



# Bone Suppression

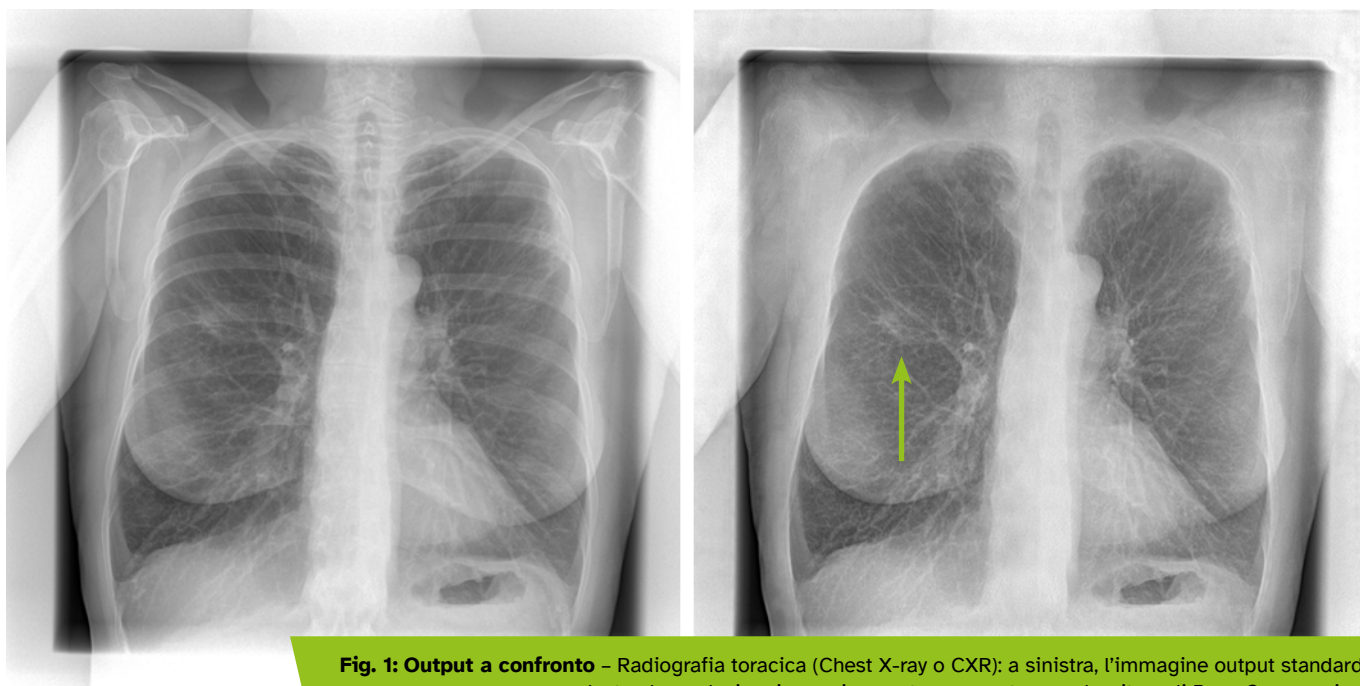
l'AI nella radiografia al torace

# Bone Suppression:

## l'AI nella radiografia al torace

Grazie all'algoritmo di **Bone Suppression** è possibile, a partire da un'immagine radiografica standard del torace ottenuta con una singola esposizione e ricorrendo all'implementazione di un algoritmo basato sull'Intelligenza Artificiale (AI), rimuovere

automaticamente le strutture ossee e ottenere un output di qualità elevata che faciliti la visibilità dei tessuti molli senza necessità di esporre il Paziente a dosi aggiuntive di radiazione.



**Fig. 1: Output a confronto** – Radiografia toracica (Chest X-ray o CXR): a sinistra, l'immagine output standard; a destra, la medesima immagine post-processata con algoritmo di Bone Suppression.

## ■ Abstract

L'elevata portabilità, il grado di standardizzazione, la semplicità e la velocità di esecuzione, la ridotta dose di radiazione somministrata al Paziente, i limitati costi di realizzazione e la generale efficienza del workflow operativo hanno contribuito all'ampio ricorso alla RX toracica (Chest X-ray o CXR), al punto che la **radiografia del torace** rappresenta oggi l'**esame radiologico standard** utilizzato per la diagnosi di **malattie e anomalie polmonari**.

