

Chest radiography in intensive care: an irreplaceable survey?

Il radiogramma del torace in terapia intensiva: indagine insostituibile?

V. Palazzetti · E. Gasparri · C. Gambini · S. Sollazzo · S. Saric · L. Salvolini · A. Giovagnoni

Dipartimento di Radiologia, Università “Politecnica delle Marche”, Ospedali Riuniti “Torrette–Lancisi–Salesi”, Via Conca 7, 60125 Ancona, Italy

Correspondence to: V. Palazzetti, Tel.: +39-071-5964076, e-mail: vale.palazzetti@libero.it

Received: 9 September 2011 / Accepted: 4 December 2011 / Published online: 22 October 2012

© Springer-Verlag 2012

Abstract

Purpose. This study evaluated the impact and value of bedside chest X-ray in intensive care units.

Materials and methods. This observational study considered the bedside chest X-rays performed on 258 consecutive patients (160 men, 98 women; mean age, 58 years) admitted to intensive care units. Stratification of patients according to the reason for hospitalisation and analysis of the reasons for chest X-ray examinations were performed to assess the diagnostic efficacy (DE).

Results. DE for chest X-rays was 84.5%, with 15.5% of tests remaining unchanged over time. Patient stratification by disease indicated that the DE was 85.27% in transplant, 90.79% in postoperative care after general surgery, 83.89% in respiratory failure, 82.42% in polytrauma, 90.54% in postoperative care after neurosurgery, 86.6% in postoperative care after vascular surgery, 83.3% in neurological conditions and 93.4% in other diseases.

Conclusions. Chest X-rays performed at the bedside are the most widely used imaging method in the follow-up of critically ill patients. DE is approximately 84.5%. Radiologists should maintain familiarity with the interpretation of this examination.

Keywords Intensive care unit · Chest X-ray · Diagnostic efficacy

Riassunto

Obiettivo. Il presente lavoro si propone la valutazione dell'incidenza e della validità dell'utilizzo dell'Rx torace a letto nei reparti di terapia intensiva.

Materiali e metodi. Si tratta di uno studio osservazionale sugli Rx torace a letto effettuati su 258 pazienti consecutivi (160 maschi/98 femmine; età media 58 anni) ricoverati presso i reparti di terapia intensiva. È stata effettuata una stratificazione dei pazienti in base al motivo del ricovero ed analisi sui motivi che hanno portato agli esami Rx torace al fine di valutarne l'efficacia diagnostica (ED).

Risultati. L'ED è risultata dell'84,5%. Il 15,5% degli esami eseguiti è risultato invariato; stratificando i pazienti per patologia si è visto che l'ED per i pazienti sottoposti a trapianto è stata dell'85,27%, nei post-operatori (PO) di chirurgia generale 90,79%, negli affetti da insufficienza respiratoria (IR) 83,89%, nei politrauma (PT) 82,42%, nei PO di neurochirurgia 90,54 %, nei PO di chirurgia vascolare 86,6%, negli affetti da patologie neurologiche 83,3% ed in quelli ricoverati per altre patologie 93,4%.

Conclusioni. Il radiogramma del torace eseguito a letto è la metodica di imaging maggiormente utilizzata nel follow-up dei pazienti critici con una ED dell'84,5% circa. Il radiologo deve mantenere una grande dimestichezza nell'interpretazione di questo esame.

Parole chiave Terapia intensiva · Radiogramma del torace · Efficacia diagnostica

Introduction

Despite the technological advances in radiological imaging, chest X-ray (CXR) remains the most frequently ordered ex-

Introduzione

Nonostante il progresso tecnologico dell'imaging radiologico, l'Rx torace rimane, ancora oggi, l'esame più richiesto

amination for studying pulmonary disease in patients admitted to the intensive care unit (ICU), where it is performed at the bedside [1–5]. Clinical assessment of pulmonary diseases in critically ill patients admitted to ICU or those in whom the function of one or more organs is so compromised that they require continuous monitoring of vital functions, and often pharmacological and mechanical support, is heavily dependent on imaging [1].

Intensivists can rely on increasingly advanced imaging techniques for diagnosis and follow-up of critically ill patients. Computed tomography (CT) provides a detailed study of all thoracic structures with very short imaging times; at the same time, however, it involves exposure to high doses of ionising radiation [6] and is associated with possible complications due to iodinated contrast agents and risks related to patient transport to the radiology department [7, 8]. For these reasons, CT remains a level-two examination modality not to be routinely used in the clinical management of these patients. A modality gaining an increasing role in this respect is pulmonary ultrasound (US), which often enables a timely bedside diagnosis, with low costs, no invasiveness, and no ionising radiation. However, it remains a complementary modality limited to preliminary assessment of certain conditions affecting the pleura and subpleural regions (pneumothorax, effusion, atelectasis, consolidation), which requires extensive operator experience and is therefore only performed in a small number of centres [9, 10].

