consenso unanime sulla **non utilità** dell'impiego di routine delle indagini strumentali di immagine (Tabella 3).¹⁻¹¹ Ciò è motivato dal fatto che, sebbene la maggior parte dei bambini con diagnosi clinica presenti anomalie radiografiche che correlano con la rinosinusite non complicata, tale evidenza non modifica la gestione della malattia. L'approfondimento radiodiagnostico non aiuta inoltre a differenziare le diverse cause infettive. Si osserva infine un'elevata incidenza di rilievi anomali ai tessuti molli mediante **radiografia, TC e RM** in pazienti che non hanno alcuna evidenza clinica di patologia dei seni. Nei bambini ancor più che nell'adulto, per esempio, un comune raffreddore è sufficiente a indurre anomalie a livello della mucosa dei seni (comprese l'area osteomeatale e le vie aeree nasali) che possono perdurare per mesi dopo l'infezione acuta e che sono evidenziabili alle indagini mediante immagine senza essere per questo indicativi di rinosinusite batterica.

Scenario 1



TABELLA 3

Scenario 2. Bambino con rinosinusite batterica acuta che non risponde al trattamento o con rinosinusite cronica

In caso di rinosinusite che non risponde al trattamento antibiotico o di patologia cronica le indagini radiodiagnostiche mediante immagine sono utili per caratterizzare la malattia e per valutare eventuali alterazioni anatomiche a livello del naso e dei seni che potrebbero richiedere l'intervento chirurgico. La **TC dei seni paranasali senza mezzo di contrasto** è l'indagine gold standard per questo scenario clinico perché è in grado di definire accuratamente l'anatomia dei seni, in particolare a livello del complesso osteomeatale e dei recessi frontali (che svolgono un ruolo importante nei processi infiammatori),¹⁻⁴ oltre che di evidenziare le modificazioni dei tessuti molli (iperplasia e/o ipertrofia delle adenoidi, raccolta di liquido endosinusale, formazioni cistiche o polipi). Questo esame rappresenta pertanto l'indagine di scelta nei bambini con rinosinusite ricorrente o cronica che necessitano di chirurgia endoscopica funzionale del seno (FESS).¹⁻⁷

L'impiego diagnostico della **RM**, nonostante abbia il vantaggio di non essere associato a radiazioni ionizzanti, non è raccomandato per questa tipologia di pazienti poiché è meno sensibile della **TC** nel rilevare i dettagli anatomici ossei. Inoltre i costi elevati e la frequente necessità di sedare il bambino non ne giustificano l'uso di routine.

La **radiografia a raggi X dei seni paranasali**, pur essendo meno costosa e più facilmente disponibile della TC, non è indicata sia perché è difficile da eseguire nei bambini piccoli sia perché non è in grado di localizzare la patologia, né di valutare il complesso osteomeatale o le anomalie a carico del seno etmoidale e sfenoidale.⁶

Scenario 2



TABELLA 4

Scenario 3. Bambino con rinosinusite con complicazioni orbitali o intracraniche

Le complicazioni orbitali e intracraniche (cellulite a interessamento presettale o postsettale, ascesso subperiosteale, cellulite o ascesso orbitale, trombosi del seno cavernoso, osteomielite dell'osso frontale, empiema subdurale, ascesso epidurale o cerebrale, meningite, infarto cerebrale, o aneurisma miotico) sono condizioni poco frequenti nel bambino ma potenzialmente fatali e necessitano pertanto di una gestione immediata. Le infezioni che riguardano l'orbita hanno la tendenza a diffondere attraverso la lamina papiracea (un osso sottile che separa la parete orbitale mediale dai seni etmoidali).⁷ L'ascesso periostale della parete mediale è la complicazione orbitale più comune.

Per quanto riguarda le complicazioni intracraniche generalmente esse sono il risultato della diffusione dell'infezione dai seni frontali.⁷ Sono indicativi di complicazioni intracraniche sintomi quali: alterazione dello stato di coscienza, crisi convulsive, emiparesi e paralisi del nervo cranico.⁶ Il trattamento prevede la somministrazione endovenosa di antibiotici e l'intervento chirurgico.⁶

La **TC** e la **RM** - anche in combinazione - svolgono un ruolo fondamentale nella diagnosi e nella gestione delle complicazioni dell'infezione.^{7,9}

L'esame di scelta in caso di rinosinusite batterica complicata è la **TC con mezzo di contrasto**, in particolare quando si sospettano complicazioni orbitali (per esempio in presenza di proptosi, oftalmoplegia o riduzione della visione).^{4,5,9} La **TC** permette di valutare non solo i seni paranasali ma anche i dettagli orbitali (distinguendo in tal modo tra ascesso orbitale e periorbitale) e la deiscenza ossea della lamina papiracea, che potrebbe favorire la diffusione dell'infezione dall'etmoide all'orbita.⁹ La **TC** è infine fondamentale per la diagnosi di rinosinusite fungina.⁸

Sebbene non sia sensibile come la **TC** per l'identificazione dei dettagli ossei, la **RM con mezzo di contrasto** è indicata nella valutazione del coinvolgimento dei tessuti molli e ha una sensibilità elevata nell'identificazione delle complicazioni intracraniche (per esempio, meningite o ascesso epidurale). Poiché nei bambini con complicazioni orbitali è significativa la presenza di complicazioni intracraniche, la **RM con mezzo di contrasto** in associazione alla **TC** è raccomandata in tutti i casi sospetti.⁹

La **radiografia a raggi X dei seni paranasali non è indicata** nella valutazione delle complicazioni della rinosinusite.⁹

Scenario 3



TABELLA 5

Punti chiave

- Nei bambini che presentano sintomi respiratori persistenti o gravi la diagnosi di rinosinusite batterica si basa su criteri clinici e **non necessita** di indagini strumentali di immagine¹⁻⁹
- La **TC dei seni paranasali senza mezzo di contrasto** è la modalità di scelta nei pazienti con rinosinusite che non risponde al trattamento antibiotico oppure con rinosinusite cronica¹⁻⁶ ed è indicata nei casi che richiedono un intervento chirurgico (permette di avere un dettaglio estremamente preciso della situazione anatomica dei seni paranasali e delle alterazioni dei tessuti molli)¹⁻⁹
- La **TC e la RM con mezzo di contrasto** - anche in combinazione - svolgono un ruolo fondamentale nella diagnosi e nella gestione delle complicazioni dell'infezione.^{7,9} La loro combinazione è raccomandata in tutti i casi in cui si sospettino complicazioni orbitali associate a complicazioni intracraniche⁹
- La **TC dei seni paranasali o encefalica con mezzo di contrasto** è l'esame di scelta per la rinosinusite batterica complicata, in particolare quando si sospettano complicazioni orbitali^{4,5,9}
- La **RM dei seni paranasali o encefalica con mezzo di contrasto** è indicata nella valutazione del coinvolgimento dei tessuti molli e ha una sensibilità elevata nell'identificazione delle complicazioni intracraniche; il suo impiego è indicato in caso di complicazioni orbitali o intracraniche che non sono state dimostrate alla TC iniziale³
- La **TC** è fondamentale per la diagnosi di rinosinusite fungina⁹
- La **radiografia a raggi X** è un esame non accurato in quanto tecnicamente difficile e non specifico. In particolare l'indagine radiologica standard non consente di evidenziare il complesso osteomeatale e sfenoetmoidale e le anomalie a carico di queste strutture⁹
- L'**ecografia a ultrasuoni** dei seni paranasali è un esame obsoleto nell'approccio alla rinosinusite per le limitate sensibilità e specificità rispetto alle indagini radiodiagnostiche più avanzate^{3,9}

Bibliografia

1. Walds E et al. Clinical Practice Guideline for the diagnosis and management of acute bacterial sinusitis in children aged 1 to 18 years. *Pediatrics* 2013; 132: e262-e280 (www.pediatrics.org/cgi/doi/10.1542/peds.2013-1071)
2. American Academy of Pediatrics. Subcommittee on management of sinusitis and committee on quality improvement. Clinical practice guideline: management of sinusitis. *Pediatrics* 2001; 108 (3): 708-808
3. Esposito S, Principi N. La rinosinusite acuta e subacuta in età pediatrica: linee guida per l'approccio diagnostico-terapeutico. *Italian Journal of Pediatrics* 2008; 33(1): S 2-S 13
4. Chow AW et al. IDSA Clinical Practice Guideline for Acute Bacterial Rhinosinusitis in Children and Adults. *Clinical Infectious Diseases* 2012; 54(8): e72-112
5. Folkens WJ et al. European Position Paper on Rhinosinusitis and Nasal Polyposis. EPOS 2012. *Rhinology* 2012; 50(23)
6. Anzai Y, Paladin A. Diagnosis and management of acute and chronic sinusitis in children. In Evidence-based Imaging in pediatrics. Optimizing Imaging in pediatric

- care. 2010; Chapter 11: 141-159. Medina LS, Applegate KE, Blackmore CC. Springer Ed.
7. American College of Radiology. ACR appropriateness Criteria®. Sinusitis-Child. Date of origin 1999; last review date: 2012 (Accessed January 2016) (http://www.acr.org/departments/appropriateness_criteria/toc.html)
 8. Sinus and Allergy Health partnership. Antimicrobial treatment guidelines for acute bacterial rhinosinusitis. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2000; 125: 5-31
 9. Leo G et al. Sinus Imaging for Diagnosis of Chronic Rhinosinusitis in children. *Curr Allergy Asthma Rep* 2012; 12: 136-143
 10. Triulzi F, Zirpoli S. Imaging techniques in the diagnosis and management of rhinosinusitis in children. *Pediatr Allergy Immunol* 2007; 18(18): 46-49
 11. Anzai Y e Paladin A. Diagnostic imaging in 2009: update on evidence-based practice of pediatric imaging. What is the role of imaging in sinusitis? *Pediatric Radiology* 2010; 39 (2): 239-241

Tabella 3. Bambino con rinosinusite acuta non complicata

Procedura radiologica	ACR*	Indicazioni	RRL
Radiografia dei seni paranasali	1	Non indicata	☹️ (<0,03 mSv)
TC dei seni paranasali senza mdc	1	Non indicata	☹️☹️☹️ (0,3-3 mSv)
TC dei seni paranasali con mdc	1	Non indicata	☹️☹️☹️ (0,3-3 mSv)
TC dei seni paranasali senza e con mdc**	1	Non indicata	☹️☹️☹️☹️ (3-10 mSv)
RM dei seni paranasali senza mdc	1	Non indicata	0 (0 mSv)
RM dei seni paranasali senza e con mdc	1	Non indicata	0 (0 mSv)

Modificata con il permesso dell'American College of Radiology (ACR). ACR Appropriateness Criteria*. Sinusitis-Child (date of origin 1995 - last review date: 2012).⁷ *Criteri di appropriatezza dell'ACR = 1,2,3: generalmente non appropriato; 4,5,6: potrebbe essere appropriato; 7,8,9: generalmente appropriato; ** la procedura completa prevede un primo esame senza mdc seguito da un secondo con mdc. Abbreviazioni: mdc= mezzo di contrasto; RM = risonanza magnetica; RRL = livello di radiazione relativo (tra parentesi: intervallo di dose efficace in età pediatrica); TC = tomografia computerizzata

Tabella 3



SCENARIO 1

Tabella 4. Bambino con rinosinusite acuta che non risponde al trattamento o con rinosinusite cronica

Procedura radiologica	ACR*	Indicazioni	Osservazioni	RRL
TC dei seni paranasali senza mdc	9	Esame di scelta	Ha un'elevata sensibilità nell'identificazione delle anomalie anatomiche a carico dei seni paranasali, in particolare il complesso osteomeatale e i recessi frontali	☹☹☹☹ (0,3-3 mSv)
TC dei seni paranasali con mdc	3	Non indicata		☹☹☹☹ (0,3-3 mSv)
RM dei seni paranasali senza mdc	3	Non indicata	La qualità delle immagini non eguaglia quella della TC	0 (0 m Sv)
RM dei seni paranasali senza e con mdc**	3	Non indicata		0 (0 m Sv)
TC dei seni paranasali senza e con mdc**	2	Non indicata	Potrebbe essere utile nella diagnosi delle rinosinusiti causate da aspergilloso	☹☹☹☹☹ (3-10 mSv)
Radiografia dei seni paranasali	1	Non indicata		☹☹☹☹ (0,3-3 mSv)

Modificata con il permesso dell'American College of Radiology (ACR). ACR Appropriateness Criteria*. Sinusitis-Child (date of origin 1995 - last review date: 2012).⁷ *Criteri di appropriatezza dell'ACR = 1,2,3: generalmente non appropriato; 4,5,6: potrebbe essere appropriato; 7,8,9: generalmente appropriato; ** la procedura completa prevede un primo esame senza mdc seguito da un secondo con mdc. Abbreviazioni: mdc= mezzo di contrasto; RM = risonanza magnetica; RRL = livello di radiazione relativo (tra parentesi: intervallo di dose efficace in età pediatrica); TC = tomografia computerizzata

Tabella 4



SCENARIO 2

Tabella 5. Bambino con rinosinusite con complicazioni a livello orbitale o endocranico

Procedura radiologica	ACR*	Indicazioni	Osservazioni	RRL
TC dei seni paranasali con mdc	9	Indicata	Indicata in particolare in caso di cellulite periorbitale o ascesso ¹⁻⁴	☹☹☹ (0,3-3 mSv)
TC encefalica con mdc	9	Indicata	Dovrebbe essere eseguita selettivamente quando la semeiologia suggerisce una complicazione intracranica	☹☹☹ (0,3-3 mSv)
RM dei seni paranasali senza e con mdc**	7	Esame di approfondimento	Generalmente indicata nelle complicazioni delle infezioni locali dei seni, in particolare quando si sospetta una estensione intracranica ¹⁻⁵	0 (0 m Sv)
RM encefalica senza e con mdc**	7	Esame di approfondimento	Dovrebbe essere eseguita quando la semeiologia suggerisce complicazioni intracraniche che non sono state identificate alla TC iniziale	0 (0 m Sv)
RM dei seni paranasali senza mdc	3	Non indicata		0 (0 m Sv)
RM encefalica senza mdc	3	Non indicata	Dovrebbe essere eseguita quando la semeiologia suggerisce complicazioni intracraniche che non sono state identificate alla TC iniziale	0 (0 m Sv)
TC dei seni paranasali senza e con mdc**	2	Non indicata	Potrebbe essere utile nella diagnosi delle rinosinusi causate da aspergilloso	☹☹☹☹ (3-10 mSv)
TC encefalica senza e con mdc**	2	Non indicata	Dovrebbe essere eseguita selettivamente quando la semeiologia suggerisce una complicazione intracranica	☹☹☹☹ (3-10 mSv)
TC dei seni paranasali senza mdc	1	Non indicata		☹☹☹ (0,3-3 mSv)
TC encefalica senza mdc	1	Non indicata		☹☹☹ (0,3-3 mSv)
Radiografia dei seni paranasali	1	Non indicata		☹ (<0,03 mSv)

Modificata con il permesso dell'American College of Radiology (ACR). ACR Appropriateness Criteria- Sinusitis-Child (date of origin 1995 - last review date: 2012).⁷ *Criteri di appropriatezza dell'ACR = 1,2,3: generalmente non appropriato; 4,5,6: potrebbe essere appropriato; 7,8,9: generalmente appropriato; ** la procedura completa prevede un primo esame senza mdc seguito da un secondo con mdc; Abbreviazioni: mdc= mezzo di contrasto; RM = risonanza magnetica; RRL = livello di radiazione relativo (tra parentesi: intervallo di dose efficace in età pediatrica); TC = tomografia computerizzata

Tabella 3



SCENARIO 1

XIV. Ortopedia pediatrica - Zoppia

Inquadramento clinico

La zoppia può essere definita come un'alterazione della deambulazione, che si presenta con fasi scorrette di appoggio e/o di oscillazione del piede. È caratterizzata da un accorciamento della durata della fase di appoggio e potrebbe rappresentare un meccanismo compensatorio antalgico (rifiuto del carico).¹⁻³ È una condizione comune in età pediatrica, spesso di difficile interpretazione poiché rappresenta l'espressione clinica di numerose patologie di origine traumatica, congenita, infettiva o tumorale, ad ampia variabilità eziologica:⁴

- patologie ossee e articolari
- patologie neuromuscolari
- patologie che riguardano l'addome, i tessuti molli o il midollo spinale.

Le diverse fasi della crescita sono caratterizzate da condizioni patologiche differenti. Nel **bambino di 0-5 anni** - la fascia di età presa in esame in questo corso - le cause più comuni di zoppia sono le fratture (anche in assenza di trauma, per esempio fratture da torsione e fratture del piede o della tibia), la displasia evolutiva dell'anca (DEA), l'artrite settica (queste ultime più frequenti nel bambino di età ≤ 6 mesi), l'artrosinovite fugace e l'osteoma osteoide.⁴

Nella maggior parte dei casi l'**anamnesi** e l'**esame obiettivo**, associati agli **esami ematochimici** quando necessari, sono sufficienti a indirizzare la diagnosi (Tabella 1). In particolare la storia clinica indaga la presenza e la natura del dolore e i segni sistemici associati. Il rilievo di febbre, perdita di peso, sudorazione notturna e anoressia devono indurre a sospetto di infezione, infiammazione o tumore e richiedono la valutazione della conta dei globuli bianchi, della velocità di eritrosedimentazione (VES) e dei livelli di proteina C-reattiva. In caso di sospetto di artrite settica è necessaria l'artrocentesi urgente per la coltura e la conta batterica dell'aspirato articolare; l'emocultura e/o la coltura da materiale ottenuto dalla biopsia ossea sono indicate qualora si sospetti osteomielite.

L'**esame obiettivo** ha lo scopo di valutare la tipologia di zoppia e - se possibile - di localizzare il dolore. L'osservazione in piedi o a riposo - anche grazie all'impiego di manovre ortopediche specifiche (per esempio il segno di Galeazzi o il test di Trendelenburg) - permette di identificare la presenza di asimmetrie, eritemi, edemi o deformità, punti di fragilità o masse, debolezze degli abduttori dell'anca, possibili dismetrie degli arti inferiori o patologie a carico dell'articolazione sacroiliaca.^{3,5,6}

Tabella 1. Fasi del processo diagnostico nel bambino di 0-5 anni con zoppia

Anamnesi

- Età
- Esordio della sintomatologia (acuta, cronica)
- Durata
- Frequenza
- Caratteristiche
- Presenza o assenza di dolore
- Localizzazione
- Sintomi sistemici associati

Esame obiettivo

- Esame dell'andatura
- Esame in posizione eretta
- Esame su lettino

Esami ematochimici

- Velocità di eritrosedimentazione
- Proteina C reattiva
- Conta dei globuli bianchi

Indicazioni al percorso radiodiagnostico

Il ruolo della diagnostica per immagini nella valutazione del bambino con zoppia dipende dalla presentazione clinica oltre che dai segni e sintomi rilevati all'esame obiettivo. L'American College of Radiology (ACR) identifica alcuni scenari clinici di comune riscontro nel bambino di età compresa tra 0 e 5 anni, sulla base di criteri quali la localizzazione del dolore, il rilievo di segni di infezione (in particolare artrite settica) e la storia traumatica, che aiutano a definire il percorso radiodiagnostico (Tabella 2).⁴

La **radiografia convenzionale** e l'**ecografia** sono gli esami di scelta nel bambino che zoppica, rispettivamente per la valutazione delle lesioni scheletriche e delle patologie infettive e/o infiammatorie. In caso di dolore non localizzabile conseguente a trauma o nel paziente che non è in grado di indicare con precisione una sede, le evidenze suggeriscono di limitare l'indagine radiografica iniziale alla porzione inferiore della gamba (tibia e fibula), estendendola

solo in un secondo momento all'anca e alle estremità inferiori se l'indagine iniziale non avesse identificato alcuna anomalia.⁴⁻⁶ Nella maggior parte dei pazienti con trauma l'esame radiografico conferma quanto già rilevato all'esame clinico. La **radiografia a raggi X** dell'area di interesse è l'esame di scelta quando il dolore è localizzato e non sussiste alcun sospetto di infezione. L'esame radiografico permette di identificare le lesioni scheletriche e patologie quali la malattia di Legg-Calvé-Perthes (LCP) (peraltro più comune nei bambini di età > 5 anni)^{7,8} e l'osteomielite; viceversa non visualizza le fratture da tensione né patologie infettive quali l'artrite settica o la sinovite fugace, condizioni per le quali l'**indagine con ultrasuoni** è l'esame di scelta.

L'**ecografia** è indicata quando si sospetta la presenza di un'infezione o un versamento e quando il paziente non è in grado di indicare la sede dell'origine della sintomatologia. Pur essendo molto sensibile per l'identificazione dei versamenti articolari dell'anca, l'esame non permette la differenziazione certa tra fluidi sterili, emorragici o purulenti. Quando si osserva un versamento articolare dell'anca ed esiste un sospetto elevato di artrite settica deve essere eseguita con urgenza l'aspirazione guidata da ultrasuoni (o con fluoroscopia se l'ecografia non è disponibile) con la successiva analisi del fluido articolare. Le altre modalità di immagine svolgono ognuna un ruolo diverso a seconda della gravità e del tipo di presentazione clinica.

La **risonanza magnetica (RM)** ha sensibilità e specificità elevate e fornisce visualizzazioni eccellenti delle articolazioni, dei tessuti molli, delle cartilagini e dell'osso midollare.⁹⁻¹¹ Può essere eseguita in pazienti selezionati per la valutazione di eventuali complicanze, per la diagnosi differenziale o per la valutazione di lesioni di difficile interpretazione. L'esame è particolarmente utile per confermare la presenza di osteomielite, per definire la localizzazione e l'estensione delle masse tumorali primitive o delle metastasi, per identificare le fratture da tensione e per la diagnosi precoce della malattia di LCP; può essere d'aiuto nell'evidenziare anomalie del midollo osseo che si osservano più comunemente nell'artrite settica.

La **RM whole body** potrebbe essere utile nei bambini con lesioni multifocali e per differenziare gli infarti ossei dall'osteomielite.