Tuttavia, tanto dal punto di vista tecnico quanto dal punto di vista clinico, **interpretare una radiografia del torace può rivelarsi complicato**: le **strutture ossee** a elevato contrasto presenti (coste e clavicole) possono infatti **oscurare** del tutto o in parte **le lesioni** polmonari, ed essere perciò alla base di **errori** se non addirittura di **mancate diagnosi**. Ecco perché ancora oggi si rende auspicabile individuare **metodi efficaci che supportino tecnici e medici** nell'identificazione delle patologie polmonari.

L'algoritmo di Bone Suppression (BS) intende porsi come **strumento** in grado di fornire un'immagine RX con **migliore visibilità del campo polmonare** mediante la **riduzione del rumore causato dalle strutture ossee**.

I tre principali **punti di forza** di questa tecnologia risiedono:

- nell'utilizzo di **immagini radiografiche standard**;
- nella **non** necessità di speciali **apparecchiature aggiuntive**;
- nella **non** esposizione del Paziente a **dosi aggiuntive di radiazione**.

## ■ Caratteristiche e logica operativa

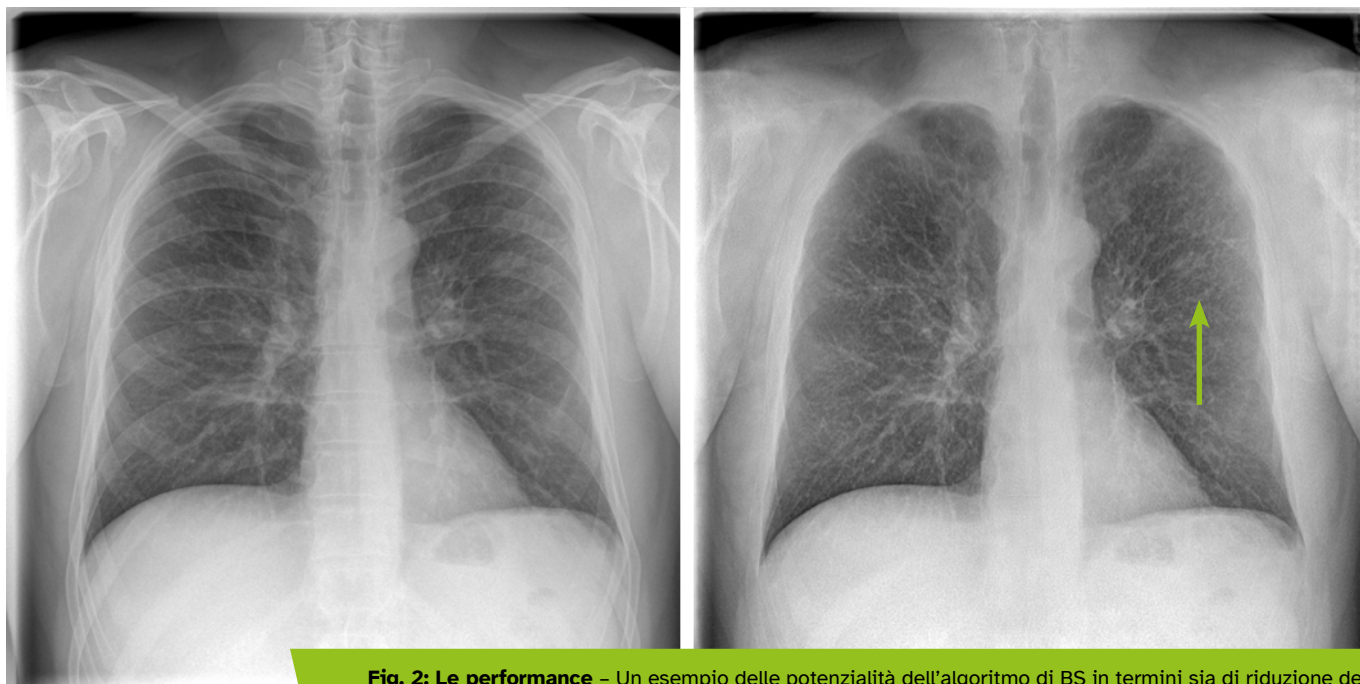
### Contesto e potenzialità

La **radiografia del torace** è utile per la valutazione delle vie aeree, dei polmoni, dei vasi polmonari, del mediastino, del cuore, della pleura e della parete toracica.