The purpose of our study was to analyse the frequency of bedside CXR in the ICU and verify its clinical value by using one of the efficacy indexes defined by the American College of Radiology Committee on Efficacy to assess the cost–benefit ratio associated with radiological imaging: diagnostic efficacy (DE) [11].

Materials and methods

We retrospectively reviewed a consecutive series of 258 patients (160 men, 98 women; mean age, 58 years) admitted to an ICU during the first semester of 2010 in order to study the reasons for admission and the length of hospital stay. CXR and radiology reports of patients enrolled in the study on the basis of the lists provided by the hospital wards were retrieved from the Radiology Information System–Picture Archiving and Communications System (RIS/PACS) and reviewed. Each examination was assessed for new findings or changes in known findings and compared with previous examinations (e.g., new findings of pulmonary consolidation, pleural effusion, pneumothorax, enlarged cardiovascular silhouette, or improvement or worsening of the findings seen on previous examinations) (Table 1, Figs. 1–3).

Patients were divided into subgroups on the basis of reason for admission. Seven subgroups were identified: patients

per lo studio della patologia polmonare nei pazienti ricoverati in reparti di terapia intensiva, dove viene eseguito direttamente a letto del malato [1–5]. La valutazione clinica delle patologie polmonari in pazienti critici ricoverati presso reparti di terapia intensiva, ovvero pazienti in cui la funzionalità di uno o più organi è così compromessa da richiedere il monitoraggio continuo delle funzioni vitali e spesso, il loro supporto farmacologico e meccanico, è fortemente condizionata dalle metodiche di imaging [1].

Attualmente, il medico rianimatore può avvalersi di metodiche sempre più all'avanguardia per la diagnosi e il follow-up in pazienti critici; prima fra tutte la tomografia computerizzata (TC) che permette, in tempi molto brevi, uno studio accurato di tutte le strutture toraciche, ma, allo stesso tempo, esposizione ad alte dosi di radiazioni ionizzanti [6], a possibili complicanze legate all'uso del mezzo di contrasto iodato e a rischi implicati nel trasporto dei pazienti presso il reparto di radiologia [7, 8]. Per questo motivo la TC rimane un'indagine di II livello, non utilizzabile di routine nella gestione clinica di tali pazienti. Una metodica che sta acquisendo un ruolo sempre maggiore è l'ecografia polmonare, che spesso offre la possibilità di porre diagnosi con rapidità al letto del malato, a basso costo, in assenza di invasività, senza l'utilizzo di radiazioni ionizzanti. Rimane comunque un esame marginale, limitato alla valutazione preliminare di alcune situazioni patologiche riguardanti la pleura ed il mantello polmonare sub-pleurico (pneumotorace, versamento, atelettasia, consolidazione) che richiede una grande esperienza da parte del radiologo e che quindi viene eseguito in un numero limitato di centri [9, 10].

Lo scopo del nostro lavoro è stato quello di valutare la frequenza dell'utilizzo dell'Rx torace a letto eseguito in reparti di terapia intensiva e verificarne la validità clinica utilizzando uno degli indici di efficacia definiti dall'American College of Radiology Committee on Efficacy, per la valutazione del rapporto costo beneficio associato alle metodiche radiologiche: l'efficacia diagnostica (ED) [11].

Materiali e metodi

È stata effettuata un'analisi retrospettiva su una serie consecutiva di 258 pazienti (160 maschi e 98 femmine; età media di 58 anni) degenti nel primo semestre del 2010 presso i reparti di terapia intensiva al fine di valutare il motivo del ricovero e il tempo di degenza. Utilizzando il sistema radiology information system (RIS)/picture archiving and communication system (PACS), sono stati rivalutati i radiogrammi e i relativi referti dei pazienti arruolati in relazione all'elenco fornito dai reparti di degenza. Per ogni singolo esame sono stati valutati nuovi reperti o le modificazioni di reperti già noti, confrontandoli con esami precedenti (ad esempio nuovo riscontro di addensamenti parenchima-

Table 1 Absolute number of findings of pulmonary consolidation, pleural effusion, pneumothorax and enlarged cardiac silhouette

Radiographic finding	Patients, n
Consolidation	181
Effusion	216
Pneumothorax	44
Enlarged cardiac silhouette	96

Tabella 1 Numero assoluto di addensamenti parenchimali polmonari, versamenti pleurici, pneumotorace, e aumento dell'ombra cardio-vascolare riscontrati nel nostro campione di pazienti

Reperto radiografico	Pazienti, n
Addensamenti	181
Versamenti	216
Pneumotorace	44
Aumento OCV	96

OCV, ombra cardio-vascolare

admitted for respiratory failure (RF), polytrauma (PT), postoperative care after general surgery (PO), neurological disorders (Neuro), postoperative care after vascular surgery care (PO vasc), postoperative care after neurosurgery (PO neuro), posttransplantation care (TRANSP) (mostly liver and, to a lesser extent, renal transplant) and other conditions (OTHER) not included in the previous groups (lymphocytic leukaemia, myocardial infarction, etc.). We calculated the DE, defined as the number of CXR showing new findings or changes to known findings divided by the total number of

li polmonari, versamenti pleurici, pneumotoraci, aumento dell'ombra cardio-vascolare o modificazioni sia in miglioramento che in peggioramento di tali reperti riscontrati ad esami precedenti) (Tabella 1; Figg. 1–3).