Il ruolo della **tomografia computerizzata (TC)** e della **scintigrafia ossea con tecnezio-99** nel bambino con zoppia è limitato: la **TC non è mai indicata** poiché può essere sostituita dalla **RM**, che ha il vantaggio di non impiegare radiazioni ionizzanti; il suo impiego è giustificato solo quando la **RM** non è disponibile o è controindicata; la **scintigrafia ossea** è invece riservata all'ambito oncologico per la caratterizzazione delle neoplasie.¹²

Tabella 2. Scenari per la definizione del percorso radiodiagnostico nel bambino con zoppia da 0 a 5 anni

Scenario 1

Trauma, con patologia non localizzabile all'esame clinico e nessun sospetto di infezione

Scenario 2

Assenza di trauma, con patologia localizzata all'esame clinico e nessun sospetto di infezione

Scenario 3

Sospetto di infezione, in particolare di artrite settica

Fonte: American College of Radiology ACR Appropriateness Criteria. Limping child-ages 0-5 years (date of origin 1995 - last review date: 2012)⁴

Scenario 1. Trauma, con patologia non localizzata e nessun sospetto di infezione

Nel bambino con zoppia non sempre è possibile definire la localizzazione della patologia all'anamnesi e all'esame obiettivo, anche perché il paziente potrebbe non essere in grado di indicare una sede del dolore (verbalizzazione ancora assente). In caso di trauma senza localizzazione e nessun sospetto clinico di frattura femorale, sebbene sia prassi comune prescrivere un **esame radiografico che comprende l'area che va dall'anca alle estremità inferiori**, le evidenze suggeriscono di focalizzare l'indagine radiografica iniziale alla **porzione distale dell'arto inferiore**, in particolare a tibia e fibula, poiché le fratture tibiali costituiscono la diagnosi più comune in questo scenario (Tabella 3).⁴ In caso di esame negativo l'indagine può essere estesa all'anca e alle estremità inferiori (con arto/i esteso/i, in proiezione anteroposteriore; in proiezione ortogonale o assiale se sospetto di epifisiolisi). L'**ecografia** è suggerita quale esame di approfondimento in caso di radiografia negativa per escludere eventuali versamenti, rappresentando l'esame di scelta per la diagnosi di sinovite fugace o di altre patologie infettive a carico delle articolazioni sacroiliache. L'**esame ecografico** è indicato per la valutazione e il follow up dell'artrite giovanile idiopatica (è più sensibile della radiografia e dell'esame clinico per l'identificazione di effusioni, ipertrofia sinoviale e cisti sinoviali).⁴

Scenario 1



TABELLA 3

Scenario 2. Assenza di trauma, patologia localizzata e nessun sospetto di infezione

In questo scenario i pazienti potrebbero presentare un'evoluzione non acuta della zoppia o un trauma acuto senza testimoni. La diagnosi differenziale per questo scenario è ampia e riguarda diverse entità cliniche quali la sinovite fugace, la malattia di LCP, l'artrite giovanile idiopatica, la DEA, il maltrattamento fisico e il tumore. L'eventuale lesione traumatica viene valutata mediante **radiografia a raggi X dell'area di interesse**, esame indicato per l'identificazione delle lesioni ossee (Tabella 4). Per quanto riguarda invece la diagnosi differenziale, l'iter mediante immagine dipende dal quesito diagnostico.⁴ In caso di sospetto di sinovite fugace, l'**ecografia dell'anca** è l'esame di scelta per la diagnosi mentre l'**indagine radiografica** ha una bassa sensibilità e una scarsa specificità, pur essendo in grado di evidenziare alcuni segni (per esempio, la dilatazione dello spazio articolare dell'anca o la demineralizzazione della metafisi femorale prossimale). Poiché la sinovite fugace e l'artrite settica hanno alcune caratteristiche cliniche comuni, i test ematochimici o l'analisi del fluido articolare sono fondamentali dopo artrocentesi per la differenziazione delle due entità. Anche la **RM** può essere utile a tale scopo. In assenza di segni di sinovite fugace o di artrite settica si dirige il sospetto sulla malattia di LCP. La valutazione di LCP tradizionalmente inizia con l'**esame radiografico in proiezione antero-posteriore** poiché l'ecografia non permette di visualizzare il processo di necrosi nelle fasi iniziali. Per quanto riguarda l'artrite giovanile idiopatica, l'**ecografia** e la **RM** sono due metodiche eccellenti per la valutazione e il follow up di questa patologia; in particolare la prima è più sensibile della radiografia e dell'esame clinico per l'identificazione di effusioni, ipertrofia sinoviale e cisti sinoviali; la seconda è superiore sia all'ecografia sia alla radiografia nell'identificare e nel definire i danni articolari e cartilaginei dovuti all'infiammazione.⁴ I percorsi radiodiagnostici indicati nella DEA e nel maltrattamento fisico sono illustrati in dettaglio nelle due trattazioni che completano questo corso (vedi Displasia evolutiva dell'anca e Maltrattamento fisico).

Scenario 2



TABELLA 4

Scenario 3. Sospetto di infezione, in particolare di artrite settica

La zoppia in presenza di uno o più dei seguenti segni clinici o ematochimici - incapacità di sostenere il peso corporeo (nel lattante contrattura antalgica), febbre, conta elevata dei globuli bianchi, aumento della VES e/o della proteina C-reattiva - è indicativa di un processo infettivo (la predittività è del 98% quando sono presenti tutti e 5 i fattori).⁴ Le diagnosi differenziali in questo scenario riguardano in genere l'artrite settica (è la causa più comune di dolore acuto grave nel bambino), la sinovite fugace, l'osteomielite (più frequente nel bambino di età < 5 anni, con un picco intorno all'età di 3 anni), la discite (un raro processo infiammatorio o infettivo del disco intervertebrale) e l'ascesso del muscolo psoas.⁴ Possono essere presenti entità neoplastiche (per esempio, leucemia, osteosarcoma o sarcoma di Ewing).

La localizzazione del dolore è importante per la scelta della valutazione radiodiagnostica (Tabella 5): l'**ecografia dell'anca** permette una diagnosi rapida e accurata di effusione articolare quando il dolore è localizzato all'anca.

La presenza di esami ematochimici patologici è indicativa di artrite settica. L'aspirazione del fluido articolare con guida ecografica è l'esame gold standard per la diagnosi eziologica di artrite settica. Pur avendo una sensibilità minore rispetto alla RM, la **radiografia a raggi X dell'anca** è comunemente indicata quale indagine iniziale. Per la sua elevata sensibilità nei confronti delle lesioni muscoloscheletriche e dei processi infiammatori, la **RM** è indicata per la diagnosi di infezione, in particolare di osteomielite e piomiosite. In caso di artrite settica, questo esame potrebbe dimostrare l'associazione di osteomielite o di ascesso dei tessuti molli; la **RM** può essere eseguita successivamente all'ecografia qualora l'esame clinico suggerisca un'infezione di vecchia data. Quando il dolore non è localizzato all'anca ma alle estremità inferiori è indicata la **radiografia dell'area di interesse** seguita se necessario da una **RM** di approfondimento.⁴

Scenario 3



TABELLA 5

Punti Chiave

- La tipologia di indagine strumentale per immagine da utilizzare nel bambino con zoppia può essere determinata solo dopo un'accurata valutazione clinica. La presenza di una storia di trauma e/o di segni che suggeriscono la presenza di infezione può aiutare a focalizzare il percorso radiodiagnostico appropriato
- I percorsi diagnostici mediante immagine per gli scenari descritti (trauma, assenza di trauma senza segni di infezione, sospetto di infezione) variano a seconda delle diagnosi differenziali che si presentano in questi sottogruppi di pazienti
- Nel setting post-traumatico, con patologia non localizzabile all'esame clinico e nessun sospetto di infezione, l'impiego della **radiografia a raggi X** indirizzata all'area di interesse o alla zona tibiale è la modalità di indagine più appropriata per l'identificazione di eventuali lesioni scheletriche. L'**ecografia dell'anca** in caso di radiografia negativa esclude eventuali infezioni occulte
- In assenza di trauma, con patologia localizzata all'esame clinico e nessun sospetto di infezione, l'eventuale lesione traumatica viene valutata mediante **radiografia dell'area di interesse** mentre l'**ecografia dell'anca** è l'esame di scelta per la diagnosi di sinovite fugace
- Se sussiste il sospetto di infezione, in particolare di artrite settica, l'**ecografia dell'anca** permette una diagnosi rapida e accurata di effusione articolare (dolore localizzato all'anca); gli esami ematochimici e l'analisi del fluido articolare sono determinanti per la diagnosi eziologica di artrite settica
- La **RM** è la modalità di scelta per la diagnosi di infezione, in particolare di osteomielite e piomiosite (visualizza in maniera eccellente articolazioni, tessuti molli, cartilagini e osso midollare)

Bibliografia

1. Flynn JM, Widmann RF. The limping child: evaluation and diagnosis. *J Am Acad Orthop Surg.* 2001;9(2):89-98
2. Aronsson DD, Loder RT, Breur GJ, Weinstein SL. Slipped capital femoral epiphysis: current concepts. *J Am Acad Orthop Surg.* 2006; 14(12):666-679
3. Sawyer JR, Kapoor M. The limping child. A systematic approach to diagnosis. *Am Fam Physician.* 2009;79(3):215-224
4. American College of Radiology Appropriateness Criteria*. Limping child- ages 0-5 years (date of origin 1995 - last review date 2012)
(http://www.acr.org/SecondaryMainMenuCategories/quality_safety/app_criteria/pdf/ExpertPanelonPediatricImaging/LimpingChildUpdateinProgressDoc6.aspx)
5. Diagnostic imaging referral guidelines: a guide for physicians. Canadian Association of Radiologists (http://car.ca/uploads/membership/Guidelines_ENG.pdf) Accessed July 28, 2007
6. Diagnostic imaging pathways. Government of Western Australia Department of Health. (<http://www.imagingpathways.health.wa.gov.au/includes/dipmenu/Paeds.html>)
7. Lahdes-Vasama T, Lamminen A, Merikanto J, Marttinen E. The value of MRI in early Perthes' disease: an MRI study with a 2-year follow-up. *Pediatr Radiol.* 1997;27(6):517-522
8. Lamer S, Dorgeret S, Khairouni A, et al. Femoral head vascularisation in Legg-Calvé-Perthes disease: comparison of dynamic gadoliniumenhanced subtraction MRI with bone scintigraphy. *Pediatr Radiol.* 2002; 32(8):580-585
9. White PM, Boyd J, Beattie TF, Hurst M, Hendry GM. Magnetic resonance imaging as the primary imaging modality in children presenting with acute non-traumatic hip pain. *Emerg*

Med J. 2001;18(1):25-29

10. Futami T, Suzuki S, Seto Y, Kashiwagi N. Sequential magnetic resonance imaging in slipped capital femoral epiphysis: assessment of preslip in the contralateral hip. *J Pediatr Orthop B.* 2001;10(4):298-303
11. Stöver B, Sigmund G, Langer M, Brandis M. MRI in the diagnostic evaluation of osteomyelitis in children. *Eur Radiol.* 1994;4(4):347-352
12. Aronson J, Garvin K, Seibert J, Glasier C, Tursky EA. Efficiency of the bone scan for occult limping toddlers. *J Pediatr Orthop.* 1992;12(1):38-44

Tabella 3. Bambino claudicante con trauma, con patologia non localizzabile all'esame clinico e nessun sospetto di infezione

Procedura diagnostica	ACR*	Indicazioni	Osservazioni	RRL
Radiografia della gamba (tibia/fibula)	8	Indicata	Generalmente l'esame clinico accurato è sufficiente a identificare le fratture alle estremità inferiori In assenza di evidenza clinica di frattura del femore, inizialmente l'esame dovrebbe essere limitato a tibia e fibula, poiché la frattura a carico di questi segmenti è la diagnosi più comune in questo scenario	☼ (< 0,03 mSv)
Ecografia dell'anca	6	Esame di approfondimento		0 (0 mSv)
Radiografia dell'anca e degli arti inferiori	5	Esame di approfondimento	Può essere utilizzata quale esame secondario in caso di radiografia negativa della tibia e della fibula	☼☼ (0,03-0,3 mSv)
Radiografia del rachide lombare	5	Esame di approfondimento	L'esame è indicato con sospetto di spondilodiscite o nel bambino traumatico che non cammina (con sospetto schiacciamento dei somi vertebrali); in caso di ipotesi neurologica l'esame indicato è la RM del rachide Proiezioni frontale e laterale	☼☼ (0,03-0,3 mSv)
RM dal rachide lombare inferiore alle estremità inferiori senza mdc	5	Esame di approfondimento	È l'esame di scelta in caso di patologie dei tessuti molli e per l'identificazione di processi infiammatori articolari e di danni delle cartilagini; potrebbe essere utile nella differenziazione tra sinovite fugace e artrite settica Indicata in caso di radiografia dubbia, con sospetto di osteomielite o di neoplasia Per questo scenario sono limitati i dati riguardanti la somministrazione del mdc	0 (0 mSv)
RM dal rachide lombare inferiore alle estremità inferiori senza e con mdc**	5	Esame di approfondimento	È l'esame ottimale per le patologie dei tessuti molli. Per questo scenario sono limitati i dati riguardanti la somministrazione del mdc, il cui impiego si basa sulla valutazione dell'RM senza mdc È necessario valutare i rischi correlati alla sedazione dei pazienti	0 (0 mSv)

Modificata con i permesso dell'American College of Radiology (ACR). ACR Appropriateness Criteria. Limping child-ages 0-5 years (date of origin 1995 - last review date 2012).⁴ *Grado di appropriatezza secondo l'ACR = 1,2,3: generalmente non appropriato; 4,5,6: potrebbe essere appropriato; 7,8,9: generalmente appropriato; ** la procedura completa consiste in un primo esame senza mdc seguito da un secondo esame con mdc. Abbreviazioni: mdc = mezzo di contrasto; RM = risonanza magnetica; RRL = livello di radiazione relativo (tra parentesi: intervallo di dose efficace in età pediatrica); TC = tomografia computerizzata

TABELLA 3



Scenario 1

Tabella 4. Bambino con zoppia, in assenza di trauma, con patologia localizzata all'esame clinico e nessun sospetto di infezione

Procedura diagnostica	ACR*	Indicazioni	Osservazioni	RRL
Radiografia dell'area di interesse	9	Indicata	La radiografia dovrebbe visualizzare le aree al di sotto e al di sopra della regione di interesse Basse specificità e sensibilità per la sinovite fugace; la radiografia dell'anca è indicata nella valutazione precoce della malattia di Legg-Calvé-Perthes	Variabile
RM dell'area di interesse senza mdc	6	Esame di approfondimento	Nell'artrite giovanile idiopatica è superiore sia all'ecografia sia alla radiografia nell'identificare e nel definire danni articolari e cartilaginei dovuti all'infiammazione Devono essere considerati i rischi legati alla sedazione	0 (0 mSv)
RM dell'area di interesse senza e con mdc**	6	Esame di approfondimento	L'impiego dell'mdc si basa sulla valutazione dell'RM senza mdc Devono essere considerati i rischi legati alla sedazione	0 (0 mSv)
Ecografia dell'area di interesse	5	Esame di approfondimento	Può essere presa in considerazione in caso di masse palpabili a livello dei tessuti molli o di effusione articolare sospetta L'ecografia dell'anca è l'esame di scelta per la diagnosi di sinovite fugace; può dare falsi negativi (5% dei casi) per imperizia dell'operatore o perché l'analisi è troppo precoce Indicata per la valutazione e il follow up dell'artrite giovanile idiopatica, nell'ambito della quale risulta più sensibile della radiografia e dell'esame clinico per l'identificazione di effusioni, ipertrofia sinoviale e cisti sinoviali	0 (0 mSv)
TC dell'area di interesse senza mdc	3	Non indicata		Variabile
TC dell'area di interesse con mdc	2	Non indicata		Variabile
TC dell'area di interesse senza e con mdc**	1	Non indicata		Variabile

Modificata con i permesso dell'American College of Radiology (ACR). ACR Appropriateness Criteria. Limping child-ages 0-5 years (date of origin 1995 - last review date: 2012).⁴ *Grado di appropriatezza secondo l'ACR = 1,2,3: generalmente non appropriato; 4,5,6: potrebbe essere appropriato; 7,8,9: generalmente appropriato; ** la procedura completa consiste in un primo esame senza mdc seguito da un secondo esame con mdc. Abbreviazioni: mdc = mezzo di contrasto; RM = risonanza magnetica; RRL = livello di radiazione relativo (tra parentesi: intervallo di dose efficace in età pediatrica); TC = tomografia computerizzata

TABELLA 4**Scenario 2**

Tabella 5. Bambino claudicante con sospetto di infezione, in particolare di artrite settica

Procedura diagnostica	ACR*	Indicazioni	Osservazioni	RRL
Ecografia dell'anca	9	Indicata	Permette una diagnosi rapida e accurata di effusione articolare quando il dolore è localizzato all'anca	0
Radiografia dell'anca	8	Indicata	Pur avendo una sensibilità minore rispetto alla RM è comunemente indicata quale indagine iniziale	☹☹ (0,03-0,3 mSv)
RM dell'anca senza mdc	7	Esame di approfondimento	In caso di artrite settica può dimostrare l'associazione di osteomielite o di ascesso dei tessuti molli; potrebbe seguire l'ecografia se l'esame clinico suggerisse un'infezione di vecchia data Devono essere considerati i problemi legati alla sedazione	0 (0 mSv)
RM dell'anca senza e con mdc**	7	Esame di approfondimento	L'impiego dell'mdc si basa sulla valutazione dell'RM senza mdc Devono essere considerati i problemi legati alla sedazione	0 (0 mSv)
Radiografia del rachide lombare	5	Non indicata		☹☹ (0,03-0,3 mSv)
TC dell'area di interesse con mdc	4	Non indicata	Solo se la RM non è disponibile o è controindicata	Variabile
TC dell'area di interesse senza mdc	2	Non indicata		Variabile
TC dell'area di interesse senza e con mdc**	1	Non indicata		Variabile

Modificata con il permesso dell'American College of Radiology (ACR). ACR Appropriateness Criteria. Limping child-ages 0-5 years (date of origin 1995 - last review date 2012).⁴ *Grado di appropriatezza secondo l'ACR = 1,2,3: generalmente non appropriato; 4,5,6: potrebbe essere appropriato; 7,8,9: generalmente appropriato; ** la procedura completa consiste in un primo esame senza mdc seguito da un secondo esame con mdc. Abbreviazioni: mdc = mezzo di contrasto; RM = risonanza magnetica; RRL = livello di radiazione relativo (tra parentesi: intervallo di dose efficace in età pediatrica); TC = tomografia computerizzata

TABELLA 5**Scenario 3**

XIV. Ortopedia pediatrica - Displasia evolutiva dell'anca

Inquadramento clinico

Il termine displasia evolutiva dell'anca (DEA) si riferisce a tutte le anomalie dell'anca infantile caratterizzate da un'alterazione della forma e/o dei rapporti dei capi articolari¹. Conosciuta nel passato come displasia congenita dell'anca, la DEA racchiude uno spettro di anomalie dovute alla malformazione della forma dell'acetabolo (displasia) che determina l'errato posizionamento della testa femorale, variando dall'anca instabile (o ipermobile) all'anca lussata (**Tabella 1**). La displasia è circa 3 volte più frequente a sinistra (a causa della posizione preferibilmente occupata nell'utero nella quale l'anca sinistra preme contro la spina dorsale e limita la sua abduzione).⁶ La displasia di grado lieve (sublussazione o anomalie di forma dell'acetabolo) potrebbe non manifestarsi clinicamente nell'arco della vita ma predisporre a coxartrosi precoce, mentre la displasia grave ha maggiori probabilità di mostrarsi clinicamente durante l'infanzia.^{1,6}

I migliori risultati terapeutici si ottengono quando la terapia inizia precocemente (entro i primi giorni di vita).¹

I più comuni fattori di rischio di DEA sono:

- genere femminile (da 4 a 8 volte più diffusa nelle bambine; si ipotizza che ciò sia associato agli effetti degli estrogeni aggiuntivi prodotti dal feto che determina un aumento della lassità dei legamenti)
- presentazione podalica (arto podalico)
- storia familiare di DEA (nel 12-33% dei casi)
- primogenito
- macrosomia
- oligoidramnios (rilevante riduzione del liquido amniotico).⁶

È tuttora prassi comune - a livello nazionale e internazionale - condurre programmi di screening clinico e/o ecografico alla nascita per la DEA con l'obiettivo di identificare la patologia in età precoce, quando la terapia è più efficace e meno invasiva. Il ritardo di diagnosi (per esempio, dopo l'età di 6 mesi) aumenta infatti il rischio sia di complicanze che richiedono la correzione chirurgica sia di dolore cronico o di artrosi degenerativa. Tuttavia le più recenti evidenze mostrano che la maggior parte delle DEA diagnosticate clinicamente (60-80%) o mediante l'esame ecografico (90%) **si risolve spontaneamente**. L'utilizzo dell'approccio ecografico per tutti comporta il rischio di trattamenti inutili (*overtreatment*) e dannosi (aumentato rischio di necrosi avascolare della testa femorale da 0 a 60%).²

È tuttora controverso il ruolo dei diversi test diagnostici disponibili, dei tempi nei quali lo screening dovrebbe essere effettuato, dell'opportunità o meno di limitare l'indagine ai bambini con fattori di

Tabella 1. Classificazione della displasia evolutiva dell'anca secondo Graf

Esame clinico	Classificazione di Graf
Anca normale	Tipo 1 (1A, 1B, 2A+)
Anca ipermobile	Tipo 2 (2A, 2B, 2C, 2D)
Anca lussabile	Tipo 3 (3A, 3B)
Anca lussata	Tipo 4

Fonte: Modificata da: Mazzoleni E et al. *Medico e Bambino* 2007; 26: 51-53

rischio e le indicazioni a tale riguardo non sono univoche. La direzione verso la quale si sta procedendo è quella di **abbandonare lo “screening” ecografico universale** (non è uno screening in senso stretto, prevede la valutazione di tutti i neonati e i lattanti e attualmente si effettua in modo non uniforme sul territorio) a favore di **un’indagine ecografica selettiva**, limitando la valutazione ai neonati con esame obiettivo patologico o con fattori di rischio, con il fine di ridurre trattamenti inutili per tutte quelle condizioni che sono destinate a risolversi spontaneamente.^{3,6} In linea generale, le raccomandazioni nei confronti dello screening nei diversi Paesi sono le seguenti:

- negli Stati Uniti è raccomandato lo screening mediante esame obiettivo a tutti i neonati e l’ecografia è limitata ai bambini con esame obiettivo patologico o con fattori di rischio^{3,7,9}
- in Canada è raccomandato l’esame clinico di routine nei periodici bilanci di salute fino all’età di 12 mesi e la stretta osservazione dei neonati con DEA identificata clinicamente¹⁰
- in Gran Bretagna si raccomanda lo screening clinico dei neonati, riservando l’ecografia ai progetti di ricerca¹¹
- in Italia - come già accennato - la pratica dello “screening” con ultrasuoni è una procedura attuata in modo non uniforme sul territorio, applicata con criteri e metodi tra i più vari a seconda dei diversi contesti (solo clinico, clinico ed ecografico, ecografico a tutti i nati, ecografico solo ai nati a rischio).¹² Alla luce delle recenti evidenze scientifiche^{7,8,13} l’orientamento prevalente è quello che fa riferimento all’American Academy of Pediatrics³ che raccomanda **l’indagine ecografica selettiva nei bambini con fattori di rischio e con esame obiettivo patologico** e la sorveglianza clinica a ogni visita pediatrica nei primi 12 mesi di vita.

Indicazioni al percorso radiodiagnostico

L’esame obiettivo ha un ruolo fondamentale nella diagnosi precoce di DEA e si basa su criteri clinici (tra i più importanti i test di Ortolani/Barlow, asimmetria all’abduzione $\geq 20^\circ$) e anamnestici (familiarità di primo grado e presentazione podalica).¹⁴

L’indagine clinica inizia con l’osservazione di entrambe le estremità e con l’esecuzione delle **manovre di Ortolani e di Barlow**, che consistono nella ricerca del “segno di scatto” rispettivamente in entrata e in uscita della testa femorale dall’acetabolo^{15,16} e sono indicate nelle prime 4 settimane di vita. Dopo tale età sono indicati i **test di Galeazzi e di abduzione**. Il primo si esegue con il bambino in posizione supina ed entrambe le estremità flesse e consiste nell’osservare l’eventuale disuguaglianza tra le altezze delle due ginocchia (segno di Galeazzi positivo);¹⁷ il test dell’abduzione permette di individuare l’abduzione limitata dell’arto displasico ($< 60^\circ$).¹⁷

La sensibilità e la specificità dell’esame clinico dipende dall’esperienza dell’operatore.

Il percorso radiodiagnostico si basa essenzialmente sull’età del bambino⁶ (**Tabella 2**) e prevede l’impiego di **ecografia** e **radiografia a raggi X** quali metodiche di scelta per confermare la diagnosi clinica, per monitorare lo sviluppo dell’anca dopo il trattamento e per valutare gli esiti a lungo termine.