La pratica di routine tipica prevede l'esecuzione di una **proiezione postero-anteriore (PA)** e di una **vista laterale sinistra (LAT)** ottenuta con Paziente in stazione eretta. In determinate condizioni cliniche – e.g. in Pazienti in terapia intensiva, costretti a letto o in post-operatorio – è obbligatorio il ricorso a radiografia tramite **sistema portatile**: in questo secondo caso, la proiezione tipica è quella antero-posteriore (AP).

Il principale **limite di questa tecnica** risiede nel fatto che, pur raccogliendo un ampio spettro di informazioni, la **proiezione radiografica bidimensionale** implica la **sovrapposizione di tessuti molli e tessuti ossei** in un'unica immagine e che, in determinate condizioni, la sovrapposizione può generare **output di difficile interpretazione**.

Presentandosi infatti le potenziali lesioni oggetto di indagine come variazioni di contrasto (toni di grigio) rispetto a un'immagine standard esente da anomalie, tali **contrast** possono essere **ridotti o addirittura oscurati** dal segnale generato **dai tessuti ossei**, rendendo più complesso interpretare l'immagine.



**Fig. 2: Le performance** – Un esempio delle potenzialità dell'algoritmo di BS in termini sia di riduzione del rumore generato dai tessuti ossei, sia di resa dei toni di grigio connessi alla presenza di eventuali lesioni.

**Bone Suppression (BS)** è un **algoritmo di post-processing** che, intervenendo a compensazione dei limiti sopraccitati, **rimuove la componente ossea dall'immagine** di una radiografia standard del torace (vista PA o AP) al fine di incrementare la **visibilità dei tessuti molli** e, quindi, di **eventuali lesioni** in essi presenti.

## Modalità di generazione dell'algoritmo

L'immagine BS viene generata a partire dalle **immagini RAW** elaborate tramite un **algoritmo di AI** basato su **Deep Convolutional Neural Network (DCNN)**.

L'algoritmo di BS è stato addestrato tramite un **dataset di immagini con e senza patologie, equi-ripartite tra maschi e femmine**, basate su un campione di partenza comprendente indi-

vidui adulti **di differenti età anagrafiche** (range: 19-98 anni).

Il **dataset reale di addestramento** è stato integrato tramite la generazione di **augmented data** che consentono di ampliare la **rappresentatività del dataset**, in modo da meglio approssimare la variabilità contenuta nell'**intera popolazione**.

## Flusso di gestione

Come opera BS? Partendo da un'**immagine RAW**, l'algoritmo interviene sottraendo la parte ossea e generando un'**immagine output aggiuntiva** – anch'essa **di tipo RAW** – a cui sarà possibile applicare il post-processing desiderato.