I pazienti sono stati suddivisi in sottogruppi, in base al motivo del ricovero sono stati identificati sette sottogruppi: pazienti con insufficienza respiratoria (IR), politrauma (PT), post-operatorio di chirurgia generale (PO), patologie neurologiche (Neuro), post-intervento di chirurgia vascolare (PO vasc), post-intervento di neurochirurgia (PO neuro), post-trapianto (TRAP; principalmente epatico in minor misura renale) e pazienti con altre patologie (ALTRO), che non rientravano tra le precedenti (leucemia linfatica, infarto miocardico, ecc.). È stata calcolata l'ED, definita come il numero di radiogrammi del torace con un nuovo reperto o una modificazione di un reperto già noto, diviso il totale degli Rx effettuati (n° Rx torace modificati/ n° Rx torace totali) [11].

Risultati

Il numero totale di esami valutati è stato 933, eseguiti su 258 pazienti, con una degenza media di 12,7 giorni (deviazione standard 12,14). Il motivo del ricovero, come mostrato in Tabella 2, era: 15% IR, 22% PT, 13% PO, 18% Neuro, 3% PO vasc, 9% PO neuro, 7% TRAP e 13% ALTRO. Il numero medio di Rx del torace effettuati nelle diverse condizioni cliniche, è stato di 4 nei pazienti IR, 5 nei pazienti PT, 2 nel PO, 3,5 in caso di Neuro, 2 di PO vasc, 3 in pazienti in PO neuro e 7 in pazienti TRAP (Tabella 2). Il numero medio di Rx del torace eseguiti al giorno, corretto per i giorni di

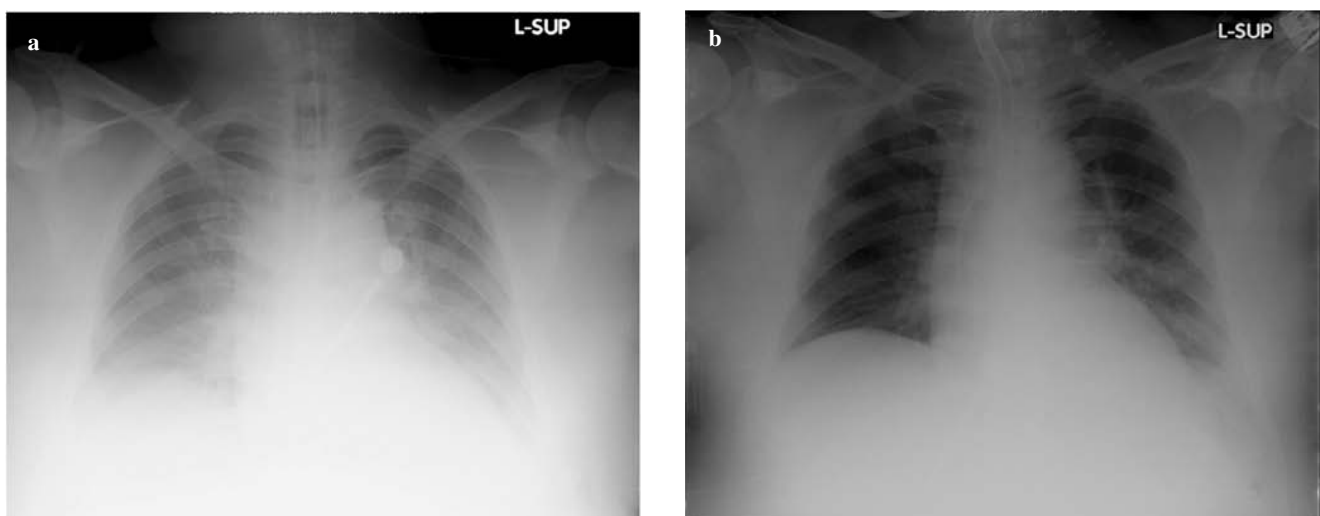


Fig. 1 Bilateral pleural effusion (a) in a patient with subarachnoid haemorrhage (SAH), and improvement at follow-up examination performed 3 days later (b).

Fig. 1 Paziente con emorragia subaracnoidea (ESA), versamento pleurico bilaterale (a) e suo miglioramento ad un controllo eseguito dopo 3 giorni (b).