L’**ecografia** (modalità statica di Graf¹⁶ o dinamica di Harcke) è indicata nei primi mesi di vita (fino 4 mesi) in quanto permette la visualizzazione diretta delle porzioni cartilaginee dell’anca che non sono visibili alla radiografia.⁶ La tecnica più diffusa in Italia è quella di Graf, che consiste nello studio statico dell’articolazione; negli Stati Uniti è invece comunemente utilizzata la modalità dinamica di Harcke, che permette lo studio dell’articolazione durante le manovre che tendono ad allontanare la testa del femore dal fondo dell’acetabolo (prova dinamica da stress).¹

La pratica clinica suggerisce che l’ecografia possa essere eseguita con successo anche nei bambini di età > 4 mesi (fino a un’età massima di 12 mesi), a seconda del grado di calcificazione dell’epifisi femorale (l’ossificazione della testa del femore inizia generalmente tra 2 e 8 mesi d’età). Ciò

permetterebbe di ridurre il numero di neonati da esporre a radiazioni ionizzanti, riservando la radiografia ai casi che risultano patologici all'ecografia (di contro, risulta che dopo l'età di 4 mesi la

Tabella 2. Scenari per la valutazione radiodiagnostica nel bambino con displasia evolutiva dell'anca

Scenario 1

Età < 4 mesi, sospetto clinico di DEA (rilievi fisici patologici o presenza di fattori di rischio)

Scenario 2

Età ≥ 4 mesi, sospetto clinico di DEA (abduzione limitata, zoppia o dismetria degli arti inferiori)

Modificata da'American College of Radiology (ACR). ACR Appropriateness Criteria®. Developmental Dysplasia of the Hip-Child (date of origin 1999 - last review 2013).⁶

radiografia a raggi X presenta meno falsi negativi e positivi rispetto all'ecografia e pertanto rappresenta l'esame più adeguato).

All'aumentare dell'entità dell'ossificazione la **radiografia a raggi X** assume sempre più valore; la proiezione tipica è quella frontale, con gli arti inferiori in posizione neutrale. In caso di anca dislocata o displasica è possibile eseguire una seconda visualizzazione (posizione della rana) per osservare la riduzione della lussazione. La valutazione dell'immagine radiografica è prettamente visiva, anche se l'indice acetabolare (valore normale < 30°) rappresenta un parametro oggettivo che potrebbe essere utilizzato nella diagnosi e nel follow up dei pazienti con DEA.¹⁸

Scenario 1. Bambino di età < 4 mesi con sospetto clinico di DEA (rilievi fisici patologici o presenza di fattori di rischio)

L'**ecografia** è l'esame di scelta per l'identificazione di DEA durante i primi mesi di vita (Tabella 3) nelle seguenti presentazioni cliniche:³

- età < 4 settimane, manovra Ortolani e/o Barlow positiva
- età < 4 mesi, test di Galeazzi e/o di abduzione positivo
- età < 4 mesi, presentazione podalica o storia familiare positiva (nessun rilievo all'esame obiettivo)

L'esame ecografico consente la visualizzazione di tutti i componenti dell'anca (scheletrici e cartilaginei) fin dalla nascita ed è indicata in caso di esame obiettivo patologico. La tecnica maggiormente utilizzata in Italia per la valutazione di tutti i quadri di DEA, dai più lievi ai più gravi, è quella statica di GRAF.¹⁵⁻¹⁸

La **radiografia ai raggi X** non è indicata nei bambini di età < 4 mesi poiché nei primi mesi di vita le teste femorali sono interamente cartilaginee; l'esame radiografico consente una corretta valutazione dei rapporti e della morfologia dei capi articolari soltanto quando le strutture scheletriche hanno raggiunto un grado sufficiente di mineralizzazione.

Il follow up nel bambino con DEA trattato prevede un **esame ecografico mensile** fino al quarto mese, seguito da **radiografia delle anche** al quinto mese. Con radiografia negativa l'indagine si limita a un esame radiografico all'anno di vita con valutazione clinica della deambulazione.

Scenario 1



TABELLA 3

Scenario 2. Età ≥ 4 mesi, sospetto clinico di DEA (abduzione limitata, zoppia o dismetria degli arti inferiori)

Nei bambini di età ≥ 4 mesi, con la comparsa dell'ossificazione della testa femorale, la **radiografia a raggi X** è l'esame diagnostico più affidabile (Tabella 4).^{3,4}

L'esame radiografico consiste soprattutto in una valutazione visiva e può essere utile a:

- valutare le anche nei bambini con diagnosi clinica di DEA
- controllare lo sviluppo dell'anca dopo il trattamento
- osservare gli esiti a lungo termine

La dislocazione teratogena dell'anca avviene precocemente nell'utero ed è spesso associata a patologie neuromuscolari, quali mielodisplasia o artrogriposi (fissazione prenatale delle articolazioni in flessione), o a diverse sindromi dismorfiche. In presenza di tali condizioni cliniche, la **radiografia a raggi X** è utile per valutare la presenza di anomalie ossee.^{3,4}

Scenario 2



TABELLA 4

Punti chiave

- Il valore dell'**approccio ecografico selettivo** nei neonati e lattanti con esame obiettivo patologico è stato dimostrato in uno studio prospettico multicentrico condotto in Gran Bretagna: l'impiego dell'esame con ultrasuoni nei neonati con instabilità dell'anca diagnosticata clinicamente ha permesso una riduzione dei trattamenti inutili e non ha determinato un aumento del numero di diagnosi di DEA o di interventi chirurgici⁸
- Un'analisi recente condotta dal Children's Hospital di Boston ha concluso che la strategia ottimale, associata alla probabilità più elevata di non soffrire di artrosi dell'anca all'età di 60 anni, è rappresentata dallo screening di tutti i neonati mediante esame obiettivo, utilizzando l'ecografia dell'anca selettivamente per i neonati a rischio⁷
- L'**ecografia** è l'esame di scelta nel bambino di età < 4 mesi per l'identificazione di DEA in caso di esame obiettivo patologico; l'esame consente la visualizzazione di tutti i componenti dell'anca (scheletrici e cartilaginei) fin dalla nascita
- La **radiografia ai raggi X** non è indicata nei bambini di età < 4 mesi poiché le teste femorali sono ancora interamente cartilaginee
- A partire dall'età di 4 mesi l'**esame radiografico** consente una corretta valutazione dei rapporti e della morfologia dei capi articolari in quanto le strutture scheletriche hanno raggiunto un grado sufficiente di mineralizzazione; dopo tale età l'**ecografia** non è più indicata

Bibliografia

1. Atti G. La diagnosi della displasia congenita dell'anca. *Riv Ital Pediatr (IJP)* 1996; 22: 478-482
2. Terjesen T et al. Hip abnormalities detected by ultrasound in clinically normal newborn infants. *J Bone Joint Surg Br* 1996; 78(4): 534-538
3. Clinical Practice Guideline: Early detection of developmental dysplasia of the hip. Committee on Quality Improvement, Subcommittee on developmental dysplasia of the hip. American Academy of Pediatrics. *Pediatrics* 2000; 105(4): 896-905
4. Dezateux C, Rosendahl K. Developmental dysplasia of the hip. *Lancet* 2007; 369 (9572): 1541-1552
5. Shipman SA et al. Screening for developmental dysplasia of the hip: a systematic literature review for the US Preventive Services Task Force. *Pediatrics* 2006; 117(3): e557-576
6. American College of Radiology: ACR Practice Guideline for the Performance of the Ultrasound Examination for detection and assessment of developmental Dysplasia of the Hip- Child (date of origin 1999 - last review 2013) (Accessed January 2016)
<http://www.acr.org/~media/ACR/Documents/AppCriteria/Diagnostic/DevelopmentalDysplasiaOfHipChild.pdf>
7. Mahan ST et al. To screen or not to screen? A decision analysis of the utility of screening for developmental dysplasia of the hip. *J Bone Joint Surg Am* 2009; 91(7): 1705-1719
8. Elbourne D et al. Ultrasonography in the diagnosis and management of developmental hip dysplasia (UK Hip Trial): clinical and economic results of a multicentre randomised controller trial. *Lancet* 2002; 360 (9350): 2009- 2017
9. US Preventive Services Task Force. Screening for developmental dysplasia of the hip: recommendation statement. *Pediatrics* 2006; 117: 898-902

10. Patel H et al. Preventive healthcare, 201 update: screening and management of developmental dysplasia of the hip in newborns. *CMAJ* 2001; 164(12): 1669-1677 (<http://www.cmaj.ca/content/164/12/1669.full.pdf+html>)
11. Eastwood ME. Neonatal hip screening. *Lancet* 2003; 361: 595
12. Mazzoleni E et al. Screening per la displasia evolutiva dell'anca: impatto sull'outcome diagnostico e terapeutico su una popolazione di 6152 bambini. *Medico e Bambino* 2007; 26: 51-53
13. Afaq AA et al. Ultrasound in the selective screening of developmental dysplasia of the hip. *Eur Rev Med Pharmacol* 2011; 15(4): 394-398
14. Roposh A et al. Standardized diagnostic criteria for developmental dysplasia of the hip in early infancy. *Clin Orthop Relat Res* 2011; 469 (12): 3451-3461
15. Baronciani D et al. Screening for developmental dysplasia of the hip: from theory to practice. *Pediatrics* 1997; 99(2): E5
16. Graf R, Shuler P. Guide to sonography of the infant hip. 1987; Graf R. The diagnosis of congenital hip-joint dislocation by the ultrasonic Combound treatment. *Arch Orthop Trauma Surg* 1980; 97(2):117-133
17. Storer SK. Developmental dysplasia of the hip. *American Family Physician* 2006; 74(8): 1310-1316

Tabella 3. Bambino di età < 4 mesi con sospetto clinico di displasia evolutiva dell'anca

Procedura diagnostica	ACR*	Indicazioni	Osservazioni	RRL
Ecografia delle anche	8	Alla nascita, con esame obiettivo patologico	Tecnica standardizzata, di rapida esecuzione, identifica tutti i quadri di DEA, dai più lievi ai più gravi ¹ Necessita di un'elevata esperienza dell'operatore: la variabilità è elevata, soprattutto nelle prime tre settimane di vita Ha un rischio elevato di falsi positivi pertanto è indicata in caso di esame obiettivo patologico	0 (0 mSv)
Radiografia delle anche (proiezione AP)	2	Non indicata	Le strutture scheletriche dell'anca non hanno ancora raggiunto un grado di mineralizzazione sufficiente È necessaria la protezione delle gonadi Espone a radiazioni ionizzanti e non fornisce dati dinamici	☹☹ (0,03-0,3 mSv)

Modificata con il permesso dell'American College of Radiology (ACR). ACR Appropriateness Criteria[®]. Developmental Dysplasia of the Hip-Child (date of origin 1999 - last review 2013).⁶ *Criteri di appropriatezza dell'ACR = 1,2,3: generalmente non appropriato; 4,5,6: potrebbe essere appropriato; 7,8,9: generalmente appropriato. RRL = livello di radiazione relativo (tra parentesi: intervallo di dose efficace in età pediatrica)

TABELLA 3**Scenario 1****Tabella 4. & Bambino di età ≥ 4 mesi con sospetto clinico di displasia evolutiva dell'anca**

Procedura diagnostica	ACR*	Indicazioni	Osservazioni	RRL
Radiografia delle anche (proiezione AP)	8	Indicata	A partire dall'età di 4-6 mesi compare l'ossificazione della testa femorale e l'esame diventa più affidabile È necessaria la protezione delle gonadi Espone a radiazioni ionizzanti e non fornisce dati dinamici	☹☹ (0,03-0,3 mSv)
Ecografia delle anche	3	Non indicata	Potrebbe essere utilizzata se la testa femorale non fosse ancora ossificata, in caso di anca displasica importante	0 (0 mSv)

Modificata con il permesso dell'American College of Radiology (ACR). ACR Appropriateness Criteria[®]. Developmental Dysplasia of the Hip-Child (date of origin 1999 - last review 2013).⁶ *Criteri di appropriatezza dell'ACR = 1,2,3: generalmente non appropriato; 4,5,6: potrebbe essere appropriato; 7,8,9: generalmente appropriato. RRL = livello di radiazione relativo (tra parentesi: intervallo di dose efficace in età pediatrica)

TABELLA 4**Scenario 2**

XIV. Ortopedia pediatrica - Maltrattamento fisico

Inquadramento clinico

Il maltrattamento fisico del bambino, insieme a quello sessuale e psicologico, rientra nel quadro complessivo dell'abuso.¹ La "sindrome del bambino battuto" (*battered child syndrome*)² rappresenta una delle forme tipiche del maltrattamento fisico.

La maggior parte degli episodi di maltrattamento si osserva nei confronti di bambini molto piccoli (età compresa tra 0 e 3 anni), più frequentemente durante il primo anno di vita (a questa età è più difficile che le lesioni siano accidentali).⁹

I bambini maltrattati fisicamente presentano lesioni di varia natura (Tabella 1): fratture scheletriche (si osservano nel 55% delle vittime di abuso, generalmente a carico di ossa lunghe, coste, clavicole o ossa pelviche), trauma cranico e lesioni encefaliche, lesioni ai visceri addominali o agli organi solidi, lesioni superficiali o profonde ai tessuti molli, scottature o bruciature.^{4,5}

Alcune particolarità della frattura possono indirizzare verso la diagnosi di trauma non accidentale, per esempio le lesioni metafisarie o epifisarie nei bambini di età inferiore a 3 anni, le fratture biossee nette (per esempio, a carico di radio e ulna) o spiroidi (per esempio, nella porzione distale della tibia, nell'omero o nel femore) nel bambino non deambulante, le fratture multiple delle coste (le fratture costali sono già visibili all'esame obiettivo per la reazione periostale) oppure il rilievo di fratture multifocali in vari stadi cronologici, suggestivi di una ripetitività e continuità dell'insulto traumatico.

Anche se meno frequenti delle lesioni scheletriche, il trauma cranico e le lesioni encefaliche conseguenti rappresentano la principale causa di morte nei bambini di età inferiore a 2 anni. L'ematoma subdurale è la lesione intracranica di più comune riscontro. Il maltrattamento deve essere sempre sospettato nel

bambino che presenta lesioni toraco-addominali non coerenti con la storia riferita. Nel bambino percosso sono infatti molto frequenti lesioni all'addome e al bacino (per esempio, lesioni pancreatiche, lacerazioni e contusioni di fegato, milza, surreni e reni, rottura della vescica e dei visceri) e al torace (sebbene più rare, comprendono emopericardio, contusioni e lacerazioni cardiache, effusioni pleuriche o contusioni polmonari).⁵

Tabella 1. Esempi di lesioni scheletriche e non scheletriche caratteristiche del trauma non accidentale

Lesioni scheletriche

- Fratture sospette o non concordanti con la storia riferita dai genitori o con l'età del bambino
- Fratture multiple che coinvolgono più di un'area scheletrica
- Fratture multiple delle coste in assenza di trauma dichiarato
- Fratture in vari stadi cronologici
- Fratture biossee nette o spiroidi (radio, ulna, tibia, fibula o femore) nel bambino di età < 1 anno
- Fratture scheletriche associate a lesioni di altra natura

Trauma cranico e lesioni intracraniche

- Ematoma subdurale o epidurale, edema cerebrale, emorragia subaracnoidea, lesione ipossischemica laterale

Lesioni non scheletriche a torace, addome e bacino

- Contusioni e lacerazioni degli organi solidi, effusione pleurica, lesioni pancreatiche, distensione addominale, trauma addominale occulto

Fonte: American College of Radiology. ACR Appropriateness Criteria® Suspected physical abuse in child (date of origin: 1995 - last review: 2012)⁵

Indicazioni al percorso radiodiagnostico

In alcuni casi l'**esame obiettivo** e la **storia clinica** rilevata all'anamnesi sono chiaramente indicativi di abuso fisico; in altre circostanze invece la diagnosi di maltrattamento richiede l'esclusione di possibili condizioni genetiche e metaboliche sottostanti e si basa su rilievi polispecialistici.

Nella valutazione multidisciplinare del paziente pediatrico con sospetto di maltrattamento fisico, l'indagine radiodiagnostica assume un'importanza fondamentale per la differenziazione tra lesioni di natura traumatica e lesioni non accidentali.²⁻⁸

La valutazione dell'immagine radiologica richiede un atteggiamento oggettivo e l'interpretazione dei risultati deve sempre tenere conto del contesto, della storia clinica e dell'esame obiettivo. È importante per esempio considerare l'atteggiamento dei genitori in termini di collaborazione ed emotività e verificare se esiste una discordanza tra la versione da loro fornita e la natura e la gravità della lesione riscontrata. Anche il comportamento del bambino rientra tra gli indicatori utili all'inquadramento diagnostico: il bambino maltrattato assume spesso un atteggiamento dello "stare in guardia", è remissivo, pauroso dell'ambiente esterno e aggressivo con i bambini più piccoli o durante il gioco.⁹

La diagnosi differenziale mediante immagine si basa sull'età del bambino, sullo schema generale di presentazione (evidenza di lesioni scheletriche e non scheletriche), sulla presenza di segni e sintomi neurologici, sulla storia riferita e sul contesto psicosociale della famiglia.⁵ Sulla base di questi fattori l'American College of Radiology ha definito diversi scenari clinici (Tabella 2), ognuno caratterizzato da uno specifico percorso radiodiagnostico.⁷

L'indicazione all'**indagine radiografica convenzionale** per la ricerca delle lesioni scheletriche varia in base all'età del bambino e al tipo di presentazione: l'esame è raccomandato a tutti i bambini di età ≤ 24 mesi con sospetto di abuso, anche in assenza di rilievi clinici; i bambini più piccoli, in particolare quelli di età < 1 anno, potrebbero presentare lesioni intracraniche significative anche in assenza di segni o sintomi di trauma cranico. Nei bambini di età compresa tra 2 e 5 anni l'**indagine radiologica** si basa sulla presenza di reperti fisici (per esempio, lesioni craniche inspiegabili o altre lesioni scheletriche o non scheletriche che inducono a forte sospetto di abuso) e sulla necessità di documentare la presenza o l'assenza di lesioni; nei bambini di età > 5 anni l'esame radiologico ha invece uno scarso valore diagnostico e dovrebbe essere eseguito solo se sono presenti indicazioni di lesione in siti specifici.⁵⁻⁹

In tutti i casi in cui vi sia un sospetto di lesioni parenchimali, alla **radiografia a raggi X** è associata l'**ecografia addominale** (anche per la sua facile accessibilità).

Tabella 2. Tipologie di scenari clinici caratterizzati da uno specifico percorso radiodiagnostico

Scenario 1

Bambino di età ≤ 24 mesi, senza segni o sintomi neurologici focali

Scenario 2

Bambino di età ≤ 24 mesi, con trauma cranico, senza segni o sintomi neurologici focali e nessuna evidenza di lesione viscerale

Scenario 3

Bambino di età ≤ 24 mesi, con crisi epilettiche o con segni e sintomi neurologici, con o senza reperti fisici

Scenario 4

Bambino di età > 24 mesi, con crisi epilettiche o con segni e sintomi neurologici, con o senza reperti fisici

Scenario 5

Bambino di età ≤ 24 mesi, con lesioni toraciche e/o addominali e pelviche e discordanza con la storia

Scenario 6

Bambino di età > 24 mesi, con lesioni toraciche e/o addominali e pelviche e discordanza con la storia

Fonte: American College of Radiology. ACR Appropriateness Criteria® Suspected physical abuse in child (date of origin:1995 - last review 2012)⁵

La scelta di un approfondimento radiodiagnostico mediante **tomografia computerizzata (TC)** o **risonanza magnetica (RM)** dipende dall'età del bambino e dal tipo di presentazione clinica.

Nei bambini ad alto rischio (per esempio con frattura delle coste, fratture multiple, lesione facciale o età ≤ 6 mesi),⁵ in presenza di fratture craniche o di segni e sintomi di lesione intracranica e in tutte le situazioni di urgenza è indicata la **TC encefalica senza mezzo di contrasto**. Qualora la TC non identifichi lesioni significative che richiedono un rapido intervento chirurgico e/o nei casi in cui la presentazione clinica lo consenta (bambino stabile) è possibile eseguire una **RM dell'encefalo**: pur con alcuni limiti (tempi di esecuzione più lunghi e necessità di sedazione nei bambini di età < 6 anni) questo esame rappresenta infatti la migliore modalità per identificare le lesioni intracraniche (emorragie intraparenchimali, contusioni ed edema).^{5,8} Nei bambini con **TC encefalica positiva** è possibile prendere in considerazione la **RM encefalica** per un'ulteriore valutazione dell'estensione della lesione post-traumatica.

La scelta del percorso radiodiagnostico in caso di lesioni non scheletriche all'addome, al bacino e al torace dipende dalle condizioni cliniche del paziente: se il bambino è in condizioni critiche, l'esame di scelta per questo scenario clinico è la **TC con mezzo di contrasto somministrato per via endovenosa** allo scopo di localizzare le lesioni e valutarne l'entità; nei casi non gravi è invece indicato l'**esame ecografico**.

Scenario 1. Bambino di età ≤ 24 mesi, senza segni o sintomi neurologici focali

La **radiografia a raggi X dei diversi segmenti** (cranio, torace, bacino ed estremità superiori e inferiori) è l'esame di scelta per l'identificazione delle lesioni scheletriche - in particolare quelle del cranio e metafisarie delle ossa lunghe - nel bambino di età ≤ 24 mesi con sospetto di un abuso fisico, anche in assenza di segni o sintomi neurologici focali, in particolare quando la storia clinica all'anamnesi presenta discordanze con l'esame obiettivo (Tabella 3). È ritenuta ormai obsoleta ed erronea la radiografia *babygram* (visione totale anteriore, posteriore e laterale).¹⁰

Quando sussiste il dubbio di una lesione parenchimale, si associa alla radiografia a raggi X l'**ecografia dell'addome**. L'approfondimento diagnostico si avvale della **TC** o della **RM dell'encefalo**, la cui scelta dipende da diversi fattori.

La **TC dell'encefalo senza mezzo di contrasto** è indicata:

- nei pazienti ad alto rischio (per esempio con frattura delle coste, fratture multiple, lesione facciale o età ≤ 6 mesi)⁵
- in presenza di lesioni craniche, con riscontro positivo alla radiografia a raggi X
- in tutti i casi in cui le condizioni cliniche d'urgenza lo richiedano.⁸

La **RM dell'encefalo** è eseguita quale esame di scelta (in genere su richiesta del radiologo) non in urgenza e con bambino stabile:

- se la storia clinica non convince e/o quando la radiografia del cranio evidenzia una reazione periostale
- quale esame di approfondimento in tutti i casi in cui - anche con TC normale - permangono seri dubbi diagnostici
- per migliorare la definizione diagnostica in caso di TC positiva.

Scenario 1



TABELLA 3

Scenario 2. Bambino di età ≤ 24 mesi, con trauma cranico rilevato alla storia clinica, senza segni o sintomi neurologici focali e nessuna evidenza di lesione viscerale

Anche se meno comuni delle lesioni scheletriche, i traumi cranici sono la più frequente causa di morte nei bambini di età ≤ 24 mesi. In caso di forte sospetto di abuso e discordanza tra anamnesi e lesione rilevata o con paziente noto è raccomandata la **radiografia dei segmenti scheletrici: cranio, torace, bacino e ossa lunghe** (queste ultime soprattutto nei bambini di età ≤ 1 anno, con forte sospetto di abuso) per la ricerca di esiti di frattura (vedi scenario 1 per i dettagli)⁵⁻⁸ (Tabella 4).