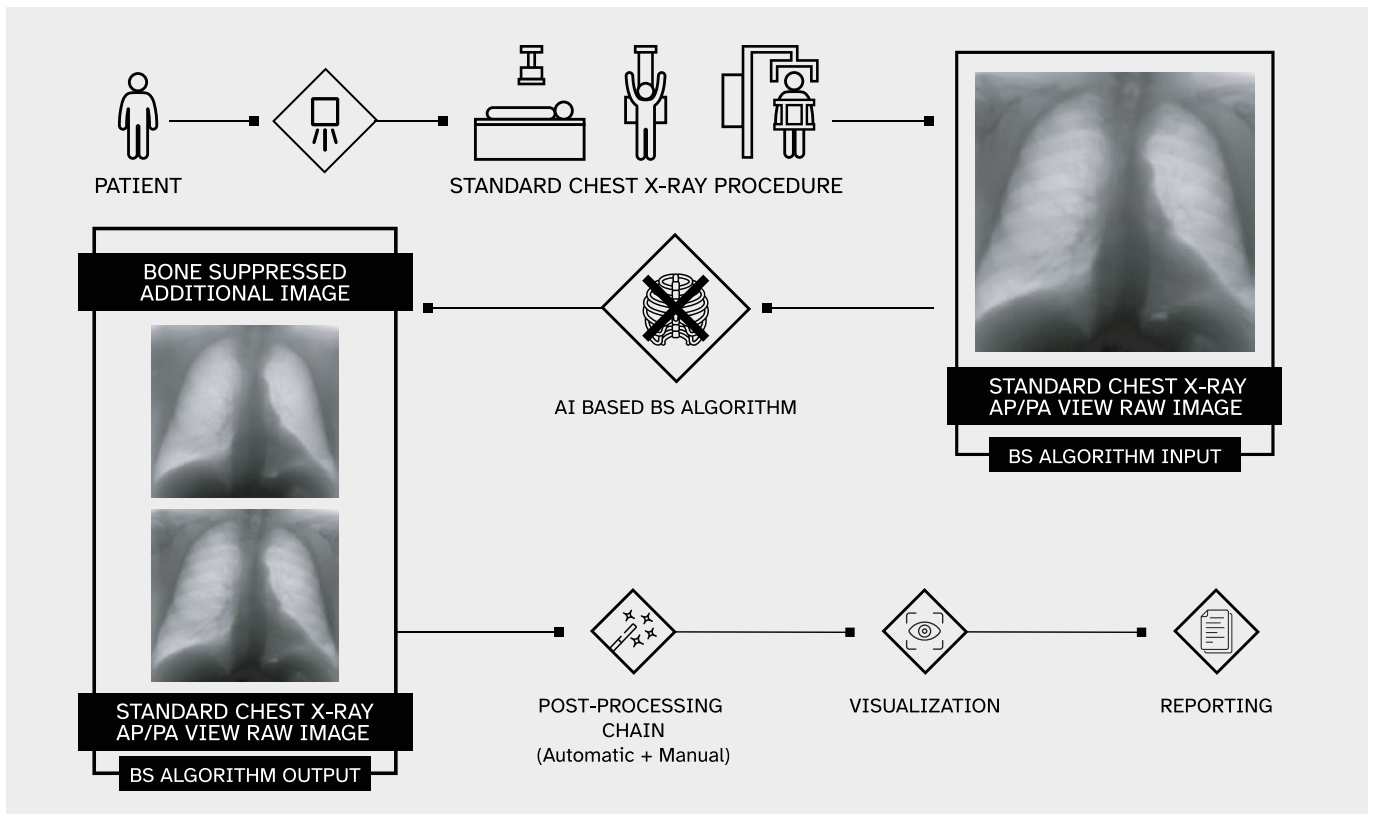
Inoltre, su software Digitec proprietario, successivamente all'acquisizione l'algoritmo applica all'immagine un **post-processing automatico** (filtri ATH,

gestione curve LUT, riconoscimento area collimata) che garantisce un **output di qualità elevata**<sup>1</sup>.

Nel caso in cui il medico lo reputasse utile a fini diagnostici, all'immagine BS risultante ottenuta **potrà poi essere applicato il normale post-processing manuale**, e.g. filtri, inserimento di testo, misurazioni, zoom ecc.

Il **punto di forza** di questo flusso risiede nel fatto che il **formato RAW lascia libera scelta** di applicare il post-processing ritenuto più appropriato, consentendo così di **prescindere dalla variabilità legata ai diversi tipi e livelli di post-processing** di cui l'algoritmo deve tener conto a seconda dell'obiettivo da raggiungere (e che diventano particolarmente sfidanti nel caso di immagini *for presentation*, ovvero completamente post-processate).




<sup>1</sup> Qualora l'algoritmo fosse acquistato invece come modulo DLL separato, si sottolinea che la DLL deve ricevere in input un'immagine necessariamente RAW. All'output RAW di BS sarà poi necessario applicare un post-processing al fine di ottimizzare la visualizzazione dell'immagine. Si segnala, inoltre, che la DLL può funzionare anche senza GPU.