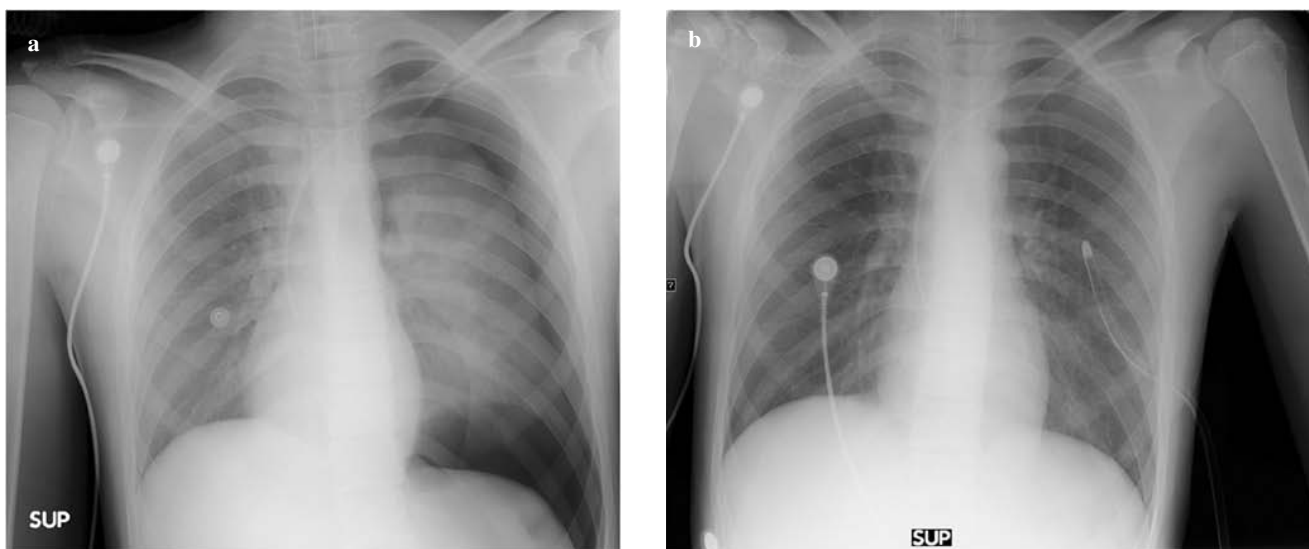


Fig. 2a,b Patient admitted to the intensive care unit following neurosurgery for removal of a brain lesion. Presence of left pneumothorax (**a**), which had regressed at follow-up examination performed after placement of a chest tube (**b**).

Fig. 2a,b Paziente ricoverato dopo intervento di neurochirurgia, di asportazione di lesione encefalica. Presenza di pneumotorace sinistro (**a**), regredito ad un controllo eseguito dopo posizionamento di drenaggio toracico (**b**).

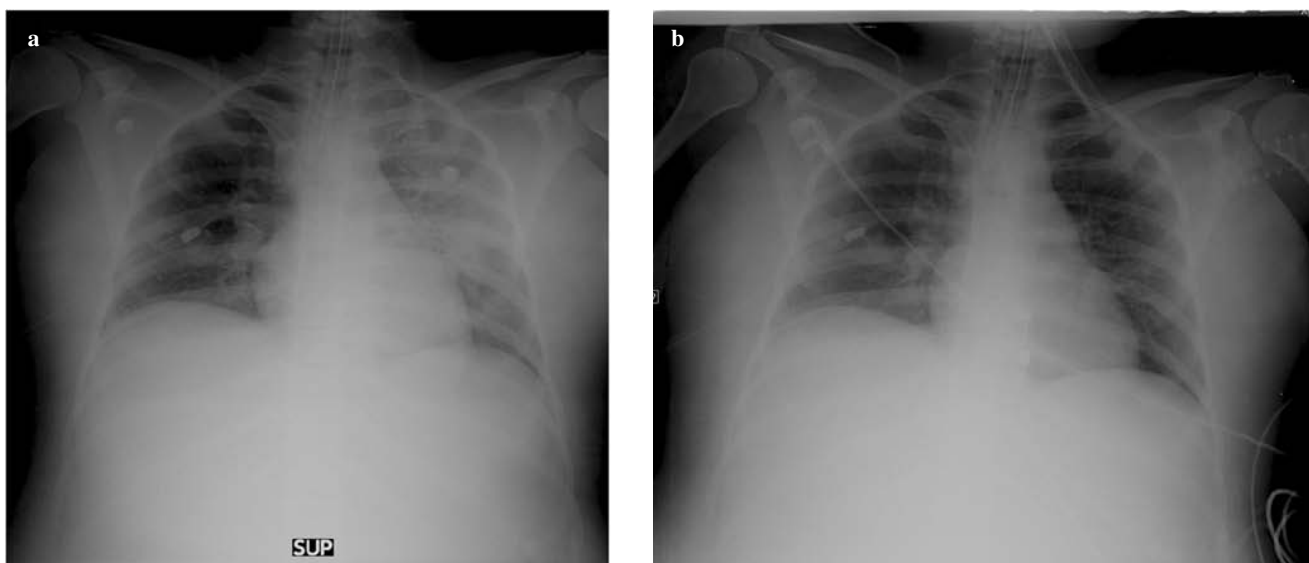


Fig. 3 Patient admitted for polytrauma showing medial–apical consolidation and moderate ipsilateral pleural effusion (**a**), which regressed by follow-up examination performed 3 days later (**b**).