In caso di frattura cranica evidenziata ai raggi X, anche in assenza di segni o sintomi neurologici focali (soprattutto nei bambini di età < 1 anno), si esegue in urgenza una **TC encefalica senza mezzo di contrasto**,⁵ che permette di identificare patologie traumatiche significative (per esempio, ematoma subdurale o epidurale, edema cerebrale, emorragia subaracnoidea e lesione ipossichemica laterale).⁵ Qualora la TC non identificasse lesioni per le quali si rende necessario l'intervento neurochirurgico d'urgenza e in caso permanesse un serio dubbio diagnostico, può essere eseguita una **RM** (in genere su indicazione del neurologo e se la situazione clinica del bambino rende possibile un'ulteriore valutazione).² La **RM** è indicata anche in caso di TC positiva per valutare l'estensione della lesione post-traumatica. Quando le condizioni cliniche del bambino lo permettono, la **RM** (non in urgenza) potrebbe essere eseguita in alternativa alla TC per l'identificazione delle lesioni intracraniche (rispetto a quest'ultima la RM ha il vantaggio di non esporre a radiazioni ionizzanti, ma la scelta tra TC e RM dipende dalle esigenze organizzative della singola struttura).^{5,6}

Scenario 2



TABELLA 4

Scenario 3. Bambino di età ≤ 24 mesi, con crisi epilettiche o con segni e sintomi neurologici, con o senza reperti fisici

Nel bambino con sospetto di abuso di età ≤ 1 anno, che presenta crisi epilettiche o segni e sintomi neurologici, con o senza reperti fisici, è raccomandata la **radiografia completa dei segmenti scheletrici** (cranio, torace, estremità superiori e inferiori e bacino) (vedi scenario 1 per i dettagli).^{5,8} Nel bambino di età > 1 anno in assenza di reperti fisici è possibile limitare l'indagine radiologica al cranio e monitorare la situazione mediante visita neurologica; in presenza di reperti fisici l'esame va invece esteso a tutti i segmenti. L'esame radiografico deve essere accompagnato dall'**ecografia addominale** per l'identificazione di eventuali lesioni parenchimali (Tabella 5).

In questo scenario clinico è sempre indicata d'urgenza una **TC encefalica senza mezzo di contrasto**.⁵ Se la **TC** non identifica lesioni significative che richiedono l'intervento neurochirurgico e la situazione clinica rende possibile un'ulteriore valutazione, può essere eseguita una **RM** su richiesta del neurologo o del neuroradiologo; in caso di **TC** anomala l'**RM** potrebbe essere utile per valutare l'estensione della lesione post-traumatica.⁵

Scenario 3



TABELLA 5

Scenario 4. Bambino di età > 24 mesi, con crisi epilettiche o con segni e sintomi neurologici, con o senza reperti fisici

Le decisioni relative all'indagine radiodiagnostica in questa classe di età sono guidate dalla storia clinica e familiare e dai reperti fisici rilevati all'esame obiettivo.⁸ In caso di crisi epilettiche o di segni e sintomi clinici di lesione intracranica la **TC encefalica senza mezzo di contrasto** eseguita in urgenza rappresenta l'esame iniziale di scelta (Tabella 6).⁵ Sebbene la **TC** sia in grado di identificare facilmente lesioni quali l'emorragia acuta e lo spostamento delle strutture della linea mediana, essa è poco sensibile nei confronti di rilievi non emorragici (per esempio, danno assonale diffuso ed edema citotossico precoce).

Qualora la **TC** non identifichi alcuna lesione significativa che necessiti di un intervento neurochirurgico d'urgenza e se la situazione clinica rende possibile una ulteriore valutazione (bambino stabilizzato), è indicata l'esecuzione di una **RM dell'encefalo**.⁶ Questo esame rappresenta l'indagine di scelta quando le condizioni cliniche del bambino restano stabili ma sussistono sintomi neurologici (perdita di coscienza transitoria con alterazione dello stato mentale o emorragia retinica).⁶

Scenario 4



TABELLA 6

Scenario 5. Bambino di età ≤ 24 mesi, con lesioni toraciche e/o addominali e pelviche; discordanza con la storia riferita

La presenza di lesioni toraco-addominali non coerenti con la storia riferita induce sempre un forte sospetto di abuso, qualsiasi sia l'età del bambino.⁵ Nei pazienti di età ≤ 24 mesi (in particolare in quelli di età ≤ 1 anno) (vedi scenario 1 per i dettagli) la scelta delle indagini radiodiagnostiche per la valutazione delle lesioni dipende dalla presentazione clinica (Tabella 7). La **radiografia raggi X dei singoli segmenti scheletrici** - associata a **ecografia addominale** - è indicata per identificare la presenza di lesioni scheletriche e per confermare la diagnosi di abuso.⁵⁻⁸

La valutazione delle lesioni a torace, addome e bacino mediante immagine prevede la **TC con mezzo di contrasto** delle parti coinvolte.

La **TC per sospette lesioni addominali** dovrebbe includere sia l'addome sia il bacino e dovrebbe essere eseguita con mezzo di contrasto per via endovenosa. L'uso del mezzo di contrasto per via orale è a discrezione del radiologo e dovrebbe essere fortemente considerato in caso di sospetto ematoma duodenale poiché permette una definizione migliore di peritoneo, pancreas, duodeno e digiuno.⁵⁻⁸ La **TC del torace** dovrebbe essere eseguita con mezzo di contrasto per via endovenosa per identificare eventuali lesioni vascolari.

Qualora si sospetti una lesione vascolare importante che necessiti di intervento chirurgico - per esempio in caso di addome acuto o di valori ridotti di emocromo - è possibile eseguire una **angioTC**; in caso di lesione spinale è possibile eseguire una **TC o una RM**; la scelta tra le due metodiche dipende dalla gravità dei segni e dei sintomi: la **TC** è raccomandata per valutare le fratture vertebrali mentre la **RM** è l'indagine di scelta per valutare il midollo spinale in presenza di deficit neurologici.

La **TC dell'encefalo senza mezzo di contrasto** è indicata per verificare la presenza di trauma cranico.⁵

Scenario 5



TABELLA 7

Scenario 6. Bambino di età > 24 mesi, con lesioni toraciche e/o addominali e pelviche; storia riferita non coerente

La presenza di lesioni toraco-addominali non coerenti con la storia riferita induce sempre un forte sospetto di abuso, qualsiasi sia l'età del bambino.⁵ La scelta del percorso radiodiagnostico dipende dalle condizioni cliniche del paziente: se il bambino è grave, l'esame di scelta per questo scenario clinico è la **TC con mezzo di contrasto per via endovenosa dell'addome e del bacino** allo scopo di localizzare le lesioni e valutarne l'entità. La necessità del contrasto per via orale è a discrezione del radiologo e dovrebbe essere fortemente considerato in caso di sospetto ematoma duodenale.⁵ La **TC encefalica senza mezzo di contrasto** è indicata in presenza di segni neurologici per verificare la presenza di trauma cranico; in assenza di segni neurologici va eseguita quando il bambino è stabilizzato.⁵ La **TC del torace** con mezzo di contrasto somministrato per via endovenosa può essere utile per identificare eventuali lesioni vascolari.

La **radiografia a raggi X** indirizzata all'area con lesione sospetta assume un valore diagnostico minore nel bambino di età > 24 mesi ma è indicata nei casi non gravi per la facile accessibilità, così come l'**ecografia dell'addome** che permette di valutare le lesioni non scheletriche.

Scenario 6



TABELLA 8

Punti chiave

- L'**indagine radiologica convenzionale dei segmenti scheletrici** (cranio, torace, estremità superiori e inferiori, bacino) è sempre indicata nei bambini di età ≤ 24 mesi; in quelli di età > 24 mesi tale indagine si basa sulla presenza di rilievi fisici ed è in genere più appropriato indirizzare le radiografie alla(e) area(e) di lesione sospetta(e)
- La **TC dell'encefalo senza mezzo di contrasto** è sempre indicata in un paziente con crisi epilettiche o con segni e sintomi neurologici e in caso di trauma cranico
- La **TC dell'encefalo senza mezzo di contrasto** deve essere fortemente considerata nei bambini ad alto rischio (fratture toraciche, fratture multiple, lesioni facciali ed età < 6 mesi) e in quelli con lesioni toraciche e/o addomino-pelviche e con una storia clinica non coerente
- La **RM dell'encefalo** potrebbe essere necessaria per valutazioni successive alla TC dell'encefalo e potrebbe essere utile in caso di TC sia positiva sia negativa; tuttavia, quando il bambino è sintomatico la TC encefalica non deve mai essere posticipata a favore della RM.
- La **TC del torace, dell'addome e/o del bacino con mezzo di contrasto** è indicata in presenza di segni e sintomi di abuso fisico o se si osservano rilievi anomali alla radiografia convenzionale, in particolare in caso di discordanza con la storia clinica.
- La **TC dell'addome e/o del bacino senza mezzo di contrasto** deve essere considerata solo in caso di assoluta controindicazione alla somministrazione endovenosa del mezzo di contrasto

Bibliografia

1. Krug EG (a cura di). World Report on Violence and Health (Ginevra, Organizzazione Mondiale della Sanità)
2. Solarino M e Solarino B. Il bambino battuto: linee guida e risvolti medico-legali. In Imaging del trauma osteoarticolare in età pediatrica: lesioni acute e croniche dello scheletro in accrescimento. A cura di Martino F, De Filippi C e Caudana R; Springer Verlag Ed.
3. Adamsbaum C et al. How to explore and report children with suspected non-accidental trauma *Pediatr Radiol* 2010; 40: 932-938
4. Mininder S et al. Aspetti ortopedici della violenza sui minori *Am Acad Orthop Surg* 2000;8:10-20
5. American College of Radiology. ACR Appropriateness Criteria® Suspected physical abuse in child (Date of origin 1995 - last review date 2012) (<http://www.acr.org/Quality-Safety/Appropriateness-Criteria/Diagnostic/Pediatric-Imaging>) (Accessed January 2016)
6. Expert Panel on Pediatric Imaging. Suspected physical child-abuse. American College of Radiology (ACR): 2005
7. American Academy of Pediatrics Diagnostic imaging of child abuse *Pediatrics* 2009; 123: 1430 (online version: <http://pediatrics.aappublications.org/content/123/5/1430.full.html>)
8. The Royal College of radiologists, Royal College of Paediatrics and Child Health. Standards for radiological investigations of suspected non-accidental injury. March 2008
9. Kempe R, Kempe EH (1978) Child abuse. Fontana/Open books, London (Traduzione italiana. Le violenze sul bambino. Armando, Roma 1980)
10. Bilo RAC et al. Radiology in suspected child abuse In: Forensic aspects of pediatric fractures. Springer-Verlag Berlin Heidelberg Ed 2010 Cap. 8: 171-188

Tabella 3. Bambino di età ≤ 24 mesi, senza segni o sintomi neurologici focali

Procedura diagnostica	ACR*	Indicazioni	Osservazioni	RRL
Radiografia dei diversi segmenti (cranio, torace, bacino e ossa lunghe)	9	Indicata	Per aumentare l'accuratezza diagnostica, l'indagine dovrebbe comprendere le visioni frontale e laterale del cranio; la proiezione laterale delle vertebre cervicali e toraco-lombo-sacrali; la proiezione frontale delle ossa lunghe, dell'addome e del torace (antero-posteriore) ^{5,6,8}	☹☹☹ (0,3-3 mSv)
Ecografia dell'addome	-	Indicata	Accompagna la radiografia se sussiste il dubbio di lesione parenchimale	0 (0 mSv)
TC encefalica senza mdc	7	Indicata	Si esegue in particolare: nei pazienti ad alto rischio (per esempio con frattura delle coste, fratture multiple, biossee o spiroidi, traumi facciali o età ≤ 6 mesi); in caso di trauma cranico e nelle situazioni d'urgenza	☹☹☹ (0,3-3 mSv)
RM encefalica senza mdc; senza e con mdc**	5	Esame di approfondimento	Eseguita in alternativa alla TC nelle situazioni di non urgenza e con bambino stabile quando la frattura cranica induce al sospetto di trauma non accidentale; per migliorare la definizione diagnostica in caso di TC positiva; in tutti i casi in cui, anche con TC normale, permangono seri dubbi diagnostici La somministrazione del mdc è indicata quando sono presenti rilievi precedenti alla TC o alla RM senza mdc	0 (0 mSv)
TC encefalica senza e con mdc**	1	Non indicata		☹☹☹☹ (3-10 mSv)
TC encefalica con mdc	1	Non indicata		☹☹☹ (0,3-3 mSv)

Modificata con il permesso dell'American College of Radiology (ACR). ACR Appropriateness Criteria®. Suspected physical abuse in child (date of origin:1995 - last review: 2012)⁵ *Grado di appropriatezza secondo l'ACR = 1,2,3: generalmente non appropriato; 4,5,6: potrebbe essere appropriato; 7,8,9: generalmente appropriato; ** la procedura completa consiste in un primo esame senza mdc seguito da un secondo esame con mdc. Abbreviazioni: mdc = mezzo di contrasto; RM = risonanza magnetica; RRL = livello di radiazione relativo (tra parentesi: intervallo di dose efficace in età pediatrica); TC = tomografia computerizzata

TABELLA 3**Scenario 1**

Tabella 4. Bambino di età ≤ 24 mesi con trauma cranico rilevato alla storia clinica, senza segni o sintomi neurologici focali e nessuna evidenza di lesione viscerale

Procedura diagnostica	ACR*	Indicazioni	Osservazioni	RRL
Radiografia dei segmenti (cranio, torace, bacino e ossa lunghe)	9	Indicata	Indicata in particolare nei pazienti ad alto rischio (frattura delle coste, fratture multiple, traumi facciali o età ≤ 6 mesi) Identifica le fratture, soprattutto quelle craniche e metafisarie delle ossa lunghe (la radiografia delle ossa lunghe dovrebbe essere eseguita nei bambini di età < 1 anno e in quelli con segni di frattura in questi segmenti)	☹☹☹ (0,3-3 mSv)
Ecografia dell'addome	-	Indicata	Accompagna la radiografia se sussiste il dubbio di lesione parenchimale (a discrezione del pediatra o del chirurgo pediatrico)	0 (0 mSv)
TC encefalica senza mdc	9	Indicata in caso di fratture craniche	Indicata nei bambini (soprattutto in quelli < 1 anno) con lesioni craniche associate a gonfiore dei tessuti molli e a fratture facciali ⁷	☹☹☹ (0,3-3 mSv)
RM encefalica senza mdc; senza e con mdc**	6	Esame di approfondimento	Soprattutto se la TC è positiva per valutare l'estensione della lesione; in tutti i casi in cui la TC è normale ma permangono seri dubbi diagnostici La somministrazione del mdc è indicata quando sussistono precedenti rilievi alla TC o alla RM senza mdc	0 (0 mSv)
TC encefalica senza e con mdc**	1	Non indicata		☹☹☹☹ (3-10 mSv)
TC encefalica con mdc	1	Non indicata		☹☹☹ (0,3-3 mSv)

Modificata con il permesso dell'American College of Radiology (ACR). ACR Appropriateness Criteria®. Suspected physical abuse in child (date of origin:1995 - last review: 2012)⁵ *Grado di appropriatezza secondo l'ACR = 1,2,3: generalmente non appropriato; 4,5,6: potrebbe essere appropriato; 7,8,9: generalmente appropriato; ** la procedura completa consiste in un primo esame senza mdc seguito da un secondo esame con mdc. Abbreviazioni: mdc = mezzo di contrasto; RM = risonanza magnetica; RRL = livello di radiazione relativo (tra parentesi: intervallo di dose efficace in età pediatrica); TC = tomografia computerizzata

TABELLA 4

Scenario 2

Tabella 5. Bambino di età ≤ 24 mesi, con crisi epilettiche o con segni e sintomi neurologici, con o senza reperti fisici

Procedura diagnostica	ACR*	Indicazioni	Osservazioni	RRL
Radiografia dei segmenti (ed ecografia addominale)	9	Indicata	Nel bambino di età ≤ 1 anno si esegue la radiografia di tutti i segmenti con o senza reperti fisici; nel bambino di età > 1 anno, in assenza di reperti fisici, si esegue di prassi la radiografia del cranio seguita da visita neurologica	☹☹☹ (0,3-3 mSv)
TC encefalica senza mdc	9	Indicata	Deve essere eseguita in urgenza	☹☹☹ (0,3-3 mSv)
RM encefalica senza mdc; senza e con mdc**	8	Indicata	L'esame è indicato: soprattutto se la TC è positiva, per valutare l'estensione della lesione; in tutti i casi in cui la TC è normale ma permangono seri dubbi diagnostici Non si deve posticipare la TC encefalica in attesa della RM nel bambino sintomatico La somministrazione del mdc è indicata quando sussistono precedenti rilievi alla TC o alla RM senza mdc	0 (0 mSv)
TC encefalica senza e con mdc**	1	Non indicata		☹☹☹☹ (3-10 mSv)
TC encefalica con mdc	1	Non indicata		☹☹☹ (0,3-3 mSv)

Modificata con il permesso dell'American College of Radiology (ACR). ACR Appropriateness Criteria®. Suspected physical abuse in child (date of origin: 1995 - last review: 2012)⁵ *Grado di appropriatezza secondo l'ACR = 1,2,3: generalmente non appropriato; 4,5,6: potrebbe essere appropriato; 7,8,9: generalmente appropriato; ** la procedura completa consiste in un primo esame senza mdc seguito da un secondo esame con mdc. Abbreviazioni: mdc = mezzo di contrasto; RM = risonanza magnetica; RRL = livello di radiazione relativo (tra parentesi: intervallo di dose efficace in età pediatrica); TC = tomografia computerizzata

TABELLA 5



Scenario 3

Tabella 6. Bambino di età > 24 mesi, con crisi epilettiche o con segni e sintomi neurologici, con o senza reperti fisici

Procedura diagnostica	ACR*	Indicazioni	Osservazioni	RRL
TC encefalica senza mdc	9	Indicata	Deve essere eseguita in urgenza	☹☹☹ (0,3-3 mSv)
RM encefalica senza mdc; senza e con mdc**	8	Indicata	È errato posticipare la TC in attesa della RM nel bambino sintomatico L'esame è eseguito non in urgenza e nel bambino stabile, per valutare la presenza di tumore cerebrale o ematoma oppure per stabilire l'entità di una lesione	0 (0 mSv)
Radiografia ed ecografia dell'addome	6	Se presenti reperti fisici e per documentare la presenza o l'assenza di lesioni	Il valore dell'indagine radiografica decresce all'aumentare dell'età. La radiografia dovrebbe essere indirizzata alla/e area(e) con lesione sospetta È fortemente raccomandata in caso di lesioni craniocerebrali o addominali o fratture non spiegabili indicative di abuso fisico	☹☹☹ (0,3-3 mSv)
TC encefalica senza e con mdc**	1	Non indicata		☹☹☹☹ (3-10 mSv)
TC encefalica con mdc	1	Non indicata		☹☹☹ (0,3-3 mSv)

Modificata con il permesso dell'American College of Radiology (ACR). ACR Appropriateness Criteria®. Suspected physical abuse in child (date of origin:1995 - last review: 2012)⁵ *Grado di appropriatezza secondo l'ACR = 1,2,3: generalmente non appropriato; 4,5,6: potrebbe essere appropriato; 7,8,9: generalmente appropriato; ** la procedura completa consiste in un primo esame senza mdc seguito da un secondo esame con mdc. Abbreviazioni: mdc = mezzo di contrasto; RM = risonanza magnetica; RRL = livello di radiazione relativo (tra parentesi: intervallo di dose efficace in età pediatrica); TC = tomografia computerizzata

TABELLA 6



Scenario 4

Tabella 7. Bambino di età ≤ 24 mesi, con lesioni toraciche e/o addominali e pelviche; discordanza con la storia riferita

Procedura diagnostica	ACR*	Indicazioni	Osservazioni	RRL
Radiografia dei segmenti (ed ecografia dell'addome)	9	Indicata	L'ecografia si associa sempre all'indagine radiologica per la valutazione delle lesioni addominali o pelviche in quanto esame facilmente disponibile L'esame radiografico può essere utile per identificare la presenza di lesioni scheletriche e per confermare la diagnosi di maltrattamento	☹☹☹ (0,3-3 mSv)
TC dell'addome e del bacino con mdc	9	Indicata	L'mdc è somministrato per via endovenosa; l'uso del mdc per via orale è a discrezione del radiologo e dovrebbe essere fortemente considerato in caso di sospetto ematoma duodenale	☹☹☹☹ (3-10 mSv)
TC encefalica senza mdc	8	Indicata		☹☹☹ (0,3-3 mSv)
TC del torace senza e con mdc**	6	Esame di approfondimento	Con radiografia anomala del torace e/o con segni e sintomi del paziente L'mdc per via endovenosa permette di identificare eventuali lesioni vascolari	☹☹☹☹ (3-10 mSv)
RM encefalica senza mdc	5	Esame di approfondimento	Non si deve posticipare la TC encefalica in attesa della RM nel bambino sintomatico Potrebbe essere utile sia con TC positiva sia con TC negativa	0 (0 mSv)
RM encefalica senza e con mdc**	5	Esame di approfondimento	In caso di necessità di ulteriori valutazioni oltre alla TC La somministrazione del mdc è indicata quando sussistono precedenti rilievi alla TC o alla RM senza mdc	0 (0 mSv)
TC dell'addome e del bacino senza e con mdc**	1	Non indicata		☹☹☹☹ (3-10 mSv)
TC dell'addome e del bacino senza mdc	1	Non indicata	Dovrebbe essere considerata solo se esistono controindicazioni assolute alla somministrazione endovenosa del mdc	☹☹☹☹ (3-10 mSv)
TC encefalica senza e con mdc**	1	Non indicata		☹☹☹☹ (3-10 mSv)
TC encefalica con mdc	1	Non indicata		☹☹☹ (0,3-3 mSv)
TC del torace senza e con mdc**	1	Non indicata		☹☹☹☹ (3-10 mSv)
TC del torace senza mdc	1	Non indicata		☹☹☹☹ (3-10 mSv)

Modificata con il permesso dell'American College of Radiology (ACR). ACR Appropriateness Criteria®. Suspected physical abuse in child (date of origin:1995 - last review: 2012)⁵ *Grado di appropriatezza secondo l'ACR = 1,2,3: generalmente non appropriato; 4,5,6: potrebbe essere appropriato; 7,8,9: generalmente appropriato; ** la procedura completa consiste in un primo esame senza mdc seguito da un secondo esame con mdc. Abbreviazioni: mdc = mezzo di contrasto; RM = risonanza magnetica; RRL = livello di radiazione relativo (tra parentesi: intervallo di dose efficace in età pediatrica); TC = tomografia computerizzata

TABELLA 7



Scenario 5

Tabella 8. Bambino di età > 24 mesi, con lesioni toraciche e/o addominali e pelviche; storia riferita non coerente

