

La Tomografia ad Impedenza Elettrica (EIT)

Federica Chironi^{1*}, Youssra Belhaj^{1*}, Mara Lelii², Barbara Madini², Marta Piotto¹, Lucia Cerrato¹, Veronica Fasoli¹, Maria Francesca Patria^{2&}, Alessia Rocchi^{2&}

¹Università degli Studi di Milano, Milano

²Fondazione IRCCS Ca' Granda Ospedale Maggiore Policlinico, Milano

*primo autore; &autore senior

Corrispondenza: Alessia Rocchi **e-mail:** alessia.rocchi@policlinico.mi.it

La Tomografia ad Impedenza Elettrica (EIT) è una metodica non invasiva di monitoraggio della ventilazione polmonare che sfrutta le proprietà di bioimpedenza tissutale, ovvero la differente risposta che i diversi tessuti biologici offrono all'applicazione di una corrente elettrica esterna. La variazione di impedenza del tessuto polmonare dipende dall'aria in esso contenuta e correla significativamente con la variazione di volume: differenze nella distribuzione della ventilazione e del volume polmonare corrispondono a variazioni nei voltaggi misurabili a livello della superficie corporea.

EIT si avvale di un macchinario costituito da un'unità centrale, per la visualizzazione delle immagini e dei parametri di ventilazione (Figura 1 e 2), da una fascia toracica, composta da 16 elettrodi, e da un cavo-paziente dotato di 16 clip numerate in serie e uniformemente distanziate, che si applicano agli appositi bottoni sulla fascia toracica, che viene posizionata in sede intermamillare.

La misurazione della bioimpedenza avviene mediante applicazione di una corrente elettrica alternata di bassa intensità attraverso due dei 16 elettrodi e la misurazione dei potenziali di superficie nelle restanti coppie di elettrodi. Un elettrodo di riferimento, posto a livello dell'addome, assicura che tutte le misurazioni siano rapportate ad un unico potenziale elettrico. L'acquisizione dei dati avviene attraverso una modalità *dinamica* che visualizza in maniera *continua* le variazioni relative di impedenza all'interno del piano degli elettrodi (l'elevata risoluzione temporale consente di valutare la ventilazione regionale anche a frequenze respiratorie elevate), e una modalità *statica* che permette il confronto tra sequenze temporali differenti e la quantificazione della distribuzione della ventilazione (curve di impedenza globale e regionali, Figura 1). Attraverso un algoritmo di ricostruzione la macchina genera un'immagine bidimensionale che costituisce una mappa della conducibilità elettrica polmonare con visualizzazione caudo-craniale.

L'immagine EIT può essere suddivisa in un numero variabile di *regioni di interesse* (ROI, *region of interest*); l'impostazione più utilizzata prevede quattro ROI in senso cranio-caudale (quadranti superiori e inferiori) o ventro-dorsale (bande orizzontali). Ad ogni ROI corrisponde una curva impedenziometrica che mostra l'andamento dell'impedenza regionale nel tempo, e un valore numerico espresso in percentuale che rappresenta la quota di variazione di impedenza regionale che si verifica all'interno della ROI. La curva d'impedenza globale è data dalla somma di quelle regionali.

Principali parametri numerici visualizzabili in continuo:

- *Tidal Rate*: numero di atti respiratori rilevati al minuto;
- *Tidal Variation (TV) global*: differenza tra il valore minimo e massimo della curva d'impedenza globale per ogni atto respiratorio. Il TV global, sempre 100% indipendentemente dal volume corrente, serve da riferimento per la visualizzazione delle variazioni regionali;
- *TV ROI*: differenza tra i valori minimo e massimo delle curve di impedenza regionale per ciascun atto respiratorio. Mostrano la percentuale di variazione dell'impedenza che si verifica nella ROI corrispondente.

Principali indici calcolabili tramite elaborazione software:

- *Global Inhomogeneity index, GI*: quantifica la disomogeneità della ventilazione polmonare;
- *Regional Ventilation Delay, RVD*: quantifica la variazione del ritardo regionale all'inizio dell'inspirazione rispetto all'inizio globale dell'inspirazione.