Fig. 3 Paziente con esiti di politrauma, con addensamento medio-apicale sinistro, con modesto versamento pleurico omolaterale (**a**), regredito ad un controllo eseguito dopo 3 giorni (**b**).

CXR performed (number of changed CXR/number of total CXR) [11].

Results

The total number of examinations considered was 933, which were performed on 258 patients, with a mean hos-

degenza, è stato di 0,39 per IR, di 0,42 per PT, 0,58 per PO, 0,25 per Neuro, 0,54 per PO vasc, 0,31 per PO neuro, 1,15 per TRAP e 0,42 per ALTRO (Fig. 4).

Per quanto riguarda i reperti emersi, è stata calcolata un'evidenza di versamento pleurico all'ingresso in reparto in 165 Rx torace (64%); il versamento è comparso in controlli successivi, durante la degenza in 51 pazienti (19,7%); gli addensamenti parenchimali all'ingresso sono stati 125

Table 2 Number of patients stratified by reason for admission

Disease	Patients, n	Patients, %	Mean no. of CXR examinations
RF	39	15	4
NEURO	47	18	3.5
PO	33	13	2
PO neuro	24	9	3
PO vasc	8	3	2
PT	56	22	5
TRANSP	18	7	7
OTHER	33	13	2.8

RF, respiratory failure; NEURO, neurological disease; PO, postoperative care after general surgery; PT, polytrauma; PO vasc, postoperative care after vascular surgery; PO neuro, postoperative care after neurosurgery; TRANSP, transplantation (mostly liver, followed by kidney); OTHER, other conditions

pital stay of 12.7 (standard deviation±12.14) days. Reasons for admission, as shown in Table 2, were: RF 15% , PT 22%, PO 13%, Neuro 18%, PO vasc 3%, PO neuro 9%, TRANSP (liver, renal) 7%, and OTHER 13% of cases. The mean number of CXR obtained in the different clinical conditions was four in RF, five in PT, two in the PO, 3.5 in Neuro, two in PO vasc, three PO neuro and seven in TRANSP (Table 2). The mean number of CXR per day, corrected for length of stay, was 0.39 in RF, 0.42 in PT, 0.58 in PO, 0.25 in NEURO, 0.54 in PO vasc, 0.31 in PO neuro, 1.15 in TRANSPL and 0.42 in OTHER (Fig. 4).

Regarding findings, there was evidence of pleural effusion on admission on 165 CXR (64%); effusion appeared on follow-up CXR obtained during the hospital stay in 51 patients (19.7%); parenchymal consolidation was present on admission in 125 cases (48.4%) and developed later in 56 cases (21.7%); pneumothorax was detected on admission in 30 cases (11.6%) and developed during hospital stay in 14 cases (5.4%); number of patients with enlarged cardiac silhouette, derived from cardiothoracic ratio, was 96 (37%) (Table 1; Fig. 5). For the overall study population, DE was 84.5% (15.5% of examinations performed remained unchanged).

Patient stratification by pathological condition showed that DE was 85.27% in TRANSPL, 90.79% in PO, 83.89% in RF, 82.42% in PT, 90.54 % in PO neuro, 86.6% in PO vasc, 83.3% in Neuro and 93.4% in OTHER (Fig. 6). The difference in DE in subgroups, measured with the chi-square test, was not statistically significant ($p>0.05$).

Discussion

CXR provides a clear depiction of both mediastinum and lung parenchyma. As a result, it provides necessary and of-

Tabella 2 I pazienti sono stati stratificati in base al motivo di ricovero

Patologia	Pazienti, n	Pazienti, %	Numero medio Rx torace
IR	39	15	4
Neuro	47	18	3,5
PO	33	13	2
PO neuro	24	9	3
PO vasc	8	3	2
PT	56	22	5
TRAP	18	7	7
ALTRO	33	13	2,8

IR, insufficienza respiratoria; Neuro, patologie neurologiche; PO, postoperatorio chirurgia generale; PT, politrauma; PO vasc, interventi di chirurgia vascolare; PO neuro, interventi neurochirurgici; TRAP, trapianto (principalmente epatico, in minor misura renale); ALTRO, altre patologie

(48,4%), mentre quelli comparsi in un secondo momento 56 (21,7%); gli pneumotoraci all'ingresso 30 (11,6%), quelli comparsi durante la degenza: 14 (5,4%); il numero di pazienti con un aumento volumetrico dell'ombra cardiovascolare, valutato dal calcolo del rapporto cardio-toracico, è stato pari a 96 (37%) (Tabella 1; Fig. 5). Considerando la popolazione totale l'ED è risultata dell'84,5% (il 15,5% degli esami eseguiti è risultato invariato).

Stratificando i pazienti per patologia si è visto che la ED per i pazienti TRAP è stata dell'85,27%, nei PO 90,79%, nei IR 83,89%, nei PT 82,42%, nei PO neuro 90,54%, nei PO vasc 86,6%, nei Neuro 83,3% ed in quelli ricoverati per altre patologie 93,4% (Fig. 6). La differenza di ED nei diversi sottogruppi di pazienti esaminati, valutata con il metodo del chi-quadro, non è risultata statisticamente significativa ($p>0,05$).