Procedura diagnostica	ACR *	Indicazioni	Osservazioni	RRL
TC dell'addome e del bacino con mdc	9	Indicata		☺☺☺☺ (3-10 mSv)
TC encefalica senza mdc	8	Indicata		☺☺☺ (0,3-3 mSv)
Radiografia dell'area sospetta (in associazione all'ecografia dell'addome)	6	Indicata	Il valore dell'indagine decresce con l'aumentare dell'età, ma l'esame è indicato nel bambino non grave, insieme all'ecografia dell'addome, per la facile accessibilità La radiografia dovrebbe essere indirizzata all'area con lesione sospetta	☺☺☺ (0,3-3 mSv)
TC del torace con mdc	6	Esame di approfondimento	In caso di radiografia anomala del torace e/o di segni e sintomi respiratori	☺☺☺☺ (3-10 mSv)
RM encefalica senza mdc; senza e con mdc**	5	Esame di approfondimento	Indicata in caso di necessità di ulteriori valutazioni oltre alla TC Non si deve posticipare la TC encefalica in attesa della RM nel bambino sintomatico Potrebbe essere utile sia con TC positiva sia con TC negativa La somministrazione del mdc è indicata quando sussistono precedenti rilievi alla TC o alla RM senza mdc	0 (0 mSv)
TC dell'addome e del bacino senza e con mdc**	1	Non indicata		☺☺☺☺ (3-10 mSv)
TC dell'addome e del bacino senza mdc	1	Non indicata	Dovrebbe essere presa in considerazione solo se esistono controindicazioni assolute alla somministrazione endovenosa del mdc	☺☺☺☺ (3-10 mSv)
TC encefalica senza e con mdc**	1	Non indicata		☺☺☺☺ (3-10 mSv)
TC encefalica con mdc	1	Non indicata		☺☺☺ (0,3-3 mSv)
TC del torace senza e con mdc**	1	Non indicata		☺☺☺☺ (3-10 mSv)
TC del torace senza mdc	1	Non indicata		☺☺☺☺ (3-10 mSv)

Modificata con il permesso dell'American College of Radiology (ACR). ACR Appropriateness Criteria®. Suspected physical abuse in child (date of origin:1995 - last review: 2012)⁵ *Grado di appropriatezza secondo l'ACR = 1,2,3: generalmente non appropriato; 4,5,6: potrebbe essere appropriato; 7,8,9: generalmente appropriato; ** la procedura completa consiste in un primo esame senza mdc seguito da un secondo esame con mdc. Abbreviazioni: mdc = mezzo di contrasto; RM = risonanza magnetica; RRL = livello di radiazione relativo (tra parentesi: intervallo di dose efficace in età pediatrica); TC = tomografia computerizzata

TABELLA 8



Scenario 6

XV. Nefrourologia pediatrica - Infezioni delle vie urinarie

Inquadramento clinico

Le infezioni febbrili delle vie urinarie (IVU) sono tra le più comuni infezioni batteriche in età infantile (circa il 75% delle IVU si verifica nei primi 2 anni di vita) e costituiscono approssimativamente il 5% delle infezioni batteriche del lattante con febbre e senza segni di localizzazione infettiva d'organo;¹ dopo l'età di 6 anni le IVU sono meno frequenti e sono prevalentemente associate a disturbi funzionali. Circa il 2% dei bambini di sesso maschile e l'8% delle bambine presenta un episodio di IVU entro l'età di 8 anni;² nei bambini di età < 2 anni le femmine e i maschi non circoncisi hanno la stessa probabilità di presentare IVU.³

La diagnosi di IVU richiede la presenza sia di piuria sia di batteriuria significativa, ossia la crescita di un singolo patogeno urinario (in genere *Escherichia coli*) in un campione urine raccolto in maniera appropriata, con carica batterica $\geq 10^5$ UFC/ml in urine da mitto intermedio o $\geq 10^4$ UFC/ml da cateterismo vescicale.³

Il rischio di IVU nel bambino febbrile senza segni di localizzazione infettiva si fonda su criteri epidemiologici e clinici (nella femmina: età inferiore a 12 mesi, temperatura > 39°C persistente da oltre 48 ore, razza caucasica; nel maschio di età inferiore a 2 anni, soprattutto se non circonciso: febbre > 39°C persistente da oltre 24 ore, razza caucasica).^{4,5}

La febbre elevata (> 39°C)² è un fattore di rischio e un indicatore del coinvolgimento renale (pielonefrite), espressione dell'attivazione di un processo infiammatorio sistemico.³⁻⁶ La pielonefrite acuta è caratterizzata da febbre (> 38°C) senza segni di localizzazione infettiva e/o da segni o sintomi quali: stato settico, calo o scarsa crescita ponderale, diarrea, vomito, urine maleodoranti, dolore addominale, ematuria, ittero (età < 3 mesi), disuria (età > 3 anni). La febbre, soprattutto nei bambini piccoli, può essere l'unico sintomo.³

La pielonefrite deve essere trattata tempestivamente dall'esordio;⁷ se l'infezione renale è limitata in estensione e durata, generalmente si ha una guarigione completa; al contrario il persistere

Tabella 1. Classificazione delle infezioni febbrili delle vie urinarie in età pediatrica

IVU tipica

- Infezione da *Escherichia coli*
- Defervescenza entro 48-72 ore dall'inizio della terapia antibiotica
- Nessun criterio che definisca IVU atipica o ricorrente

IVU atipica

IVU con ecografia patologica

- Ecografia postnatale patologica e/o

IVU con fattori di rischio

- Ecografia prenatale patologica
- Familiarità (1° grado) per RVU
- Setticemia
- Insufficienza renale
- Età < 6 mesi (sesso maschile)
- Scarsa affidabilità della famiglia
- Anomalie dello svuotamento vescicale
- Mancata risposta clinica entro 72 ore
- Infezione da germi non-*Escherichia coli*

IVU ricorrente

- Due o più episodi di pielonefrite acuta in 6 mesi
- Un episodio di pielonefrite acuta più uno o più episodi di cistite in 6 mesi
- Tre o più episodi di cistite in 6 mesi

Fonte: Montini G et al. *Medico e bambino* 2009; 6: 350-370;³ NICE guidelines 54. Issue date August 2007; ⁶ RVU = reflusso vescicoureterale

dell'infiammazione può condurre alla comparsa della cicatrice renale (*scarring*) (10-15% dei casi).³ La febbre è segno di probabile interessamento del parenchima renale e si associa a un rischio maggiore di malformazioni nefrourologiche sottostanti, tra le quali in particolare il reflusso vescicoureterale (RVU), e a un maggior rischio di danno renale acquisito. L'incidenza di RVU nei bambini con IVU febbrile di età inferiore a 2 anni è all'incirca del 35% e diminuisce con l'età.^{7,8}

La classificazione corrente (Tabella 1) distingue i processi infettivi febbrili del tratto urinario in:

- **IVU tipica**
 - ▶ l'infezione è dovuta a *Escherichia coli*
 - ▶ il paziente mostra una buona risposta al trattamento antibiotico (sfebbramento entro 48-72 ore dall'inizio della terapia antibiotica)
 - ▶ sono assenti i criteri che aderiscono alla definizione di infezione atipica o ricorrente
- **IVU atipica**
 - ▶ l'ecografia postnatale del rene e delle vie urinarie rileva anomalie (idronefrosi, ipodisplasia renale, idrouretere, doppio distretto renale, anomalie vescicali) e/o sono presenti fattori di rischio quali:³
 - **ecografia prenatale patologica** ▶ il riscontro di anomalie ecografiche (idronefrosi, ipoplasia renale, megavescica) in utero può essere segno indiretto di RVU
 - **familiarità** ▶ nei fratelli di pazienti con RVU (familiarità di 1° grado) la prevalenza del reflusso è elevata
 - **setticemia** ▶ nel bambino le infezioni urinarie possono causare setticemia; in questi casi il rischio di RVU è particolarmente elevato. Rientra nella definizione di bambino settico il lattante di 0-6 mesi con shock settico o con segni severi aspecifici di IVU (calo ponderale, stato generale compromesso, sintomi gastrointestinali)
 - **insufficienza renale** ▶ il rilievo di insufficienza renale in corso di infezione o durante il follow up è spesso associato a quadri di displasia renale secondari a uropatia malformativa
 - **età < 6 mesi, sesso maschile** ▶ i primi mesi di vita e il sesso maschile rappresentano un fattore di rischio che impone un'attenzione particolare
 - **scarsa affidabilità della famiglia** ▶ in caso di famiglia poco affidabile la soglia diagnostica deve essere abbassata per evitare che un bambino a rischio di danno renale non sia assistito adeguatamente
 - **anomalie dello svuotamento vescicale** ▶ il riscontro di alterazioni del mitto e/o di anomalie dello svuotamento vescicale ecograficamente documentate (per esempio, megavescica, vescica a pareti ispessite) deve indurre il sospetto di patologia delle basse vie urinarie, in particolare di valvole dell'uretra nel maschio; ne consegue la necessità di uno studio urologico precoce
 - **mancata risposta clinica entro 72 ore** ▶ la mancata risposta alla terapia antibiotica entro tre giorni dall'inizio del trattamento, con persistenza dello stato febbrile, è considerata un fattore di rischio per uropatia malformativa (ostruttiva, RVU, eccetera)
 - **Infezione da germi non-*Escherichia coli*** ▶ nei pazienti con infezioni da germi diversi da *Escherichia coli* è maggiore la prevalenza di RVU
- **IVU ricorrente**
 - ▶ si verifica una reinfezione dopo un primo episodio acuto.

Indicazioni al percorso radiodiagnostico

Negli scorsi decenni è stata riservata un'attenzione particolare alla possibile associazione tra infezioni urinarie febbrili, anomalie nefrourologiche e cicatrici renali (*scarring*), considerando queste ultime causa di sequele cliniche a lungo termine (proteinuria, ipertensione e insufficienza renale cronica).² Tale associazione ha giustificato un atteggiamento aggressivo nei confronti del bambino con IVU febbrile, basato sull'impiego della profilassi antibiotica in tutti i bambini con RVU e su indagini strumentali estensive dopo un primo episodio di IVU febbrile, allo scopo di prevenire le recidive e il conseguente danno parenchimale.⁷

Negli ultimi anni tale approccio è stato notevolmente semplificato. L'uso su larga scala dell'ecografia prenatale, così come i dati dei registri italiano e internazionali dei pazienti con malattia renale cronica a esordio in età evolutiva, hanno infatti chiarito come l'ipodisplasia renale, ritenuta secondaria al processo infettivo, sia spesso in realtà congenita.⁹⁻¹¹ Studi prospettici hanno inoltre evidenziato che la reale incidenza di ipertensione e deterioramento della funzione renale dopo un episodio di IVU febbrile sembra essere assai limitata rispetto a quanto riportato in studi retrospettivi e strettamente correlata all'entità del danno renale pre-esistente.^{12,13} Si è osservato infine che la frequenza di reinfezioni nei pazienti con RVU di grado lieve-moderato (< 3° grado) trattati con profilassi antibiotica è sovrapponibile a quella osservata nei pazienti sottoposti ad attiva sorveglianza e pronto trattamento degli episodi infettivi intercorrenti. Analogamente nel gruppo di pazienti trattati non è documentato un reale beneficio della profilassi antibiotica per la prevenzione del danno renale acquisito.¹⁴⁻¹⁷ Tale affermazione non può essere estesa ai pazienti con RVU di grado superiore o uguale al 3°, essendo a oggi riportati dati discordanti in letteratura.^{2,4,17-20, 21-25}

Queste evidenze hanno notevolmente ridimensionato il ruolo dell'indagine strumentale mediante immagine per la ricerca del RVU.^{3-5,22}

Il comune denominatore delle principali linee guida nazionali e internazionali³⁻⁶ (pur nella non totale univocità) è il riconoscimento che:

1. la grande maggioranza delle IVU avviene in bambini con rene normale
2. sebbene l'incidenza del RVU nei bambini con IVU febbrile sia elevata, la gran parte di questi pazienti ha un RVU di grado lieve-moderato
3. l'impiego della profilassi antibiotica in questa categoria di pazienti non si è dimostrato superiore rispetto all'attiva sorveglianza di eventuali episodi infettivi intercorrenti.³⁻⁶

Alla luce di tali considerazioni la diagnostica uroradiologica dovrebbe essere riservata a casi selezionati in cui il rischio di RVU severo e di danno renale progressivo è elevato, evitando così di sottoporre bambini altrimenti sani a interventi costosi, invasivi e non necessari. Ciò ha ridotto significativamente il numero di **cistouretrografie minzionali** eseguite, mentre l'**ecografia** resta ampiamente raccomandata quale procedura non invasiva, ripetibile, non irradiante, seppure con i limiti relativi alla confidenza dell'operatore che la esegue e nonostante l'ampia diffusione dell'ecografia prenatale fornisca una grande ricchezza di dati relativi allo studio morfologico della via urinaria già in epoca fetale.

In linea generale i fattori chiave per la scelta del percorso radiodiagnostico sono: l'età del paziente (l'incidenza di RVU e di pielonefrite acuta diminuisce con l'età), la presentazione clinica, la risposta al trattamento antibiotico, lo studio ecografico del rene e delle vie urinarie dopo il primo episodio di IVU e la storia ecografica fetale, la presenza di fattori di rischio anamnestici (per esempio pregresse IVU, disturbi dello svuotamento vescicale, patologie associate, eccetera) e la compliance familiare.

Gli scenari e le metodiche radiodiagnostiche

L'American College of Radiology (ACR) identifica quattro possibili scenari clinici (Tabella 2) caratterizzati ognuno da percorsi radiodiagnostici specifici in funzione dell'età del paziente, della risposta al trattamento antibiotico e della presenza di fattori di rischio individuati tra quelli che definiscono le IVU atipiche o ricorrenti.²³

Le metodiche di immagine portanti per l'approfondimento radiodiagnostico nel bambino dopo un primo episodio di IVU febbrile sono la **ultrasonografia**, la **cistouretrografia minzionale**, la **cistoscintigrafia diretta** e la **scintigrafia renale con DMSA**. In linea generale, lo studio urologico dovrebbe basarsi sulle tecniche diagnostiche meno invasive in termini di esposizione a radiazioni ionizzanti.

- **L'ecografia dei reni e delle vie urinarie**, pur con i limiti legati alla sensibilità e alla necessità che sia eseguita da operatori esperti, è una metodica non invasiva e facilmente disponibile. Essa non espone il bambino a radiazioni ionizzanti ed è il primo accertamento mediante immagine che un bambino con IVU febbrile dovrebbe eseguire:
 - entro 4-6 settimane dall'infezione in caso di buona risposta alla terapia antibiotica (lo studio precoce può sovrastimare anomalie transitorie espressione del fatto infiammatorio acuto in atto)
 - in urgenza qualora non si assista allo sfebbrimento entro 48-72 ore dall'inizio del trattamento.

Lo scopo è quello di rilevare precocemente possibili anomalie anatomiche e indirizzare il percorso terapeutico e diagnostico.^{3,23} Con ecografia normale e in assenza di fattori di rischio non sussistono indicazioni a ulteriori indagini strumentali.³ In caso di ecografia renale patologica e/o con fattori di rischio associati oppure in caso di IVU ricorrenti è indicato un approfondimento dello studio morfologico delle vie urinarie e del rene.

L'esame ecografico permette di valutare e definire con maggiore precisione eventuali reperti ecografici prenatali e consente di:

- studiare il rene e la via escrettrice, inclusa la fase minzionale
- visualizzare anomalie anatomiche delle vie urinarie che in percentuale significativa sono associate a RVU (idronefrosi isolata, idroureteronefrosi, ipodisplasia, doppio distretto renale, anomalie vescicali)
- misurare le dimensioni del rene per valutarne l'accrescimento e definire lo stato di salute del parenchima renale.³

L'esame ha una scarsa sensibilità nell'identificazione di anomalie del parenchima renale riferibili a pielonefrite acuta o a esiti cicatriziali e di RVU (in particolare di grado basso, tuttavia anche reflussi di grado elevato possono sfuggire all'esame ecografico).

- La **cistouretrografia minzionale** è la tecnica di scelta per la valutazione e la stadiazione del RVU ed è attualmente indicata in tutti i casi con ecografia renale patologica (idronefrosi, idrouretere, ipodisplasia o altri reperti suggestivi di RVU o uropatia ostruttiva) e/o in presenza di fattori di rischio o IVU ricorrente. Poiché comporta un'esposizione elevata a radiazioni ionizzanti l'esame dovrebbe essere riservato a casi selezionati, identificati dai criteri sopra esposti.⁷ L'indicazione a

Tabella 2. Scenari per il percorso diagnostico strumentale

Scenario 1

Lattante < 2 mesi con infezione febbrile delle vie urinarie

Scenario 2

Paziente età 2 mesi - 3 anni con infezione febbrile delle vie urinarie che risponde al trattamento antibiotico

Scenario 3

Paziente di età > 3 anni con infezione febbrile delle vie urinarie che risponde al trattamento antibiotico

Scenario 4

Paziente con infezione delle vie urinarie atipica o ricorrente

Fonte. American College of Radiology. ACR Appropriateness Criteria® Urinary Tract Infection-Child (date of origin 1999-last review date 2012)²³

sottoporre il bambino con infezione urinaria febbrile a diagnostica per immagini è stata ampiamente dibattuta negli ultimi anni. Non vi sono indicazioni univoche, tuttavia, le raccomandazioni della Società Italiana di Nefrologia Pediatrica (SINP) del 2009³ e la recente revisione delle linee guida dell'American Academy of Pediatrics (AAP) del 2011⁴, alla luce della maggiore conoscenza della epidemiologia delle infezioni urinarie, della storia naturale del RVU e delle sequele a lungo termine a esso correlate, sostengono un atteggiamento meno invasivo in termini di aggressività diagnostica ed esposizione a radiazioni ionizzanti rispetto a quanto proposto negli anni passati.^{4,25}

- La **cistoscintigrafia diretta** ha una sensibilità analoga, se non superiore, alla cistouretrografia minzionale nell'identificazione del RVU, ma non permette la descrizione del dettaglio anatomico (non ha una risoluzione spaziale tale da identificare anomalie anatomiche dell'uretra, della vescica e degli ureteri). Poiché comporta un'irradiazione tissutale inferiore rispetto alla cistouretrografia minzionale, essa è indicata quale esame di prima scelta nelle bambine e negli studi di follow up; nel maschio, l'importanza di un accurato studio dell'uretra, soprattutto in presenza di anomalie vescicali e/o idroureteronefrosi, giustifica l'impiego della cistouretrografia minzionale standard quale esame di prima istanza. Nel corso degli anni è stata messa a punto una metodica ecografica a elevata sensibilità e specificità, la **cistosonografia**,²⁶ che ha come indicazioni la ricerca di RVU nelle bambine e il follow up di malattia da reflusso già nota; dibattuta è la sua accuratezza nello studio dell'uretra. L'esame può essere utilizzato pertanto in sostituzione della cistoscintigrafia diretta oppure negli studi di follow up in entrambi i sessi. Questa tecnica richiede un'elevata competenza dell'operatore e per il momento il suo impiego è alquanto limitato.
- La **scintigrafia renale statica** è una metodica sensibile (90%) e specifica (95%) per la valutazione del parenchima renale. Prevede l'impiego di radiofarmaci (l'acido dimercaptosuccinico - **DMSA** - marcato con 99TC attualmente è il più utilizzato) che si distribuiscono nel parenchima renale definendone il grado di funzionalità, l'eventuale presenza di aree ipocaptanti su base flogistica o per perdita di volume renale quale esito del processo infiammatorio (cicatrice). La dose di irradiazione con questa metodica è tuttavia significativa (maggiore di circa 100 volte rispetto alla cistoscintigrafia e 10 volte rispetto alla cistouretrografia minzionale) e può richiedere la sedazione nel bambino piccolo.²³ Questo esame dovrebbe pertanto essere riservato a bambini con RVU di grado elevato o ipodisplasia renale, al fine di quantificare il possibile danno funzionale e stabilire una prognosi. Poiché la maggior parte delle anomalie renali riscontrabili nella fase infettiva acuta si risolve nel corso dei mesi successivi, tale esame dovrebbe essere eseguito a distanza di almeno 4-6 mesi dall'episodio acuto di IVU.^{7,23}

Scenario 1. Lattante di età < 2 mesi con IVU febbrile

Non è possibile a oggi definire una suddivisione rigida per classi di età e scenari a rischio. I dati relativi al lattante di età < 2 mesi sono assai limitati e in gran parte tratti dall'esperienza nel bambino più grande. Le stesse linee guida della SINP³ e dell'AAP⁴ si riferiscono a bambini di età compresa tra 2 mesi e 2 anno, stante l'esiguità dei lavori riferiti alle prime settimane di vita. L'età inferiore a 6 mesi è considerata un fattore di rischio nei pazienti di sesso maschile.^{2,3} La prevalenza delle IVU nei neonati a termine varia tra lo 0,1% all'1%, con una predominanza nel maschio. Il neonato con IVU febbrile richiede un'attenzione particolare per l'elevata incidenza di anomalie renali strutturali e per il rischio significativo di setticemia (6%-36,4%).²³ In questa popolazione di pazienti si raccomanda l'esecuzione dell'**ecografia dei reni e delle vie urinarie** nel corso dell'episodio febbrile allo scopo di visualizzare possibili complicazioni (ascessi renali o perirenali; pionefrosi associata a uropatia ostruttiva) e anomalie anatomiche (idronefrosi isolata, idroureteronefrosi, ipodisplasia renale, doppio distretto renale, anomalie vescicali), che in percentuale significativa sono associate a RVU³ e richiedono ulteriori valutazioni mediante imaging.²³

Con ecografia renale normale e in assenza di fattori di rischio non sussistono indicazioni a ulteriori indagini strumentali.³ Lo studio morfologico delle vie urinarie e del rene mediante **cistouretrografia minzionale** nei maschi (esame gold standard) e con **cistoscintigrafia diretta** nelle femmine (o **cistosonografia**²⁶ quando possibile) è invece indicato in caso di ecografia renale patologica o in presenza di fattori di rischio, allo scopo di identificare eventuali ostruzioni delle alte e basse vie urinarie o individuare la presenza di RVU. Secondo le raccomandazione della SINP³, l'età inferiore a 6 mesi e il sesso maschile costituiscono un fattore di rischio sufficiente allo studio cistografico dopo il primo episodio infettivo febbrile.³ Con ecografia patologica (ipodisplasia renale) e/o evidenza di RVU di grado elevato la **scintigrafia renale con DMSA** eseguita 4-6 mesi dopo l'episodio di IVU potrebbe essere utile per valutare l'eventuale presenza di *scarring* parenchimale renale (Tabella 3).³

Scenario 1



TABELLA 3

Scenario 2. Bambino di 2 mesi-3 anni con IVU febbrile che risponde al trattamento antibiotico

La fascia di età compresa tra 2 mesi e 3 anni è quella in cui si osserva la maggior incidenza di IVU e di RVU.^{2,6} Oggi è in corso un ampio dibattito circa l'opportunità di un approfondimento diagnostico mediante immagine dopo un primo episodio di IVU nel bambino che mostri una buona risposta al trattamento antibiotico.^{3,6} L'**ecografia dei reni e delle vie urinarie** (entro 4-6 settimane dall'episodio acuto) è indicata in molti protocolli diagnostici, essendo una metodica non invasiva e sufficientemente informativa^{3,7} (secondo alcuni Autori l'esame potrebbe non essere necessario con **ecografia prenatale** eseguita nel terzo trimestre di gravidanza normale).²³ Con **ecografia** normale e in assenza di fattori di rischio non sono necessarie ulteriori indagini strumentali,^{2,3} sebbene vada riservata una particolare attenzione ai bambini più piccoli (età < 6 mesi) in particolare se maschi, per i quali potrebbe essere necessario un approfondimento con **cistouretrografia minzionale**.³ Per tutti gli altri dovrebbe essere attuato un programma di sorveglianza che preveda controlli urinari (esame urine, urinocoltura) in coincidenza di episodi febbrili senza chiara identificazione del focus infettivo. La presenza di ecografia patologica e/o di fattori di rischio o IVU ricorrente colloca il paziente in una posizione ad alto rischio e richiede indagini diagnostiche approfondite (vedi scenario 4).