EIT nasce in terapia intensiva come metodica di monitoraggio degli effetti della ventilazione meccanica: ci sono studi recenti durante la somministrazione di surfattante nei neonati prematuri per ridurre le complicanze associate a volutrauma, per studiare il profilo ventilatorio di bambini con infezione da

Sars Cov 2 (Nascimento MS, *et al.* BMC Pulm Med. 2021) e gli effetti della terapia broncodilatatrice (Strodthoff C, *et al.* Physiol Meas. 2022). In respiro spontaneo esistono studi in soggetti affetti da fibrosi cistica, nei quali EIT ha mostrato significativa correlazione con i dati spirometrici e radiologici. Caratterizzata da bassa risoluzione spaziale ma elevata risoluzione temporale, EIT permette di valutare la *funzionalità* polmonare, non indagabile dalle comuni metodiche di imaging. L'esecuzione semplice e rapida, operatore-indipendente e *radiation-free*, la rendono una importante metodica funzionale complementare nelle patologie polmonari pediatriche, utile per ottimizzare la diagnosi e la risposta al trattamento, monitorare la progressione di malattia, identificare precocemente le esacerbazioni, ridurre l'esposizione a radiazioni e diminuire i costi sanitari.

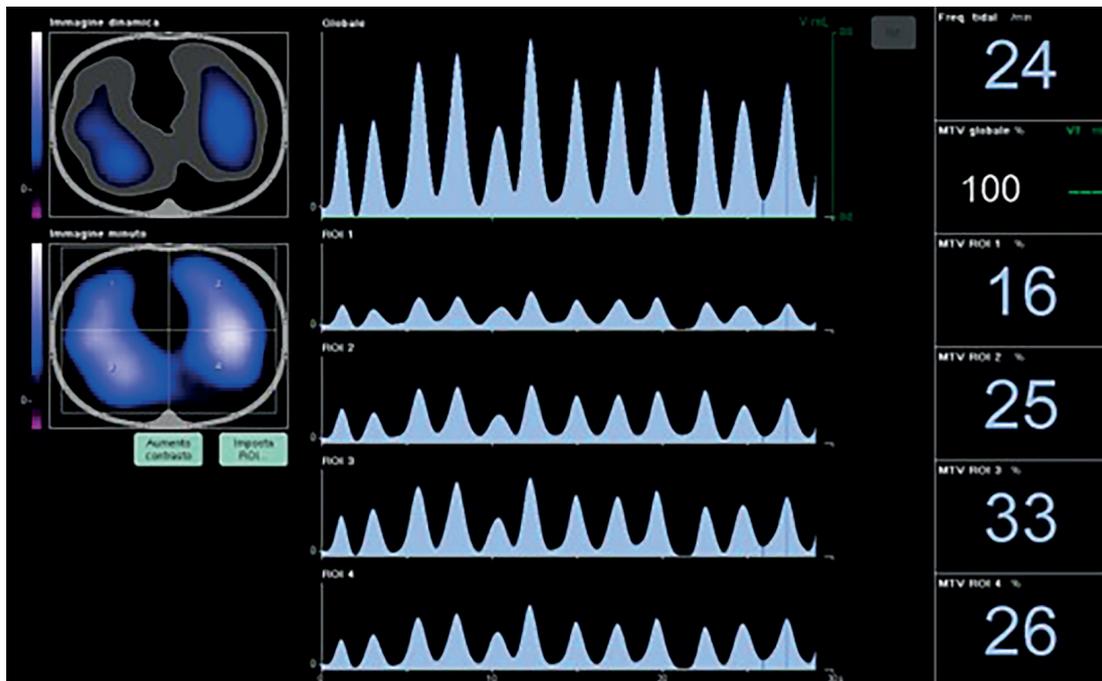


Fig. 1: Esempio di schermata di visualizzazione.



Fig. 2: EIT PulmoVista 500®, Dräger, Lubeck, Germany.