Discussione

Il radiogramma del torace permette di avere una buona rappresentazione sia del mediastino sia del parenchima polmonare ed è quindi, senza dubbio, la base necessaria e spesso sufficiente per supportare diverse decisioni terapeutiche, per rilevare alterazioni sospettate clinicamente o sconosciute e per monitorarne l'evoluzione nel tempo. Una tecnica rigorosa e un giusto numero d'informazioni cliniche pertinenti consentono così di valutare i volumi ematici circolanti, la distribuzione del flusso, le anomalie pleuriche e del parenchima polmonare, lo stato del mediastino e del cuore. Tuttavia spesso questi esami non sono adeguatamente esaustivi, in quanto proprio perché si tratta di pazienti critici non è sempre garantita l'esecuzione di un esame perfetto, basti pensare alla loro mobilitazione, che spesso risulta laboriosa e non scevra da possibili complicanze (mobilitazione di tubi

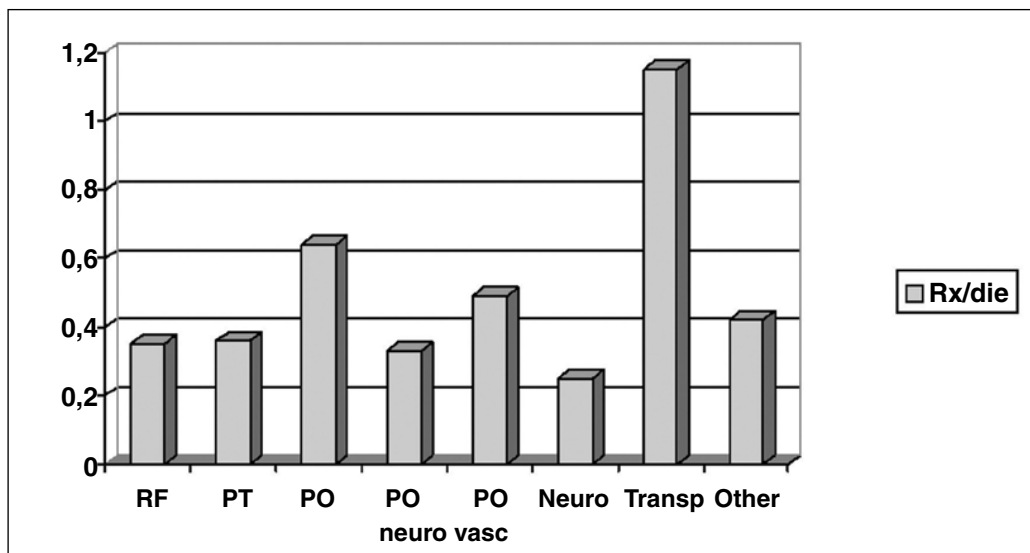


Fig. 4 Average number of chest X-rays (CXR) performed daily based on the reason for admission.

Fig. 4 Numero di Rx torace eseguiti in media al giorno in base al motivo del ricovero.

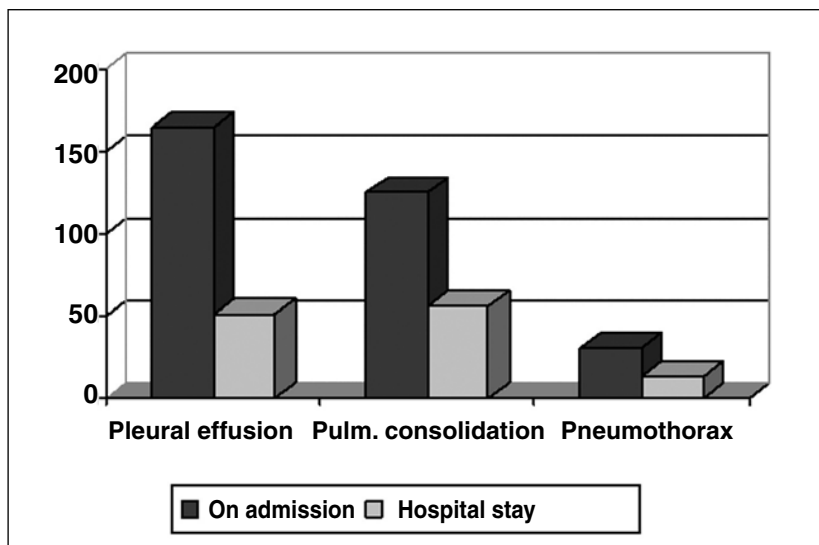


Fig. 5 Analysis of pulmonary consolidation, pleural effusion and pneumothorax subdivided according to time of detection (on admission or during the hospital stay).