**Fig. 3: Il flusso di lavoro** – Senza comportare appesantimenti o rallentamenti, senza richiedere ulteriori acquisizioni e senza comportare incrementi di dose di radiazione somministrata al Paziente, dall’immagine RAW di partenza l’algoritmo di BS genera un’immagine aggiuntiva anch’essa RAW, ma con la componente ossea rimossa. A quest’immagine aggiuntiva (e non sostitutiva della proiezione standard) potrà poi essere applicato il normale post-processing manuale eventualmente ritenuto necessario ai fini della visualizzazione e della refertazione.

### Agile, potente, sicuro

L’algoritmo di BS, pertanto:

-  Si integra nel normale flusso operativo **senza appesantirlo**
-  Fornisce un’**immagine aggiuntiva** con la **componente ossea rimossa**
-  Non richiedendo acquisizioni ulteriori, **non incrementa la dose** di radiazione somministrata **al Paziente**

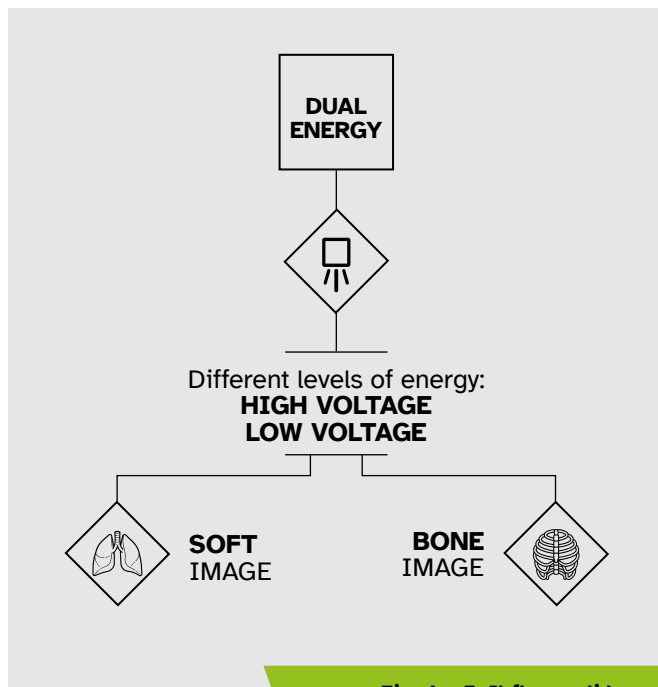
**Nota bene:** rispetto alla proiezione standard da cui è ottenuta, l’immagine BS è da intendersi come **immagine aggiuntiva e non sostitutiva**. Deve essere valutata dal medico insieme all’immagine standard. Anche all’interno del **flusso DICOM** (ad esempio, nell’invio al PACS) è previsto che rimanga associata all’immagine standard.

## ■ Bone Suppression VS Dual Energy

### Tecnologie a confronto

#### DUAL ENERGY (DE)

L'algoritmo DE permette di separare i tessuti molli dai tessuti duri prima acquisendo **due diverse immagini** a energie differenti e poi cancellando fisicamente il tessuto osseo mediante una sottrazione tra le immagini acquisite.



#### BONE SUPPRESSION (BS)

L'algoritmo BS mira a ottenere un risultato analogo – la rimozione del tessuto osseo – ricorrendo all'elaborazione software di **una singola immagine**. Pertanto, un'immagine BS si presenta come analoga all'immagine "soft" ottenuta per mezzo di DE.