Scenario 2



TABELLA 4

Scenario 3. Bambino di età > 3 anni con IVU febbrile che risponde al trattamento antibiotico

Poiché l'incidenza delle IVU febbrili e del RVU si riduce notevolmente con l'età, il bambino di età > 3 anni che mostri una buona risposta al trattamento antibiotico **non richiede alcun approfondimento radiodiagnostico**.²³ Eventuali indagini mediante immagine possono essere prese in considerazione in caso di IVU atipica o ricorrente (vedi scenario 4).

Scenario 3



TABELLA 5

Scenario 4. Bambino con IVU febbrile atipica o ricorrente

Nei bambini che presentano un primo episodio di IVU febbrile atipica o complicata (per esempio, mancata risposta al trattamento antibiotico entro 48 ore, presenza di setticemia, ritenzione urinaria, aumento della creatinina, IVU non-*Escherichia coli*) e in quelli con IVU ricorrente, il percorso radiodiagnostico prevede l'esecuzione di una **ecografia del rene e delle vie urinarie**, seguita da indagini di approfondimento mediante **cistouretrografia minzionale** o **cistoscintigrafia diretta** e **scintigrafia renale con DMSA** 4-6 mesi dopo il primo episodio di IVU febbrile.²³

Scenario 4



TABELLA 6

Punti chiave

- Si registra un consenso unanime sulla necessità di ridurre le indagini diagnostiche nel bambino dopo un primo episodio di IVU febbrile non complicata, riservando l'approfondimento uroradiologico a casi selezionati
- I fattori chiave per la scelta del percorso diagnostico sono: il sesso maschile e l'età inferiore a 6 mesi, la presentazione clinica, la risposta al trattamento antibiotico, la presenza di anomalie ecografiche, la familiarità per RVU
- Le metodiche di immagine per l'approfondimento radiodiagnostico sono la **ultrasonografia**, la **cistouretrografia minzionale**, la **cistoscintigrafia diretta** (o la **cistosonografia**) e la **scintigrafia renale con DMSA**
- L'**esame ecografico del rene e delle vie urinarie** dopo un primo episodio di IVU febbrile (entro 48 ore se non si assiste a sfebbramento dopo terapia antibiotica o dopo 4-6 settimane se il bambino risponde bene al trattamento) è l'esame di prima linea ed è sostanzialmente sempre indicato
- Con ecografia renale normale e in assenza di fattori di rischio o di recidive non sussistono indicazioni a ulteriori indagini strumentali; in caso di IVU atipica o ricorrente e/o nel maschio di età < 6 mesi (secondo le raccomandazione della SINP) è necessario un approfondimento mediante **cistouretrografia minzionale** nel maschio o **cistoscintigrafia diretta** nella femmina. La **scintigrafia renale con DMSA** non è esame di prima linea; eseguita 4-6 mesi dopo il l'episodio di IVU permette di definire l'eventuale presenza di *scarring* nel bambino con quadri di ipodisplasia renale o RVU di grado elevato.
- La **cistoscintigrafia diretta** espone a dosaggi di radiazioni inferiori rispetto alla **cistouretrografia minzionale** e mostra analoghe sensibilità e specificità; è l'esame di elezione nelle bambine e negli studi di follow up del RVU
- La **cistouretrografia minzionale** è l'esame di scelta per la valutazione del RVU nei maschi con IVU (esame gold standard per lo studio dell'uretra e della vescica)

Bibliografia

1. Pisanello L et al. Infezione delle vie urinary febbrile nel bambino di età 3 mesi-3 anni. Analisi critica di due linee guida. *Prospettive in Pediatria* 2009; 39(153): 59-64
2. Montini G et al. Febrile Urinary Tract Infections in Children. *N Engl J Med* 2011; 365(3): 239-247
3. Montini G et al. Gruppo di Lavoro della Società Italiana di Nefrologia Pediatrica (SINP). Le infezioni febbrili delle vie urinarie. Raccomandazioni di consenso per la diagnosi, il trattamento e il follow up in bambini di età compresa tra 2 mesi e tre anni. *Medico e bambino* 2009; 6: 359-370
4. American Academy of Pediatrics, Committee on Quality Improvement, Subcommittee on Urinary Tract Infection. Urinary infection: clinical practice guideline for the diagnosis and management of the initial UTI in febrile infants and children 2 to 24 months. *Pediatrics* 2011; 128: 595-610 (<http://pediatrics.aappublications.org/content/128/3/e749.full.html>; <http://pediatrics.aappublications.org/content/early/2011/08/24/peds.2011-1330>) (Accessed January 2016)
5. Cincinnati Children Hospital Medical Center (CCHMC). For medical management of presumed first time acute urinary tract infection in children 12 years of age or less. Original publication date: march 1999; Revision Pub Date: April 2005
6. National Institute for Health and Clinical Excellence. Urinary tract infection in children: diagnosis, treatment and long-term management. NICE clinical guideline 54. Issue date: August 2007
7. Panizon F. Le nuove linee guida dell'APP sulle infezioni delle vie urinarie. *Medico e bambino* 2011; 9: 592-594

8. Hewitt IK, Montini G. Pediatric febrile urinary tract infections: the current state of play. *Italian J Pediatrics* 2011; 37: 57-59
9. Ardissino GL et al. Epidemiology of chronic renal failure in children: data from the Italkid project. *Pediatrics* 2003; 111: e382-e387
10. North American Pediatric Renal Trials and Collaborative Studies. Annual report 2008 (<https://web.emmes.com/study/ped.>)
11. The Australia and New Zealand Dialysis and Transplant Registry (<http://www.anzdata.org.au.>)
12. Jodal U et al. Ten-year results of randomized treatment of children with severe vesicoureteral reflux: final report of the International Reflux Study in Children. *Pediatr Nephrol* 2006; 21: 785-792
13. Smellie JM et al. Medical versus surgical treatment in children with severe bilateral vesicoureteric reflux and bilateral nephropathy: a randomised trial. *Lancet* 2001; 357: 1329-1333
14. Garin EH. Clinical significance of primary vesicoureteral reflux and urinary antibiotic prophylaxis after acute pyelonephritis: a multicenter, randomized, controlled study. *Pediatrics* 2006; 117: 626-632
15. Roussey-Kesler G et al. Antibiotic prophylaxis for the prevention of recurrent urinary tract infection in children with low grade vesicoureteral reflux: results from a prospective randomized study. *J Urol* 2008; 179: 674-679
16. Pennesi M et al. Is antibiotic prophylaxis in children with vesicoureteral reflux effective in preventing pyelonephritis and renal scars? A randomized, controlled trial. *Pediatrics* 2008;121(6): e1489-e1494
17. Montini G et al. Prophylaxis after first febrile urinary tract infection in children? A multicenter, randomized, controlled, noninferiority trial. *Pediatrics* 2008;122: 1064-1071
18. Brandström P et al. The Swedish reflux trial in children. III. Urinary tract infection pattern. *J Urol* 2010; 184: 286-291
19. Brandström P et al. The Swedish reflux trial in children. IV. Renal damage. *J Urol* 2010; 184: 292-297
20. Koyle MA et al. Febrile urinary tract infection, vesicoureteral reflux, and renal scarring: current controversies in approach to evaluation. *Pediatr Surg Int* 2011; 27(4): 337-346
21. Williams GI et al. Diagnosis and management of urinary tract infection in children. *J Paediatr Child Health* 2012; 48(4): 296-301
22. Ismaili K et al. Characteristics of first urinary tract infection with fever in children: a prospective clinical and imaging study. *Pediatr Infect Dis J* 2011; 30(5): 371-374
23. American College of Radiology (ACR) ACR Appropriateness Criteria®. Urinary Tract Infection in child (date of origin: 1999- last review date: 2012) (www.acr.org) (Accessed January 2016)
24. Riccabona M et al. Imaging recommendations in paediatric urology: minutes of the ESPR workgroup session on urinary tract infections, fetal hydronephrosis, urinary tract ultrasonography and voiding cystourethrography. Barcelona, Spain June 2007. *Pediatr Radiol* 2008; 38: 138-145
25. Peratoner L. Diagnosi per immagini nei bambini con pielonefrite: tanto rumore per nulla? *Quaderni acp* 2004; 11(1): 43-45
26. Piscitelli A et al. Which cystography in the diagnosis and grading of vesicoureteral reflux? *Pediatr Nephrol* 2008; 23: 107-110

Tabella 3. Lattante di età < 2 mesi con IVU febbrile

Procedura diagnostica	ACR*	Indicazioni	Osservazioni	RRL
Ecografia del rene e delle vie urinarie	9	Dopo il primo episodio di IVU	Durante la fase acuta	0 (0 mSv)
Cistouretrografia minzionale	6	Maschio con ecografia patologica e/o fattori di rischio o ricorrenza infettiva	Esame gold standard per lo studio della vescica e dell'uretra nel maschio Va limitata a casi selezionati	☹☹ (0,03-0,3 mSv)
Cistoscintigrafia diretta	5	Femmina con ecografia renale patologica e/o fattori di rischio	Esame gold standard per lo studio del RVU nella femmina La cistoscintigrafia ²⁶ rappresenta, quando disponibile, una valida alternativa	☹ (< 0,03 mSv)
Scintigrafia renale con DMSA	3	In caso di ecografia patologica (ipodisplasia renale) e/o evidenza di RVU di grado elevato	Non è un esame di prima linea; da considerare 4-6 mesi dopo la IVU per identificare eventuale <i>scarring</i>	☹☹☹ (0,3-3 mSv)

Modificata con il permesso dell'American College of Radiology (ACR) da ACR Appropriateness Criteria®. *Urinary Tract Infection in child* (date of origin: 1999- last review date: 2012).²³ *Grado di appropriatezza secondo l'ACR = 1,2,3: generalmente non appropriato; 4,5,6: potrebbe essere appropriato; 7,8,9: generalmente appropriato. Abbreviazioni: DMSA = acido dimercaptosuccinico; IVU = infezioni delle vie urinarie; mdc = mezzo di contrasto; RRL = livello relativo di radiazione (tra parentesi: intervallo di dose efficace in età pediatrica); RVU = reflusso vescicoureterale

Tabella 3



SCENARIO 1

Tabella 4. Bambino di 2 mesi-3 anni con IVU febbrile che risponde al trattamento antibiotico

Procedura diagnostica	ACR*	Indicazioni	Osservazioni	RRL
Ecografia del rene e delle vie urinarie	9	Dopo il primo episodio di IVU	Eseguita in fase acuta può rilevare anomalie dilatative transitorie e/o asimmetria renale legate alla flogosi A distanza di 4-6 settimane la specificità dell'esame aumenta in quanto non gravata da anomalie transitorie legate alla flogosi renale acuta Potrebbe non essere necessaria con ecografia prenatale (terzo trimestre di gravidanza) normale	0 (0 mSv)
Scintigrafia renale con DMSA	5	In caso di ecografia patologica (ipodisplasia renale) e/o evidenza di RVU di grado elevato ^{2,20}	Non è un esame di prima linea; da considerare 4-6 mesi dopo la IVU per identificare eventuale <i>scarring</i>	☹☹☹ (0,3-3 mSv)
Cistouretrografia minzionale	5	Maschio con ecografia patologica e/o fattori di rischio o ricorrenza infettiva	Esame gold standard per lo studio della vescica e dell'uretra nel maschio Deve essere presa in considerazione nel maschio con ecografia o scintigrafia renale corticale patologiche	☹☹ (0,03-0,3 mSv)
Cistoscintigrafia diretta	4	Femmina con ecografia renale patologica e/o fattori di rischio o ricorrenza infettiva	Esame gold standard per lo studio del RVU nella femmina La cistosonografia ²⁶ rappresenta, quando disponibile, una valida alternativa	☹ (< 0,03 mSv)

Modificata con il permesso dell'American College of Radiology (ACR) da ACR Appropriateness Criteria®. Urinary Tract Infection in child (date of origin: 1999- last review date: 2012).²³ *Grado di appropriatezza secondo l'ACR = 1,2,3: generalmente non appropriato; 4,5,6: potrebbe essere appropriato; 7,8,9: generalmente appropriato. Abbreviazioni: DMSA = acido dimercaptosuccinico; IVU = infezioni delle vie urinarie; mdc = mezzo di contrasto; RRL = livello relativo di radiazione (tra parentesi: intervallo di dose efficace in età pediatrica); RVU = reflusso vescicoureterale

Tabella 4



SCENARIO 2

Tabella 5. Bambino di età > 3 anni con IVU febbrile che risponde al trattamento antibiotico

Procedura diagnostica	ACR*	Indicazioni	Osservazioni	RRL
Ecografia dei reni e delle vie urinarie	6		L'utilità dell'esame decresce all'aumentare dell'età del paziente	0 (0 mSv)
Scintigrafia renale con DMSA	3	Non indicata quale esame di prima linea	Considerare 4-6 mesi dopo la IVU per l'eventuale ricerca di <i>scarring</i> se IVU ricorrenti	☹☹☹ (0,3-3 mSv)
Cistouretrografia minzionale	3	Non indicata quale esame di prima linea	Considerare nel maschio con ecografia patologica	☹☹ (0,03-0,3 mSv)
Cistoscintigrafia diretta	3	Non indicata quale esame di prima linea	Considerare nelle femmine con ecografia patologica La cistosonografia ²⁶ rappresenta, quando disponibile, una valida alternativa	☹ (< 0,03 mSv)

Modificata con il permesso dell'American College of Radiology (ACR) da ACR Appropriateness Criteria®. Urinary Tract Infection in child (date of origin: 1999- last review date: 2012).²³ *Grado di appropriatezza secondo l'ACR = 1,2,3: generalmente non appropriato; 4,5,6: potrebbe essere appropriato; 7,8,9: generalmente appropriato. Abbreviazioni: DMSA = acido dimercaptosuccinico; IVU = infezioni delle vie urinarie; mdc = mezzo di contrasto; RRL = livello relativo di radiazione (tra parentesi: intervallo di dose efficace in età pediatrica); RVU = reflusso vescicoureterale

Tabella 5



SCENARIO 3

Tabella 6. Bambino con IVU febbrile atipica o ricorrente

Procedura diagnostica	ACR*	Indicazioni	Osservazioni	RRL
Ecografia dei reni e delle vie urinarie	9	Indicata	In acuto nei bambini di età < 6 mesi ed entro 6 settimane nei bambini di età > 6 mesi ⁶	0 (0 mSv)
Cistouretrografia minzionale	7	Indicata	Esame gold standard per lo studio e stadiazione del RVU, studio dell'uretra e della vescica Considerare sempre nel maschio < 6 mesi di età o presentazione clinica severa o ecografia patologica o ricorrenza infettiva	☹☹ (0,03-0,3 mSv)
Cistoscintigrafia diretta	7	Indicata	Considerare nelle femmine in relazione alla severità di presentazione clinica o con ecografia patologica o ricorrenza infettiva La cistosonografia ²⁶ rappresenta, quando disponibile, una valida alternativa	☹ (< 0,03 mSv)
Scintigrafia renale con DMSA	6	Esame di approfondimento	Non è un esame di prima linea; 4-6 mesi dopo la IVU per l'eventuale ricerca di <i>scarring</i>	☹☹☹ (0,3-3 mSv)
TC di addome e pelvi con mdc	3	Non indicata	Solo nel sospetto di ascesso renale	☹☹☹☹ (3-10 mSv)
TC di addome e pelvi senza mdc	2	Non indicata	In casi selezionati con sospetta calcolosi	☹☹☹☹ (3-10 mSv)
TC di addome e pelvi senza e con mdc**	1	Non indicata		☹☹☹☹ (3-10 mSv)

Modificata con il permesso dell'American College of Radiology (ACR) da ACR Appropriateness Criteria®. Urinary Tract Infection in child (date of origin: 1999- last review date: 2012).²³ *Grado di appropriatezza secondo l'ACR = 1,2,3: generalmente non appropriato; 4,5,6: potrebbe essere appropriato; 7,8,9: generalmente appropriato; ** l'intera procedura consiste in un primo esame senza mezzo di contrasto e in un secondo con mezzo di contrasto. Abbreviazioni: DMSA = acido dimercaptosuccinico; IVU = infezioni delle vie urinarie; mdc = mezzo di contrasto; RRL = livello di radiazione relativo (tra parentesi: intervallo di dose efficace in età pediatrica); RVU = reflusso vescicoureterale; TC = tomografia computerizzata

Tabella 6



SCENARIO 4

XV. Nefrourologia pediatrica - Ematuria

Inquadramento clinico

Il termine ematuria indica la presenza di eritrociti nell'urina. Può essere visibile a occhio nudo grazie al colore che varia dal rosso brillante al cola like (**ematuria macroscopica** o **macroematuria**) o evidenziabile al microscopio (presenza di 5 o più eritrociti/campo ad alta definizione confermata in 3 o più campioni in 2-6 mesi) o mediante strisce reattive (**ematuria microscopica** o **microematuria**). L'ematuria può essere sintomatica o asintomatica, transitoria o persistente, isolata o associata a proteinuria o ad altre anomalie urinarie.

L'ematuria è un segno clinico di frequente riscontro in età pediatrica e pone in genere molti dubbi e quesiti diagnostici. L'incidenza dell'**ematuria macroscopica** nei bambini è circa dello 0,13%¹ e in più della metà dei casi (56%) è dovuta ad una causa facilmente identificabile. L'ematuria microscopica asintomatica è 10 volte più frequente dell'ematuria macroscopica: nella maggior parte dei casi è transitoria e con valutazioni ripetute la prevalenza diminuisce a meno dello 0,5%; nell'80% dei casi i pazienti con microematuria rimangono orfani di diagnosi eziologica.¹⁻³

Le cause possono essere nefrologiche (glomerulari primitive o secondarie a patologia sistemica; interstiziopatie), vascolari oppure urologiche.

La gestione di base del bambino con ematuria prevede:

- il riconoscimento e la conferma della presenza di sangue nelle urine • la definizione dell'origine del sanguinamento e la valutazione delle cause più comuni
- la selezione dei pazienti che richiedono un approfondimento diagnostico.⁴⁻⁶

La valutazione del bambino con ematuria inizia con un'anamnesi meticolosa, che esplori la storia familiare (familiarità per ematuria, nefropatie, litiasi, ipertensione, sordità, emo o coagulopatie come la drepanocitosi e l'emofilia) e le possibili cause e segnali di allarme suggestivi di malattia con interessamento nefrourologico (tra le più comuni, infezioni del tratto urinario, esercizio fisico, recente infezione da streptococco beta-emolitico gruppo A (SBEGA), traumi, diarrea ematica, artralgie, rash, dolore al fianco, tendenza al sanguinamento, viaggi in latitudini tropicali, ematuria fittizia correlata a ingestione di cibi o farmaci), seguita da un esame obiettivo accurato (peso, pressione, edemi, rash, masse addominali, positività del segno di Giordano, sanguinamento genitale o anale, sordità).

Pochi e semplici esami forniscono informazioni preziose per la diagnosi differenziale e consentono di esplorare lo stato di salute del rene (Tabella 1).

L'**esame delle urine** e l'**urinocoltura** sono esami essenziali per diagnosticare la presenza di infezioni delle vie urinarie. L'analisi delle urine a fresco può aiutare a identificare la sede di origine dell'ematuria attraverso lo studio della morfologia delle emazie: si parla di ematuria glomerulare in presenza di emazie dismorfiche > 80%. La compresenza di ematuria e proteinuria (> 2+ allo stick urine) o di cilindri eritrocitari suggerisce un'origine glomerulare del sanguinamento. Il dosaggio di calcio e creatinina su urine spot consente di individuare condizioni di ipercalcemia come possibile causa di macro o microematuria.

Tabella 1. Inquadramento clinico dell'ematuria microscopica e macroscopica nel bambino

Anamnesi

- **Storia familiare**
Familiarità per ematuria, nefropatie, litiasi, ipertensione, sordità, emo o coagulopatie
- **Cause comuni/segni di allarme**
Infezioni del tratto urinario, esercizio fisico, recente infezione da SBEGA, traumi, diarrea ematica, artralgie, rash, dolore al fianco, tendenza al sanguinamento, viaggi in latitudini tropicali, ematuria fittizia correlata a ingestione di cibi o farmaci

Esame obiettivo

Peso, pressione, edemi, rash, masse addominali, positività del segno di Giordano, sanguinamento genitale o anale, sordità

Esami ematochimici e urinari

Urea, creatinina, elettroliti sierici ed emogasanalisi venosa, esame delle urine, microalbuminuria e beta2 microglobulina urinaria

Indicazioni al percorso radiodiagnostico

All'indagine clinica segue, quando necessario, l'approfondimento radiodiagnostico. Le indicazioni alle indagini strumentali mediante immagine dipendono dallo scenario clinico nel quale l'ematuria si presenta. L'American College of Radiology (ACR) identifica 4 scenari principali, definendo per ciascuno di essi l'algoritmo radiodiagnostico (**Tabella 2**).

- L'**ecografia renale e vescicale** rappresenta l'esame di scelta in caso di ematuria. Questo esame fornisce informazioni relative a sede, dimensioni e anatomia del rene e della via escrettrice. Quando si sospetta un coinvolgimento vascolare (per esempio una *nutcracker syndrome*) si impiega l'**ecografia color-doppler**. Rispetto ad altre tecniche di indagine strumentale, entrambi gli esami ultrasonografici sono rapidi, non invasivi, facilmente accessibili e non espongono a radiazioni ionizzanti;⁴ hanno tuttavia il limite di essere operatore-dipendenti.
- La **tomografia computerizzata (TC)** dell'addome e della pelvi è l'esame di scelta in caso di

macroematuria secondaria a trauma addominale ed è utile quale esame di approfondimento nel sospetto di urolitiasi e nella stadiazione di neoplasie renali (per esempio il tumore di Wilms, tra le neoplasie più frequenti).⁴ L'esame comporta un'elevata esposizione a radiazioni ionizzanti.

- Al pari della TC la **risonanza magnetica (RM)** con e senza mezzo di contrasto dell'addome e della pelvi e la **uroRM** sono esami di approfondimento nel sospetto di lesioni neoplastiche del rene e della vescica così come per la definizione del dettaglio anatomico nella patologia malformativa congenita complessa. La **RM** ha un'indicazione limitata in caso di urolitiasi in quanto non identifica i calcoli in senso positivo ma solo come occupazione di spazio; la uroRM consente lo studio dettagliato non solo del parenchima renale ma anche della via escrettrice che sfugge all'ecografia. Pur essendo preferibile rispetto alla TC per l'assenza di esposizione a radiazioni ionizzanti, la **RM** richiede la sedazione del paziente non collaborante anche in considerazione dei tempi prolungati di esecuzione (circa 45 minuti).

- L'**urografia a raggi X** non trova alcuna indicazione in radiologia pediatrica in quanto esporrebbe i bambini a inutili radiazioni ionizzanti senza fornire informazioni aggiuntive rispetto agli altri metodi radiodiagnostici disponibili (ecografia, RM e uroRM).

- La **cistouretrografia minzionale** studia nel dettaglio la morfologia della vescica e dell'uretra. In situazioni cliniche selezionate, per esempio nel sospetto di patologia ostruttiva della bassa via urinaria (per esempio, rilievo ecografico di idroureteronefrosi bilaterale, ureterocele, ispessimento delle pareti vescicali) può esservi indicazione allo studio cistografico del paziente con ematuria. L'esame è operatore-dipendente. I pazienti devono essere indirizzati a centri radiologici pediatrici ad alta specializzazione che possano garantire l'esecuzione della procedura con un'irradiazione minima e centrata solo sull'apparato urinario. Non deve essere impiegato il catetere vescicale tipo Foley e la fase minzionale deve essere valutata in posizione obliqua. Per quanto riguarda la preparazione l'approccio comune in Italia è il seguente: proseguimento della profilassi antibiotica fino a 2 giorni prima dell'esame seguito da terapia a dose piena per 3 giorni, a partire dal giorno precedente l'esame.