Fig. 5 Analisi degli addensamenti polmonari, versamenti pleurici, pneumotoraci in base al fatto che siano stati riscontrati al momento del ricovero o in seguito durante il ricovero.

ten sufficient evidence to support treatment decisions, reveal clinically suspected or unknown abnormalities and monitor their evolution over time. A scrupulous technique and adequate number of relevant clinical data allow assessment of circulating blood volume, flow distribution, pleural and pulmonary abnormalities and state of the mediastinum and heart. In many cases, however, CRX is not exhaustive because a perfect examination technique is not always possible in critically ill patients. Patient transport within the hospital is often laborious and not free from potential complications (displacement of drainage tubes and/or other mechanical devices), and correct orthogonal positioning is difficult.

In the light of the above, CXR should be preferably performed only when clinically indicated, as this could help limit both costs and operator and patient radiation exposure.

di drenaggio e/o altri strumenti meccanici a loro collegati ed al difficile corretto posizionamento ortogonale.

Alla luce di quanto detto, sembra preferibile eseguire un radiogramma del torace solo quando clinicamente indicato; questo potrebbe portare ad una diminuzione sia dei costi, sia dell'esposizione a radiazioni allo stesso tempo dello staff e dei pazienti stessi. Diversi studi hanno valutato la rilevanza clinica dell'uso del radiogramma del torace di routine versus quello on demand (secondo indicazione clinica):

- in un ampio studio prospettico di Graat et al. [12] si è visto che il 5,8% dei radiogrammi del torace di routine hanno mostrato nuovi o inaspettati reperti, ma solo il 2,2% ha portato a modificazioni della terapia;
- un ulteriore studio di controllo randomizzato di Krivopal et al. [13] ha mostrato una maggiore percentuale di

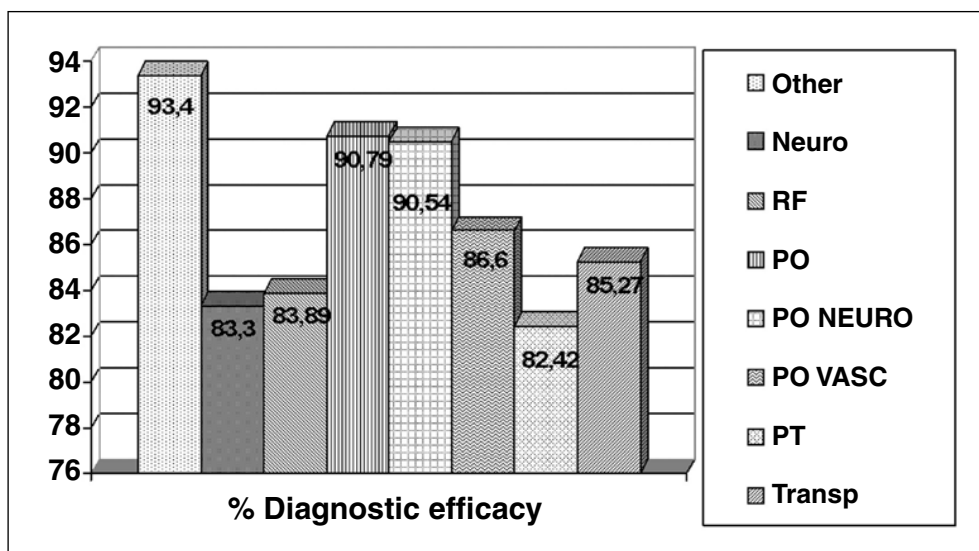


Fig. 6 Diagnostic efficacy of chest X-rays (CXR) for each group of patients stratified by reason for admission.

Fig. 6 Efficacia diagnostica dell’Rx torace per singolo gruppo di pazienti stratificati in base al motivo di ricovero.

Several studies have investigated the clinical value of routine versus on-demand CXR (based on clinical indication):

- a large prospective study by Graat et al. [12] demonstrated that 5.8% of routine CXR showed new or unexpected findings, but only 2.2% resulted in changes in therapy;
- a randomised controlled study conducted by Krivopal et al. [13] reported a higher percentage of CXR with significant findings (requiring intervention) in patients who had undergone CXR on clinical indication (26.5%) compared with routine CXR (13.3 %); furthermore, the on-demand group underwent significantly fewer CXR examinations compared with the other group (4.4 vs. 6.8).

A prospective observational study analysing 1,780 routine CXR in 559 ICU patients [14] concluded that the diagnostic and therapeutic value of routine CXR was limited, leading the authors to recommend abandoning this practice in the ICU. At the same time, the American College of Radiology Appropriateness Criteria recommend daily CXR in patients with acute cardiopulmonary disease and in mechanically ventilated patients [15].

Our experience shows that the number of CXR obtained in the group of critically ill patients was indeed very high, especially in some subgroups, such as transplant patients, who routinely undergo daily CXR examination. On the other hand, given the high DE in this group, this practice seems to be justified by the clinical condition and the possibly rapid progression of complications and cardiovascular instability of these patients.