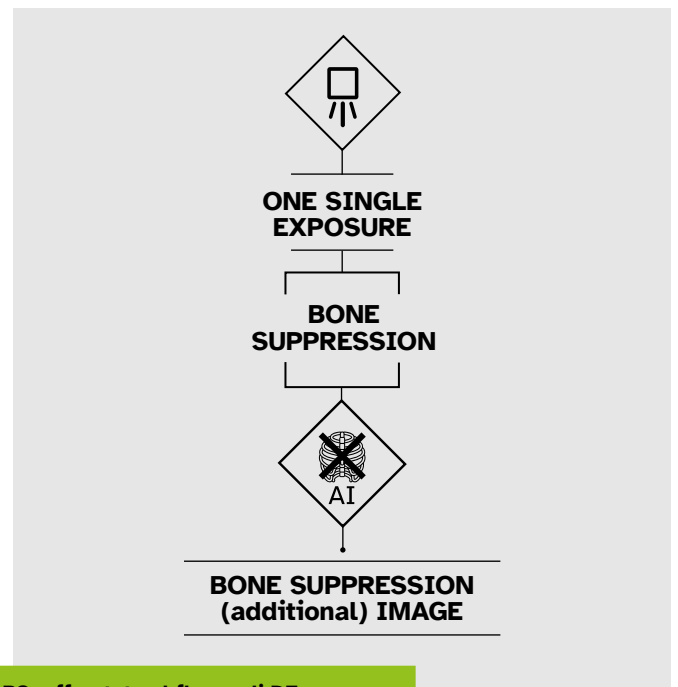





Fig. 4 e 5: Il flusso di lavoro di BS raffrontato al flusso di DE

- 

Generando un'immagine "bone" dedicata, a livello di approccio diagnostico **DE** opera una **separazione fisica dei tessuti**<sup>2</sup>.
- 

Per contro, non richiedendo un'ulteriore esposizione oltre a quella standard, **BS non necessita di sistemi complessi** (e generalmente onerosi) in grado di effettuare due esposizioni ravvicinate a energie differenti.
- 

Ultimo e non meno importante, operando con una singola esposizione, **BS non comporta alcun incremento di dose** per il Paziente e genera **immagini risultanti prive** dei caratteristici **artefatti da movimento** cui invece sono intrinsecamente soggette le immagini DE.

### Quale tecnica?

Il raffronto tra BS e DE conferma che **non esiste una tecnica migliore** dell'altra **a prescindere**: la scelta se ricorrere a BS oppure a DE deve essere sempre condotta sulla base della **specificità patologia da indagarsi**.

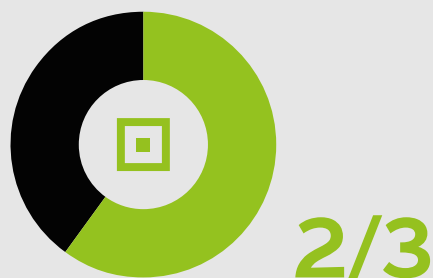
Inoltre, l'identificazione della tecnica più efficace da impiegare deve essere **sempre operata sulla base del contesto clinico del Paziente**.

<sup>2</sup> In determinate condizioni, DE può potenzialmente fornire ulteriori informazioni su processi in corso (e.g. nell'esaminare lo stato di calcificazione di un nodulo: qualora risultasse visibile nell'immagine "bone", ciò significherebbe che il nodulo ha una componente calcificata e, come tale, verrebbe trattato di conseguenza).

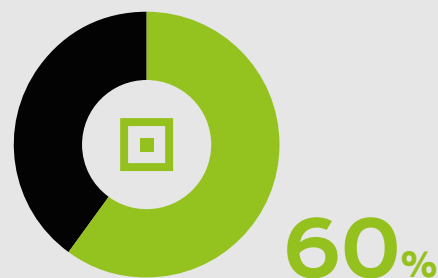
## ■ Riflessi sulla confidenza: una statistica

In uno studio preliminare condotto su un **campione di 40 immagini**, con e senza patologie, l'algoritmo BS è stato sottoposto al parere di radiologi esperti che, tramite un **protocollo di Visual Grading Analysis (VGA)**, hanno valutato l'efficacia di *Bone Suppression* nella cancellazione delle strutture ossee e nel miglioramento della visibilità delle strutture molli, senza valutazioni inerenti all'impat-

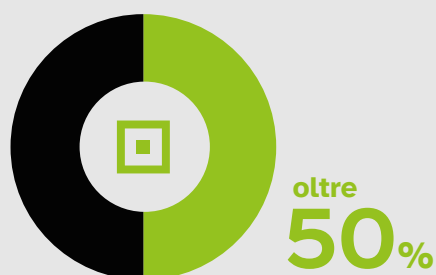
to clinico sulla diagnosi di eventuali patologie. Premesso che la funzionalità BS produce un'**immagine aggiuntiva** che deve essere **sempre** usata **in affiancamento all'immagine standard acquisita**, e non in sua sostituzione, e che il protocollo di valutazione utilizzato per la VGA ha rispettato questo requisito, l'esito dello studio è stato che, nelle immagini di BS esaminate:



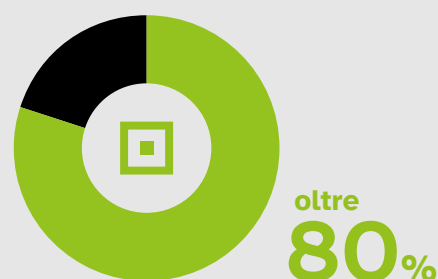
**In due terzi dei casi** la cancellazione della componente ossea è stata considerata **soddisfacente** (solo in meno di un caso su dieci è stato riscontrato un peggioramento della visibilità dei tessuti molli).



**Nel 60%** circa dei casi si è evidenziato un **miglioramento significativo** della **visibilità dei tessuti molli**.



**In oltre il 50%** del totale dei casi esaminati è stato riscontrato una **migliore visibilità dei tessuti molli sovrapposti a tessuto osseo** rispetto all'immagine originale.



Infine, in **più dell'80%** dei casi valutati, nell'immagine elaborata con algoritmo BS sono stati considerati come **"non presenti"** o **"debolmente presenti"** artefatti che potessero dar luogo a una percezione alterata rispetto all'immagine originale dei tessuti molli non sovrapposti a tessuti ossei.



## ■ Conclusioni

Come tutti gli algoritmi elaborati da Digitec, così anche **BS** è pensato come **strumento a supporto per semplificare e valorizzare il lavoro di tecnici e medici**. Digitec, infatti, mira a delegare al software e all'intelligenza artificiale quelle task che sono esegui-

bili da una macchina, dando così a operatori e medici la possibilità di dedicarsi alla **componente umana che nessun software potrà mai sostituire**: l'attenzione e la cura al Paziente.

## Bibliografia

### Visual Grading Analysis (VGA)

Precht H, Hansson J, Outzen C, Hogg P, Tingberg A: *Radiographers' perspectives' on Visual Grading Analysis as a scientific method to evaluate image quality*. Radiography, Volume 25, Supplement 1, 2019, pp. S14-S18.

### Deep Convolutional Neural Network (DCNN)

Goodfellow I, Bengio Y, Courville A: *Deep Learning (Adaptive Computation and Machine Learning series)*. The MIT Press, 2016.

Le Cun Y, Bengio Y, Hinton G: *Deep learning*. Nature, 2015; 521: 436.

### Bone suppression (BS)

American College of Radiology: *ACR-SPR-STR Practice parameter for the performance of Chest radiography*. 2022, p. 5. Available at <https://www.acr.org/-/media/ACR/Files/Practice-Parameters/ChestRad.pdf> (accessed on January 18, 2024).

Accarino A (coord), Bibbolino C, Gandolfo N, Pofi E, Sartori P: *Modello di appropriatezza prestazionale quali-quantitativa in diagnostica per immagini*, SIRM, 2022. Available at [https://sirm.org/wp-content/uploads/2022/11/SIRM-Modello-Appropriato-orizzontale\\_DEF.pdf](https://sirm.org/wp-content/uploads/2022/11/SIRM-Modello-Appropriato-orizzontale_DEF.pdf) (accessed on January 18, 2024).

Jones CM, Buchlak QD, Oakden-Rayner L, Milne M, Seah J, Esmaili N, Hachey B: *Chest radiographs and machine learning – Past, present and future*. J Med Imaging Radiat Oncol, 65 2021: 538-544.





**Digitec S.r.l.** | Via Caduti Lecchesi a Fossoli, 17 | 23900 Lecco (LC) – ITALY  
SDI Code T04ZHR3 | Tax Code 00527870141 | VAT no. 01647550134  
E-mail: [info@digitecinnovation.com](mailto:info@digitecinnovation.com) | Tel: +39 0341 36 46 17  
**[digitecinnovation.com](http://digitecinnovation.com)**