- La **radiografia** dell'addome senza mezzo di contrasto può fornire elementi utili qualora si sospetti la presenza di calcoli radiopachi non visualizzati dallo studio ecografico.¹

Tabella 2. Scenari per il percorso radiodiagnostico

Scenario 1
Ematuria isolata macroscopica e microscopica
Scenario 2
Ematuria non traumatica con sintomatologia algica
Scenario 3
Ematuria traumatica macroscopica
Scenario 4
Ematuria traumatica microscopica

Fonte: American College of Radiology. Expert Panel on Pediatric Imaging. Hematuria in child. ACR Appropriateness Criteria (Date of origin: 1999; last review date: 2012)⁴

Scenario 1. Bambino con ematuria isolata macroscopica e microscopica

Si definisce isolata l'ematuria che si presenta senza sintomi di accompagnamento soggettivi (per esempio colica renale, disuria, febbre) e in assenza di altre anomalie urinarie (per esempio, proteinuria e cilindriruria) o di segni di patologia renale occulta (ipertensione arteriosa, edemi, oliguria). Può essere macroscopica o microscopica. L'**ecografia renale e vescicale** e l'**ecografia color-doppler** sono gli esami di scelta, mentre gli altri esami strumentali sono riservati ai casi che necessitano di un approfondimento diagnostico (Tabella 3).

In caso di ematuria macro- o microscopica l'ecografia del rene e della vescica valuta l'anatomia, le dimensioni e la posizione dei reni; descrive la morfologia della vescica (pareti, lesioni endovesicali, residuo postmizionale) ed eventuali dilatazioni ureterali. L'ecografia color-doppler rappresenta il miglior metodo di indagine per la valutazione iniziale nel sospetto di un coinvolgimento vascolare (per esempio, una malformazione vascolare endorenale oppure una *nutcracker syndrome*).⁴

L'**ecografia** è un esame di prima scelta per lo studio morfologico del rene e della vescica ed è in grado di identificare lesioni neoplastiche del parenchima renale così come della vescica che si manifestino con ematuria macroscopica, più raramente microscopica. **TC** e **RM** sono esami di approfondimento per la stadiazione della lesione neoplastica (estensione, invasione vascolare, metastasi).

Scenario 1



TABELLA 3

Scenario 2. Bambino con ematuria non traumatica con sintomatologia algica (urolitiasi)

Quando il dolore addominale accompagna l'ematuria, la diagnosi differenziale principale è di urolitiasi (calcolosi), sebbene debba essere presa in considerazione anche l'eventualità di infezione delle vie urinarie, patologia neoplastica, idronefrosi secondaria a ostruzione della giunzione ureteropelvica (l'ematuria non costituisce tuttavia il sintomo principale di quest'ultima). Nei bambini la presenza di calcoli non è comune come negli adulti e spesso non si presenta con i sintomi classici (sintomatologia aspecifica).⁴

Sebbene la TC senza mezzo di contrasto sia l'indagine più accurata per l'identificazione e la quantificazione dei calcoli, essa deve essere riservata ai casi problematici e con iter diagnostico complesso. L'American College of Radiology le attribuisce un indice di appropriatezza superiore - sebbene di poco - all'ecografia renale e vescicale, indicandola quale esame preferenziale per l'identificazione di calcoli nel tratto genitourinario.⁴ Tuttavia l'ecografia e la radiografia a raggi X, da sole o in combinazione, costituiscono una valida alternativa alla TC per l'identificazione dei calcoli e permettono di limitare l'esposizione dei bambini a radiazioni ionizzanti inutili. Per questa ragione sono considerate entrambi esami di primo livello diagnostico (Tabella 4). In particolare:

- l'**ecografia** è raccomandata quale screening iniziale per l'identificazione di calcoli, radiopachi o radiotrasparenti; in caso di positività essa indirizza la gestione del paziente (una ecografia negativa non esclude la presenza di calcoli).⁴
- la **radiografia a raggi X** potrebbe essere utile nei pazienti con ematuria sintomatica e storia personale o familiare di calcoli, per identificare calcoli radiopachi presenti a livello ureterale sfuggiti all'osservazione ecografica.⁴
- l'uso combinato di ecografia e radiografia dell'addome e della pelvi ha una sensibilità e specificità diagnostiche elevate (89-100%) e fornisce informazioni sulla presenza e sulla natura della calcolosi, nonché sull'entità dell'ostruzione.⁷⁻⁹
- la TC andrebbe riservata ai casi dubbi, nei quali l'ecografia e la radiografia senza mezzo di contrasto non sono riuscite a dirimere i dubbi diagnostici.

In ambito pediatrico l'**uroRM** ha completamente sostituito l'urografia e potrebbe essere utile qualora si sospetti una calcolosi secondaria a stasi e l'ecografia e la radiografia non siano risolutive per la diagnosi (per esempio, in caso di coliche recidivanti senza dimostrazione di calcoli) e nella calcolosi ureterale. Il suo utilizzo deve essere molto ponderato nel sospetto di calcolosi poiché non identifica i calcoli in senso positivo ma solo come occupazione di spazio.

Scenario 2



TABELLA 4

Scenario 3. Bambino con macroematuria traumatica

L'ematuria macroscopica nel bambino con trauma addominale è uno dei parametri per l'attribuzione della categoria di rischio in pediatria d'urgenza (insieme ad altri quali frattura pelvica, ematocrito < 30%, addome silente, eccetera). Gli organi maggiormente coinvolti nel trauma addominale sono il fegato, la milza e il rene. Un trauma, anche di lieve entità, a livello di un rene patologico (per esempio, rene idronefrotico, ectopico, eccetera) può causare importanti conseguenze ed è noto che anomalie renali si osservano nell'1-4% della popolazione.⁴

La **TC con mezzo di contrasto per via endovenosa** e l'**ecografia** sono i due esami di scelta per la valutazione delle eventuali lesioni nel paziente pediatrico con trauma addominale (Tabella 5). Entrambi sono esami di primo livello diagnostico in urgenza: l'ecografia è la prima in ordine temporale perché immediatamente disponibile nelle strutture di Primo Soccorso.

In caso di fratture pelviche, nelle quali è alto il rischio di rottura della vescica, la **cistografiaTC con mezzo di contrasto** in vescica è ritenuta l'esame più accurato e ha il vantaggio di non dover spostare il paziente dall'apparecchiatura TC.

I pazienti con sangue visibile all'ispezione del meato uretrale, specie se associato a fratture pelviche, sono ad alto rischio di lesione dell'uretra; devono essere pertanto evitati approcci diagnostici mediante cateterismo uretrale; l'accesso deve essere sovrapubico.

Scenario 3



TABELLA 5

Scenario 4. Bambino con microematuria traumatica

L'ematuria microscopica nel bambino con trauma addominale può essere espressione di danno renale significativo. In particolare nel politrauma, nei traumi da decelerazione e in presenza di anomalie congenite (idronefrosi, ectopia renale, eccetera) o di segni clinico-biochimici quali dolore, ecchimosi, anemizzazione, instabilità emodinamica si impone un'accurata diagnostica per immagini (**TC dell'addome e della pelvi con mdc per via endovenosa**) per valutare un eventuale danno renale (Tabella 6). D'altra parte l'ematuria microscopica isolata in assenza di segni clinico-laboratoristici di trauma viscerale non richiede diagnostica radiologica in urgenza.

Scenario 4



TABELLA 6

Punti chiave

- L'**ecografia** è sempre l'esame di scelta nell'ematuria isolata asintomatica
- L'**ecografia** è l'esame di scelta per l'identificazione dei calcoli e ha il vantaggio di non esporre a radiazioni ionizzanti, l'associazione con la **radiografia** migliora la definizione diagnostica
- La **TC senza mezzo di contrasto** è un esame appropriato in caso di ematuria da sospetta urolitiasi (calcolosi); tuttavia esso andrebbe riservato ai casi dubbi a causa dell'elevata esposizione a radiazioni ionizzanti
- La **TC con mezzo di contrasto** e l'**ecografia** sono gli esami di scelta in caso di trauma, soprattutto se presente ematuria macroscopica
- L'**urografia** non ha più alcuna indicazione in età pediatrica

Bibliografia

1. Meyers KEC. Evaluation of hematuria in children. *Urol Clin N Am* 31 (2004) 559-573
2. Bruno I. La microematuria tra normalità e patologia. *Medico e Bambino* 2011; 9: 596-597
3. Bergstein et al. The clinic significance of asymptomatic gross and microscopic hematuria in children. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2005; 159: 353-355
4. American College of Radiology. Expert Panel on Pediatric Imaging. Hematuria in child. ACR Appropriateness Criteria. Date of origin: 1999; last review date: 2012 (<http://www.acr.org/ac>) (Accessed January 2016)
5. Gulati S et al. Hematuria workup. (<http://emedicine.medscape.com/article/981898-workup>)
6. Tu W, Shortliffe LD. Evaluation of asymptomatic, atraumatic hematuria in children and adults. *Nat Rev Urol* 2010; 7(4): 189-194
7. Quingley R. Evaluation of Hematuria and proteinuria: how should a pediatrician proceed? *Curr Opin Pediatr* 2008; 20(2): 140-144
8. Borghi L et al. Linee Guida per la nefrolitiasi www.sin-italy.org/pdf/linee_guida/LG_Nefrolitiasi.pdf
9. Associazione Urologi Ospedalieri (AURO). Linee guida per la calcolosi urinaria www.auro.it/lg1.pdf

Tabella 3. Bambino con ematuria isolata macroscopica e microscopica

Procedura diagnostica	ACR*	Indicazioni	Osservazioni	RRL
Ecografia reni e vescica	7	Esame di scelta	Valuta l'anatomia, le dimensioni e la posizione dei reni Descrive la morfologia della vescica (pareti, lesioni endovesicali, residuo postminzionale) ed eventuali dilatazioni ureterali Visualizza eventuali lesioni o tumori della vescica e del rene che si manifestano con ematuria Esame operatore-dipendente	0 (0 mSv)
Ecografia color doppler	7	Esame di scelta	È utile nell'indagine iniziale di sospetta lesione vascolare (per esempio, malformazione vascolare endorenale) o di <i>nutcracker syndrome</i> (distensione della vena renale sinistra) Esame operatore-dipendente	0 (0 mSv)
Cistouretrografia minzionale	3	Esame di approfondimento	Valuta possibili cause urologiche di ematuria (per esempio polipi, stenosi meatale o uretrale, eccetera) Esame operatore-dipendente	☹☹ (< 0,03 mSv)
TC addome e pelvi con mdc	3	Esame di approfondimento	Valuta la presenza di un'eventuale lesione vascolare, di urolitiasi, di tumore renale o vescicale (dimensioni, invasione vascolare, presenza di metastasi)	☹☹☹☹ (3-10 mSv)
RM addome e pelvi con mdc	3	Esame di approfondimento	Valuta un eventuale tumore renale o vescicale (dimensioni, invasione vascolare, presenza di metastasi) È utile in caso di dubbio circa la resecabilità di un tumore dopo identificazione mediante TC	0 (0 mSv)
Radiografia addome e pelvi	2	Esame di approfondimento	Associata a ecografia in caso di urolitiasi	☹☹☹ (0,3-3 mSv)
UroRM	-	Esame di approfondimento	È utile in caso di sospetto fondato di neoplasia ureterale, per visualizzare il tratto medio dell'uretere, non visibile all'ecografia	0 (0 mSv)

Fonte: Modificata con il permesso da American College of Radiology (ACR) da ACR Appropriateness Criteria⁴. Hematuria in child (Date of origin 1999 - last review date 2012); ⁴*grado di appropriatezza ACR= 1,2,3: generalmente non appropriato; 4,5,6: potrebbe essere appropriato; 7,8,9: generalmente appropriato; mdc = mezzo di contrasto; RM = risonanza magnetica; RRL = livello di radiazione relativo (tra parentesi: dose efficace in età pediatrica); TC = tomografia computerizzata

Tabella 3



SCENARIO 1

Tabella 4. Bambino con ematuria algica non traumatica

Procedura diagnostica	ACR*	Indicazioni	Osservazioni	RRL
Ecografia reni e vescica	8	Primo livello diagnostico ^{7,8}	Identifica calcoli radiopachi e radiotrasparenti e dilatazioni delle vie escrettrici (sospetta ostruzione); fornisce informazioni morfologiche dell'apparato urinario; identifica la presenza di ascessi renali e perirenali Un esame negativo non esclude la presenza di urolitiasi	0 (0 mSv)
Radiografia addome e pelvi	6	Primo livello diagnostico, da sola o in combinazione con ecografia	Può essere utile in caso di storia personale o familiare di urolitiasi, per identificare calcoli radiopachi sfuggiti all'osservazione ecografica. Ha un'accuratezza dell'83-90% nell'identificazione di calcoli radiopachi. ^{7,8} Non identifica invece i calcoli radiotrasparenti (per esempio, i calcoli di acido urico, peraltro estremamente rari nei bambini)	☹☹☹ (0,3-3 mSv)
TC addome e pelvi senza mdc	8	Esame di approfondimento	Esame accurato per l'identificazione di calcoli nel tratto genitourinario e per la loro quantificazione; fornisce informazioni su altre patologie (renali ed extrarenali) Va riservata ai casi dubbi, nei quali l'ecografia e la radiografia non siano dirimenti	☹☹☹☹ (3-10 mSv)
UroRM	-	Esame di approfondimento ^{7,9}	Potrebbe fornire informazioni sulla posizione del calcolo e sul suo movimento dopo la diagnosi iniziale. Fornisce informazioni aggiuntive nella calcolosi recidivante, quando l'ecografia induce a sospettare anomalie anatomiche delle vie urinarie e quando sussiste una patologia ostruttiva di origine dubbia o indefinita	0 (0 mSv)
RM addome e pelvi senza e con mdc**	3	Raramente indicata	Offre immagini ad alta risoluzione degli organi addominali, incluso l'apparato urinario, ma presenta limiti nella valutazione delle ostruzioni Ha un ruolo solo esplorativo ed è indicata in circostanze selezionate, qualora sussistano dubbi diagnostici. Potrebbe non identificare i calcoli	0 (0 mSv)

Modificata con il permesso da American College of Radiology (ACR). Expert Panel on Pediatric Imaging. Hematuria in child. ACR Appropriateness Criteria (Date of origin 1999 - last review date 2012);⁴ *grado di appropriatezza ACR= 1,2,3: generalmente non appropriato; 4,5,6: potrebbe essere appropriato; 7,8,9: generalmente appropriato; ** l'intera procedura consiste in un primo esame senza mezzo di contrasto e in un secondo con mezzo di contrasto; mdc = mezzo di contrasto; RM = risonanza magnetica; RRL = livello di radiazione relativo; TC = tomografia computerizzata

Tabella 5. Bambino con macroematuria traumatica

Procedura diagnostica	ACR*	Indicazioni	Osservazioni	RRL
TC addome e pelvi con mdc ev	9	Esame di scelta	Ideale per identificare lesioni degli organi parenchimatosi Permette di osservare il sanguinamento in atto Esame veloce e accurato (sensibilità e specificità elevate)	☼☼☼☼ (3-10 mSv)
TC pelvi con mdc in vescica (cistografiaTC)	5	Fratture pelviche (alto rischio di rottura della vescica) Sanguinamento dal meato uretrale (alto rischio di rottura dell'uretra)	Visualizza eventuali danni alla vescica e all'uretra. Mai con catetere in uretra se sanguinamento dal meato uretrale	☼☼☼☼ (3-10 mSv)
Ecografia reni e vescica	3	Esame di scelta in Italia, immediatamente accessibile in attesa di organizzare la TC	Non sempre visualizza le lesioni maggiori del rene	0 (0 mSv)
Radiografia addome e pelvi	2	Non indicata		☼☼☼ (0,3-3 mSv)
RM addome e pelvi senza e con mdc**	2	Non indicata	Eccessiva lunghezza dell'esame e necessità di sedazione	0 (0 mSv)

*Modificata con il permesso da American College of Radiology (ACR). Expert Panel on Pediatric Imaging. Hematuria in child. ACR Appropriateness Criteria (Date of origin 1999 - last review date 2012);⁴*grado di appropriatezza ACR= 1,2,3: generalmente non appropriato; 4,5,6: potrebbe essere appropriato; 7,8,9: generalmente appropriato; ** l'intera procedura consiste in un primo esame senza mezzo di contrasto e in un secondo con mezzo di contrasto; mdc = mezzo di contrasto; RM = risonanza magnetica; RRL = livello relativo di radiazione; TC = tomografia computerizzata*

Tabella 5

SCENARIO 3

Tabella 6. Bambino con microematuria traumatica

Procedura diagnostica	ACR*	Indicazioni	Osservazioni	RRL
TC addome e pelvi con mdc	7	In presenza di fattori di rischio (frattura pelvica, dolore al fianco, anemia, ipotensione o altre lesioni d'organo)	Somministrazione endovenosa dell'mdc	☹☹☹☹☹ (3-10 mSv)
Ecografia reni e vescica	4	Esame di scelta in Italia, immediatamente accessibile in attesa di organizzare la TC	Bassa probabilità di fornire informazioni utili alla gestione del paziente	0 (0 mSv)
<i>Modificata con il permesso da American College of Radiology (ACR). Expert Panel on Pediatric Imaging. Hematuria in child. ACR Appropriateness Criteria (Date of origin 1999 - last review date 2012); *grado di appropriatezza ACR= 1,2,3: generalmente non appropriato; 4,5,6: potrebbe essere appropriato; 7,8,9: generalmente appropriato; mdc = mezzo di contrasto; RM = risonanza magnetica; RRL = livello relativo di radiazione; TC = tomografia computerizzata</i>				

Tabella 6



SCENARIO 4

XVI. Comunicazione del rischio radiologico

Patrizia Elli

Concetti generali

Gli argomenti trattati nei diversi capitoli di questo manuale costituiscono la base delle conoscenze che tutti gli attori coinvolti nella prescrizione/esecuzione degli esami radiologici dovrebbero possedere. La letteratura internazionale mostra che la conoscenza da parte dei medici dei temi relativi alle dosi somministrate e alla radioprotezione è scarsa e che i rischi correlati alle singole procedure radiodiagnostiche sono generalmente sottostimati. Un medico poco informato non sarà in grado di informare a sua volta il paziente sui rischi connessi alle radiazioni ionizzanti e di applicare coscientemente il principio di giustificazione.

Oltre alla carenza di informazione, una delle cause dell'uso scorretto delle procedure è l'impiego di una comunicazione non efficace, intendendo con questo termine una comunicazione professionale che non raggiunge l'obiettivo, cioè il trasferimento delle informazioni scientifiche necessarie alla comprensione e all'ottimizzazione delle pratiche radiologiche dal medico agli altri soggetti coinvolti: pazienti, colleghi, pubblico, istituzioni e sistema sanitario. Questo capitolo vuole fornire qualche elemento di riflessione sulle peculiarità della comunicazione professionale e in particolare sulle caratteristiche della comunicazione del rischio.

Caratteristiche di una comunicazione efficace

Affinché una comunicazione sia efficace, colui che emette il messaggio (emittente) deve tenere conto delle peculiarità di chi lo riceve (ricevente). Ciò significa che il messaggio deve essere orientato al destinatario e “confezionato su misura” (*tailored*). Una forma comunicativa che non abbia queste caratteristiche è destinata a non essere raccolta.

Si possono individuare due livelli comunicativi:

- la comunicazione di massa (popolazione, istituzioni)
- la comunicazione al singolo (paziente, famiglie, colleghi)

Comunicazione di massa

La comunicazione di massa¹presuppone più propriamente una trasmissione di *informazione* per cui non è previsto lo scambio, il rapporto e/o la relazione con il destinatario ed è necessariamente una comunicazione monodirezionale. Anche nella comunicazione di massa esistono tuttavia strategie che permettono di rendere più comprensibili e mirate le informazioni, per esempio prendendo spunto dalle paure e dalle domande che più frequentemente sono poste sull'argomento (FAQ, *frequently asked question*) e riducendo così la distanza tra l'emittente e il ricevente.²

Il requisito minimo affinché il messaggio sia colto e provochi almeno una riflessione è che sia breve, semplice e comprensibile.

Questo presuppone:

- l'assenza di termini tecnici/medici
- la trasformazione dei termini tecnici nelle voci comunemente usate nel linguaggio quotidiano
- l'impiego di frasi brevi che trattino di un singolo argomento alla volta.

Occorre inoltre ricordare che i contenuti delle informazioni rivolte al pubblico devono essere condivisi da tutti gli operatori del settore (medici, tecnici radiologi, associazioni professionali) poiché ogni professionista è inserito in un sistema la cui sintonia aumenta la credibilità da parte del paziente e la possibilità di indurre cambiamenti.

Comunicazione al singolo individuo

La comunicazione al singolo soggetto, se ben condotta, ha il vantaggio di permettere un confronto e una maggiore personalizzazione. Essa si basa su uno scambio equilibrato tra chi informa e chi riceve il messaggio e si ottiene con l'ascolto e l'uso di risposte compatibili con quanto l'interlocutore ha detto.

Nella comunicazione medico-paziente, se l'obiettivo è veicolare informazioni utili per prendere decisioni sulla propria salute o su quella dei propri familiari, occorre ricordare che:

- ogni paziente ha una sua identità, una sua storia, una sua cultura, una sua opinione sull'argomento
- ogni paziente può aver raccolto informazioni da altre fonti: media, altri medici, altre figure professionali
- ogni paziente, può avere paure e incertezze rispetto all'argomento trattato che non corrispondono a quelle ritenute tali dal medico.

E' quindi importante esplorare queste aree usando un approccio che privilegi l'ascolto e l'uso di domande esplorative prima di inserire le informazioni e le eventuali indicazioni di comportamento che, fornite in questa successione, valorizzano l'opinione del paziente e rendono l'informazione:

- accettabile, perché tiene conto del contesto soggettivo del paziente
- comprensibile, in quanto parte da quanto il paziente sa o pensa di sapere
- traducibile in comportamenti possibili (per quella persona, per quella famiglia).

Comunicazione tra colleghi

In pediatria e nella medicina di famiglia spesso le richieste di esami radiologici provengono da altri specialisti che non conoscono approfonditamente la storia sanitaria dei pazienti a loro inviati per un consulto. In particolare lo specialista potrebbe non sapere a quanti esami radiologici sia già stato sottoposto quel paziente. È quindi compito del medico curante valutare l'opportunità dell'esame prescritto anche alla luce dei dati in suo possesso.

Come già accennato nei paragrafi precedenti, ogni singolo professionista sanitario fa parte di un unico sistema e affinché la comunicazione sia efficace nell'ottenere il benessere del paziente sarà utile tenere presente alcune regole:

- non svalutare l'indicazione del collega agli occhi del paziente
- spiegare al paziente l'utilità di rivedere la prescrizione dopo aver parlato con il collega per fornire i dati a lui mancanti e per scambiarsi informazioni e opinioni circa l'indicazione di quell'esame per quello specifico paziente
- valutare con il collega se non esistano altre possibilità
- farsi carico di tutti i passaggi comunicativi e non demandarli al paziente.

Queste modalità comunicative, oltre a rafforzare la fiducia del paziente che percepirà un clima di collaborazione e presa in carico, aumentano le probabilità di una corretta prescrizione in ambito radiologico (e non solo).

A questo proposito esistono anche richiami da parte dell'Ordine dei Medici nelle "Raccomandazioni per migliorare il comportamento deontologico tra colleghi in merito a richieste, proposte e prescrizioni" così come nella Carta di Firenze³ si richiama l'attenzione sulla comunicazione sia al paziente sia in un ambito multidisciplinare.