In conclusion, despite practical difficulties and technical problems often related to the patient’s condition, bedside CXR remains the most accessible and commonly used imaging modality in the ICU, as it provides constant patient monitoring and a high DE. As a result, the radiologist should maintain familiarity with the interpretation of CXR,

radiogrammi con risultati significativi (che richiedevano quindi un intervento) nel gruppo di pazienti che ricevevano Rx torace su indicazione clinica (26,5%) rispetto quelli del gruppo in cui il radiogramma del torace veniva fatto di routine (13,3%). Sul gruppo di non routine, inoltre, venivano eseguite molte meno radiografie rispetto all’altro (4,4 vs. 6,8).

Un recente studio osservazionale prospettico che ha analizzato 1780 Rx torace di routine in 559 ricoveri ospedalieri in terapia intensiva [14] ha concluso che il valore diagnostico e terapeutico del radiogramma del torace di routine è basso, e gli autori raccomandano quindi di abbandonare tale pratica in terapia intensiva. Allo stesso tempo i criteri d’appropriatezza dell’American College of Radiologist raccomandano l’esecuzione giornaliera del radiogramma del torace in pazienti con problemi cardio-polmonari acuti ed in pazienti sottoposti a ventilazione meccanica [15].

La nostra esperienza dimostra che il numero Rx torace eseguiti nel gruppo di pazienti critici osservato è obiettivamente molto elevato, soprattutto in determinate categorie di pazienti, come i trapiantati, che vengono sottoposti di routine ad un radiogramma del torace al giorno; tale modus operandi appare peraltro, data la comunque elevata ED in questa classe di pazienti, giustificato dalla situazione clinica e dalla possibile rapida evolutività delle complicanze e mutabilità dello status cardiocircolatorio di tali pazienti.

Possiamo concludere quindi affermando che il radiogramma del torace a letto, nonostante le difficoltà pratiche per la sua esecuzione e le imprecisioni tecniche, spesso legate alle condizioni del paziente, rimane la metodica più accessibile ed utilizzata in reparti di terapia intensiva, poiché permette un monitoraggio costante del paziente con, allo stesso tempo, un elevata ED. Ne deriva quindi la necessità per il radiologo di non perdere dimestichezza nell’interpretazione

a vital examination for clinically assessing and monitoring critically ill patients, and further diagnostic investigations (CT) should be reserved for cases of actual need.

di questo esame, fondamentale nell'inquadramento e monitoraggio clinico di pazienti critici, riservando eventuali approfondimenti diagnostici (TC) ai casi di effettiva necessità.

Conflict of interest None

References/Bibliografia

- Rubinowitz AN, Siegel MD, Tocino I (2007) Thoracic imaging in the ICU. *Crit Care Clin* 23:539–573
- Trotman-Dickenson B (2003) Radiology in the intensive care unit (Part I). *J Intensive Care Med* 18:198–210
- Greenbaum DM, Marschall KE (1982) The value of routine daily chestx-rays in intubated patients in the medical intensive care unit. *Crit Care Med* 10:29–30
- Bekemeyer WB, Crapo RO, Calhoun S et al (1985) Efficacy of chest radiography in a respiratory intensive care unit. A prospective study. *Chest* 88:691–696
- Hill JR, Horner PE, Primack SL (2008) ICU imaging. *Clin Chest Med* 29:59–76
- Mayo JR, Aldrich J, Muller NL (2003) Radiation exposure at chest CT: a statement of the Fleischner Society. *Radiology* 228:15–21
- Beckmann U, Gillies DM, Berenholtz SM et al (2004) Incidents relating to the intra-hospital transfer of critically ill patients. An analysis of the reports submitted to the Australian Incident Monitoring Study in Intensive Care. *Intensive Care Med* 30:1579–1585
- Fanara B, Manzon C, Barbot O et al (2010) Recommendations for the intra-hospital transport of critically ill patients. *Crit Care* 14:R87
- Bouhemad B, Zhang M, Lu Q, Rouby JJ (2007) Clinical review: bedside lung ultrasound in critical care practice. *Crit Care* 11:205
- Peris A, Tutino L, Zagli G et al (2010) The use of point-of-care bedside lung ultrasound significantly reduces the number of radiographs and computer tomography scan in critically ill patients. *Anesth Analg* 111:687–692
- Loop JW, Lusted LE (1978) American College of Radiology diagnostic efficacy studies. *AJR Am J Roentgenol* 131:173–179
- Graat ME, Choi G, Wolthuis EK et al (2006) The clinical value of daily routine chest radiographs in a mixed medical-surgical intensive care unit is low. *Crit Care* 10:R11
- Krivopal M, Sholobin OA, Schwartzstein RM (2003) Utility of daily routine portable chest radiographs in mechanically ventilated patients in the medical ICU. *Chest* 123:1607–1614
- Hendrikse KA, Gratama JW, Hove W et al (2007) Low value of routine chest radiographs in a mixed medical surgical ICU. *Chest* 132:823–828
- Oba Y, Zaza T (2010 May) Abandoning daily routine chest radiography in the intensive care unit: meta-analysis. *Radiology* 255:386–389