*La condizione normale
della medicina è l'incertezza.
E la saggezza, sia da parte dei pazienti
sia da parte dei medici, sta nel
modo di affrontarla*

A. Gawande

Comunicazione del rischio

Nell'affrontare il tema della comunicazione del rischio occorre in primo luogo distinguere tra i due termini incertezza e rischio:

- si parla di **incertezza** quando a un evento non è possibile assegnare dei valori numerici alle alternanze possibili per mancanza di dati empirici (per esempio, effetto stocastico)
- si parla di **rischio** quando l'incertezza può essere espressa numericamente: è la probabilità più o meno prevedibile di subire un evento negativo per la salute.

Come in ogni ambito della medicina, nella comunicazione del "rischio radiologico" occorre essere in grado di comunicare entrambi i concetti. In particolare occorre essere consapevoli che la comunicazione dell'incertezza può provocare reazioni di irrazionalità nelle scelte: ciò avviene quando l'interlocutore non è attrezzato psicologicamente ad affrontare l'ansia di un pericolo non quantificabile.

Si tratta di una comunicazione difficile, soprattutto quando l'esame è necessario ma sussiste la possibilità di un rifiuto irrazionale da parte del paziente. E' proprio in queste circostanze che è utile spiegare non solo quali sono i rischi collegati all'esecuzione di un esame radiologico ma anche a quali pericoli il paziente vada incontro in caso di rifiuto (per esempio: non fare una diagnosi, ritardare un trattamento, eccetera).

E' comunque compito del medico acquisire dimestichezza con il ragionamento probabilistico utile ad arginare gli effetti dell'incertezza. Per esempio, quando è possibile riferirsi a numeri, questi devono essere comunicati in modo comprensibile, utilizzando le frequenze naturali invece delle percentuali: è più facile comprendere il concetto di rischio correlato alla mammografia se il medico afferma che l'esame previene la morte per cancro al seno a 1 donna ogni 1.000 che si sottopongono all'esame piuttosto che dire che lo riduce dello 0,1%. L'uso delle frequenze naturali rende più comprensibile la comunicazione anche perché obbliga a riportare il dato numerico a una classe di riferimento (nell'esempio citato la classe di riferimento sono *le donne che si sottopongono a screening* e non la popolazione femminile totale).⁴

Alcuni lavori dimostrano come la differenza tra la percezione del rischio da parte del medico e quella da parte del paziente sia uno dei problemi maggiori nella comunicazione del rischio.⁵ La percezione da parte del medico è *oggettiva* ed è basata su dati *statistici-epidemiologici* derivati dalla letteratura scientifica. Viceversa il paziente interpreta il rischio su una base *soggettiva ed emotiva*, derivando le proprie convinzioni da fonti meno sicure, non necessariamente scientifiche: riviste, internet, trasmissioni televisive, discussioni tra amici.^{6,7}

Una estensione di questo concetto è bene illustrata in un articolo di Sandman e Lanard⁸ dove, partendo dall'osservazione che spesso le persone "hanno paura dei rischi sbagliati" si tenta una definizione di rischio che comprenda sia la visione degli esperti sia quella della gente. In questo modo ciò che i medici e gli esperti chiamano *rischio* viene denominato *rischio/pericolo (hazard)* mentre tutti i fattori che spaventano, alterano e indignano la gente circa un rischio vengono riuniti nel termine *indignazione (outrage)*. Il rischio (*risk*) è dato dalla somma delle due componenti:

risk = hazard + outrage. Le persone tendono a non considerare l'hazard mentre gli esperti pongono scarsa attenzione all'outrage.

Per evitare questa dicotomia e ridurre la distanza tra i soggetti comunicanti può ancora una volta venire in aiuto una modalità comunicativa che privilegi l'ascolto e l'esplorazione delle aree cognitive del paziente. Questo approccio comunicativo facilita la conoscenza dei sistemi di valore della persona a cui ci si rivolge, tenendo presente che i fattori che influenzano la risposta alla comunicazione di un rischio (i fattori di outrage) sono:

- il grado di fiducia nei confronti di chi informa
- la rilevanza dell'informazione in relazione alla quotidianità
- il rapporto con altri rischi percepiti
- il confronto con conoscenze ed esperienze precedenti
- la difficoltà e l'importanza della decisione.
- Il grado di controllo esercitato dal soggetto sul rischio (un rischio volontario è più accettabile di un rischio subito)
- Il grado di equità del rischio (un rischio subito solo da alcuni soggetti o da una parte della popolazione è un rischio iniquo ed è percepito come un grande rischio)

Se lo scambio comunicativo ne suggerisce l'utilità si possono usare esempi, metafore e analogie che personalizzano ulteriormente il messaggio.

Conclusioni

Quanto suggerito in questo capitolo può non essere esaustivo ma vuole essere uno stimolo per una formazione che migliori l'uso di uno tra gli strumenti medico-professionali più importanti, la comunicazione, per far sì che il professionista in possesso di conoscenze scientifiche corrette e aggiornate non rischi di rimanere l'unico detentore delle stesse, con insoddisfazione personale e possibile danno professionale.

Bibliografia

1. Gangemi M, Elli P. In Toffol G, Todesco L, Reali L. Inquinamento e salute dei bambini. Il Pensiero scientifico Ed, 2010
2. [/www.pedrad.org/displaycommon.cfm?an=1&subarticlenbr=559](http://www.pedrad.org/displaycommon.cfm?an=1&subarticlenbr=559) (Children and radiation safety)
3. Gangemi M. La Carta di Firenze è un impegno dell'ACP Quaderni 2005; 5: 185
4. Gigerenzer G. Quando i numeri ingannano. Raffaello Cortina Ed, 1999
5. Peck DJ, Samei E. How to understand and communicate radiologic risk. Image Wisely (<http://www.imagewisely.org/~media/ImageWisely%20Files/Medical%20Physicist%20Articles/IW%20Peck%20Samei%20Radiation%20Risk.pdf>)
6. Bert G. Editoriale "La parola e la cura" Primavera 2004 – Il rischio di parlare di rischio www.counselling.it/index.php?option=com_booklibrary&task=view&id=26&catid=59&Itemid=141
7. <http://www.fda.gov/Radiation-EmittingProducts/default.htm> (Pediatric x-ray imaging)
8. Sandman PM, Lanard J. Bird flu: communicating the risk. Perspective in Health 2005; vol 10: 2

XVII. Glossario

Automatic tube current modulation techniques (ATCM)

ATCM è una tecnica selezionabile prima dell'esame TC dall'operatore, nella quale la corrente del tubo (vedi *Corrente del tubo radiogeno*) varia automaticamente durante l'acquisizione in funzione dello spessore del paziente. In questo modo la corrente risulta ridotta quando il fascio attraversa una sezione del paziente di minore spessore (per esempio quando il fascio è diretto in direzione antero-posteriore). Questa tecnica ha quale obiettivo una riduzione della dose al paziente, soprattutto in regioni anatomiche quali la testa e il collo ma anche il torace e l'addome, mantenendo inalterata la qualità delle immagini. Nel caso di TC pediatriche l'utilizzo di questa tecnica richiede una maggiore attenzione nel posizionamento del paziente esattamente al centro del gantry.

Cone Beam CT

La Cone Beam Computed Tomography (CBCT) è una tecnica TC nella quale il fascio RX ha una forma conica, con apertura angolare lungo la direzione cranio-caudale maggiore rispetto alla TC standard, che ha un fascio a ventaglio. La dimensione del fascio viene regolata in modo da coprire il rivelatore digitale utilizzato, caratterizzato da dimensioni estese. Questa geometria permette di acquisire un intero distretto anatomico con una sola rotazione del tubo utilizzando dosi inferiori rispetto alla TC standard. A causa della diversa geometria del fascio, il processo di ricostruzione è però più complesso perché deve tenere conto della divergenza del fascio. I sistemi CBCT vengono utilizzati per diverse applicazioni e in particolare per studi dentali per implantologia o ortodonzia. Questi sistemi sono anche chiamati "Wide detector TC".

Corrente del tubo radiogeno

È la corrente (nell'ordine dei milliampere mA) che passa per il catodo del tubo radiogeno. Il filamento del catodo si scalda al passaggio di questa corrente e quindi emette elettroni (per effetto termoionico). Tali elettroni sono accelerati e colpiscono un anodo metallico, dal quale ha origine la radiazione X. La quantità di corrente al tubo determina la fluenza fotonica del fascio emesso; in altre parole, una corrente al tubo alta produce in uscita un maggior numero di fotoni X. Questa quantità viene in genere espressa in mAs, cioè come prodotto tra la corrente e il tempo di emissione in secondi.

Computed Tomography Dose Index CTDI	Il CTDI è un indice di dose utilizzato in TC e fornisce informazioni sulla dose puntuale di un esame TC. Esso rappresenta la dose media assorbita lungo la direzione cranio-caudale per una serie di irradiazioni contigue e si misura in mGy. Il CTDI è calcolato a seguito di una misura in modalità assiale con camera a ionizzazione posta all'isocentro di rotazione. Può essere misurato in aria o in fantoccio e varia al variare del protocollo utilizzato (kV, mAs, pitch, eccetera).
Detettore	Il detettore (o rivelatore) è un dispositivo digitale capace di rivelare la radiazione incidente. Nel caso della TC o CBCT, il detettore è posto in direzione diametralmente opposta al tubo ed è capace di rivelare la radiazione emessa dal tubo che riesce ad attraversare interamente il corpo del paziente. L'informazione raccolta dai detettori è il punto di partenza per la ricostruzione dell'immagine radiologica.
DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine)	Lo standard DICOM (Digital Imaging and COmmunications in Medicine, immagini e comunicazione digitale in medicina) è un formato che definisce i criteri per la comunicazione e la trasmissione, la visualizzazione, l'archiviazione e la stampa di informazioni di tipo biomedico. Le immagini diagnostiche (TC, angiografia, risonanza magnetica e medicina nucleare), e tutte le informazioni relative, sono esportate e archiviate come file DICOM. Lo standard DICOM è pubblico, nel senso che la sua definizione è accessibile a tutti e tende a seguire linee guida internazionali: in questo modo diviene possibile l'interscambio e il confronto di informazioni tra apparecchiature, server e pc di produttori diversi, entrambi fattori di importanza rilevante nell'ambito medico
Diffusion coefficient map (DCM)	Corrisponde alla Mappa del coefficiente apparente di diffusione. Corrisponde all'immagine calcolata proveniente da acquisizione di immagini di Risonanza Magnetica ponderate, cioè sensibilizzate al fenomeno della diffusione delle molecole d'acqua a livello dei tessuti. In seguito alla computazione del valore di decadimento semilogaritmico dell'intensità di segnale al variare del livello di sensibilizzazione al fenomeno della diffusione di un set di immagini è possibile ottenere una immagine calcolata, in cui ogni pixel ha un valore proporzionale al coefficiente apparente di diffusione delle molecole d'acqua nel tessuto.

Diffusion weighted imaging (DWI)	Riguarda la produzione di immagini con contrasto dipendente dalla diffusione. Nella RM DWI il contrasto di immagine è determinato dal moto microscopico casuale browniano dei protoni dell'acqua nei tessuti. Negli ultimi anni il DWI è diventato una modalità di imaging importante nella diagnostica dell'ischemia acuta nel sistema nervoso centrale, ma anche nella caratterizzazione dei tumori cerebrali e non, nonché nella diagnosi differenziale tra ascessi e neoplasie.
Dose assorbita (D)	Grandezza utilizzata per quantificare l'effetto della radiazione ionizzante sui tessuti. E' definita come il rapporto tra l'energia (espressa in joule, J) depositata dalla radiazione in un certo elemento di volume di materia e la massa dell'elemento di volume stesso (espressa in kg). L'unità di misura della dose assorbita è il gray (Gy).
Dose efficace (E)	Rappresenta la somma delle dosi assorbite dei singoli organi/tessuti opportunamente pesate per tenere conto del tipo di organo/tessuto interessato (vedi wT) e del tipo di radiazione (vedi wR). Nel caso delle radiazioni impiegate nella radiodiagnostica, ovvero fotoni, wR è assunto pari a 1. La dose efficace è espressa in sievert (Sv). Tale dose non è riferita alle caratteristiche del singolo soggetto irradiato poiché i fattori wT derivano da stime e considerazioni di carattere generale inerenti entrambi i sessi e una popolazione tipo in età lavorativa. L'impiego della dose efficace in un contesto di stima degli effetti biologici è utile pertanto solo ai fini di un confronto qualitativo tra procedure diverse ed è puramente indicativa.
Dose Length Product (DLP)	Il DLP è un indicatore di dose in TC e fornisce informazioni sulla dose totale di un esame TC. Esso è il prodotto del CTDI relativo a quell'esame per la lunghezza di scansione, e si misura quindi in mGy-cm.
Excess absolute risk (EAR)	Eccesso di Rischio Assoluto: è una quantità utilizzata per valutare in termini assoluti l'aumento di rischio indotto dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti. E' in generale definito come la differenza tra il tasso di incidenza (o mortalità) di una data tipologia di cancro osservato in una popolazione esposta alle radiazioni e il tasso atteso in una popolazione confrontabile con la prima, ma non esposta alle radiazioni.

Effetti deterministici o tissutali

Sono gli effetti derivanti dall'esteso danno cellulare indotto dall'esposizione a dosi elevate di radiazioni. Essi si manifestano solo se sono superati determinati valori-soglia di dose (effetto soglia), con una frequenza e una severità che crescono rapidamente all'aumentare della dose assorbita. La relazione dose-frequenza è causale ed è descritta da una curva a gradino, la cui ripidità dipende dalla diversa sensibilità individuale. Esempi di tali effetti sono la necrosi, la fibrosi di organi interni, la sindrome acuta da radiazioni, la cataratta e la sterilità.

Effetti stocastici

Sono gli effetti delle radiazioni determinati da eventuali modificazioni di cellule irradiate, che possono portare a neoplasie e/o a mutazioni ereditarie. Si manifestano quando la complessa sequenza di processi biochimici e metabolici che segue l'interazione radiazione-tessuto non si conclude con la riparazione tissutale. Data la complessità e la tempistica associata all'evoluzione del danno cellulare indotto dalla radiazione non è possibile stabilire una relazione diretta di causa-effetto per queste manifestazioni, ma è necessario ricorrere a studi di radiobiologia, a studi epidemiologici e ad analisi di tipo probabilistico su campioni di popolazione molto estesi.

Excess relative risk (ERR)

Eccesso di Rischio Relativo: è una quantità utilizzata per valutare in termini relativi l'aumento di rischio indotto dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti. È dato dallo scostamento rispetto al valore unitario del rapporto tra il tasso di incidenza (o di mortalità) di una data tipologia di tumore osservato in una popolazione esposta alle radiazioni e il tasso atteso in una popolazione confrontabile con la prima, ma non esposta alle radiazioni.

FLAIR imaging

Fluid Attenuated Inversion Recovery. Sequenza di acquisizione di immagini di Risonanza Magnetica caratterizzata da impulso di inversione per sopprimere il segnale dell'acqua libera e che prevede una pesatura in T2.

Field of View (FOV)

Il FOV (in italiano, Campo di vista) è la regione che si vuole esaminare. Per FOV di scansione si intende la regione da esaminare lungo la direzione cranio-caudale, mentre per FOV di ricostruzione si intende la regione nel piano trasversale di cui si vuole ricostruire l'immagine. FOV più ristretti consentono di ricostruire solo una piccola regione, ma con una maggiore qualità nei dettagli in quanto utilizzano pixel più piccoli. FOV maggiori permettono invece di avere una visione d'insieme più

ampia, ma risultano in immagini più sgranate a causa della maggiore dimensione dei pixel.

Gantry

Il gantry è l'alloggiamento che comprende e che racchiude fisicamente l'elettronica e la meccanica che costituisce il centro funzionale del tomografo TC. Esso è quindi lo scompartimento chiuso che circonda il lettino, nel quale ruotano in modo solidale il tubo radiogeno e i detettori.

Gantry rotation time

Il gantry rotation time è il tempo, misurato in secondi, che impiega il gantry a compiere un giro di 360° attorno al paziente durante un esame TC.

Lifetime attributable risk (LAR)

Rappresenta la stima del rischio aggiuntivo (di incidenza o di mortalità) di sviluppare un tumore radio-indotto nell'arco della vita a seguito di una esposizione avvenuta a una data età.

Metodi MonteCarlo

Il metodo MonteCarlo (MC) è un metodo di calcolo computerizzato spesso utilizzato per la stima della dose al paziente; è basato sulla simulazione di un grande numero di particelle (in questo caso fotoni della radiazione X) che partono dal tubo e interagiscono nel corpo del paziente. Conoscendo le caratteristiche della radiazione e utilizzando le leggi che governano l'interazione di una particella di una certa energia con un determinato mezzo, il metodo MC permette di calcolare l'energia rilasciata al paziente sottoposto a un esame radiologico e quindi la dose da questo assorbita.

Maximun Intensity Projection (MIP)

E' una tecnica di elaborazione di immagini acquisite con tecniche volumetriche-tridimensionali (di solito angioTC o angioRM) con cui vengono considerati i voxel a maggiore intensità di segnale (in genere quelli appartenenti al lume vascolare), al fine di ricostruire un modello tridimensionale dell'albero vascolare.

TC multistrato

La TC multistrato (multislice CT, MSCT) è un sistema TC che utilizza un numero elevato (da 16 a 256) di rivelatori contigui di dimensioni ridotte lungo la direzione cranio-caudale. Nelle TC multistrato i rivelatori possono essere usati singolarmente o raggruppati elettronicamente, così da costituire un singolo detettore di dimensioni maggiori largo quanto il numero dei detettori collegati tra loro. Il vantaggio di una TC multistrato è la copertura di un maggiore volume a parità di rotazione e quindi la maggiore velocità di esecuzione dell'esame. Lo svantaggio principale è però la possibile formazione di artefatti nell'immagine, oggi molto limitata nei sistemi ad alto numero di rivelatori.

Pitch

Il pitch è un fattore numerico che esprime il rapporto tra il movimento del lettino in direzione cranio-caudale per una rotazione completa del tubo e la collimazione all'isocentro (vedi TC multistrato). Un pitch pari a 1 significa che il lettino si è spostato lungo l'asse z di una quantità pari alla larghezza del fascio RX.

RM o TC senza e con mezzo di contrasto

Tecnica di acquisizione di immagini di risonanza magnetica o tomografia computerizzata, che prevede prima l'acquisizione di sezioni senza iniezione endovenosa di mezzo di contrasto endovascolare, poi la ripetizione della acquisizione delle sezioni dopo o durante iniezione endovenosa del mezzo di contrasto. La velocità dell'iniezione del mezzo di contrasto varia in base alla modalità dell'esame stesso (bolo veloce o a flusso lento continuo).

Sequenze T1 e T2

Modalità di acquisizione di immagini di risonanza magnetica, in cui per le T1 l'immagine è sensibilizzata (ponderata) al fine esaltare le differenze del tempo di rilassamento T1 nei vari tipi di tessuto; le immagini ponderate in T2 vengono invece sensibilizzate alla variazione del tempo di rilassamento T2 nei vari tessuti. Il tempo di rilassamento T1 misura il ritorno della magnetizzazione dei protoni dell'acqua dal piano orizzontale al piano verticale proprio della direzione del campo magnetico principale, dopo impulso di radiofrequenza. Il tempo di rilassamento T2 misura la perdita di coerenza di fase della rotazione dei protoni dell'acqua sul piano orizzontale, dopo impulso di radiofrequenza.

TC a volume isometrico

Acquisizione di dati grezzi isotropici come risoluzione spaziale, così che le immagini possono essere ricostruite su piani multipli e con identica risoluzione spaziale.

Tensione del tubo radiogeno (kV)

La tensione del tubo radiogeno è la differenza di potenziale (generalmente tra 60 e 140 kV) che viene creata ai capi del tubo radiogeno per accelerare gli elettroni emessi dal catodo per effetto termoionico (vedi Corrente del tubo radiogeno). Gli elettroni accelerati collidono poi con l'anodo metallico, dove, attraverso le interazioni possibili (*bremssstrahlung*, ionizzazione dell'atomo con produzione di raggi X caratteristici) è prodotto un fascio di raggi X con spettro continuo a cui sono sovrapposte delle righe discrete. La tensione applicata determina quindi l'energia massima dello spettro.

Unità Hounsfield (HU)

Hounsfield Unit: è il valore digitale in cui è espressa un'immagine TC. E' un indice che esprime il coefficiente di attenuazione dei diversi tessuti corporei attraverso una scala numerica, dove l'acqua è presa come riferimento e assume un valore $HU=0$. L'aria assume un valore $HU=-1000$ (valore minimo della scala), mentre i tessuti più densi assumono i valori più alti (per l'osso compatto $HU > \text{circa } 300$). I tessuti a bassa densità, e quindi caratterizzati da un basso coefficiente di attenuazione, sono caratterizzati da HU negativi (e sono visibili come più scuri nelle immagini radiologiche), mentre i tessuti ad alta densità, che hanno un alto coefficiente di attenuazione, sono caratterizzati da HU positivi (e sono visibili come più chiari nelle immagini radiologiche).

Voxel

E' l'unità elementare in cui un volume può essere suddiviso, così come un'immagine bidimensionale è suddivisa in pixel. Nelle immagini radiologiche, le dimensioni di un voxel sono determinate dalle dimensioni del pixel delle immagini trasversali e dalla larghezza dello strato che caratterizza la ricostruzione tomografica.

wR e wT

Sono due fattori di ponderazione correttivi che permettono di tenere conto, nel calcolo della dose efficace (vedi Dose efficace), sia del tipo di radiazione incidente sia della diversa radiosensibilità dei tessuti. Essi corrispondono rispettivamente al fattore di ponderazione delle radiazioni (*radiation weighting factors*, **wR**) e al fattore di ponderazione dei tessuti (*tissue weighting factors*, **wT**). wR è assunto pari a 1 per i fotoni, radiazioni impiegate tipicamente nell'ambito della radiodiagnostica convenzionale, mentre i wT hanno valori specifici per tessuto/organo e sono calcolati in modo che la loro somma sia pari a 1 e corrisponda a un'equivalente irradiazione del corpo intero.

XVIII. Abbreviazioni

ACR	American College of Radiology
ALARA	As Low As Reasonably Achievable
ATM	Articolazione temporomandibolare
CBCT	Tomografia computerizzata cone beam (cone beam computed tomography)
CCD	Sensori elettronici ad accoppiamento di carica (<i>charged-coupled devices</i>)
D	Dose assorbita
DICOM	Digital Imaging and Communications in Medicine
E	Dose efficace
EAR	Rischio aggiuntivo assoluto
ERR	Rischio aggiuntivo relativo
FDG-PET	Tomografia a emissione di positroni con fluorodesossiglucosio
FOV	Campo di analisi (field of view)
Gy	Gray
IARC	International Agency for Research on Cancer
ICRP	International Commission on Radiological Protection
ILAE	International League Against Epilepsy
LDR	Livelli diagnostico di riferimento
MDC	Mezzo di contrasto
NAS/NRC	National Academy of Sciences
OPT	Ortopantomografia

PSP	piastre di fosfori a memoria fotostimolabili (<i>photostimulable storage phosphor</i>)
RRL	Livello Relativo di Radiazione (<i>relative radiation level</i>)
RX	Radiografia a raggi X
Tele LL	Teleradiografia in proiezione latero-laterale
Tele PA	Teleradiografia in proiezione postero-anteriore
UNSCEAR	United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation
wR	Radiation weighting factors
wT	Tissue weighting factors

Note

Note
