

# Lung Vision: una nuova tecnologia per la diagnosi endoscopica dei noduli polmonari periferici

## Lung Vision: a new technology for endoscopic diagnosis of peripheral pulmonary nodules

Martina Ferioli, Gian Piero Bandelli, Marco Ferrari, Thomas Galasso, Filippo Natali, Piero Candoli

Unità di Pneumologia Interventistica, IRCCS Azienda Ospedaliero-Universitaria di Bologna, Bologna

### Riassunto

L'approccio diagnostico per via broncoscopica dei noduli polmonari periferici rappresenta una sfida per la pneumologia interventistica. Negli ultimi anni sono state sviluppate nuove metodiche di localizzazione delle lesioni periferiche e di navigazione endoscopica con l'obiettivo di incrementare la resa diagnostica mantenendo l'approccio minimamente invasivo e l'elevato profilo di sicurezza proprio delle procedure endoscopiche. Il sistema di fluoroscopia aumentata e navigazione Lung Vision (Body Vision Medical LTD, Israele) utilizzando algoritmi di intelligenza artificiale, integra le scansioni di tomografia computerizzata ad alta risoluzione eseguita in fase pre-procedurale alle acquisizioni fluoroscopiche real-time durante la procedura, restituendo all'operatore la proiezione esatta della lesione target a livello dell'immagine fluoroscopica. Questa tecnologia consente quindi di visualizzare quei noduli che, per dimensione, posizione o densità, non sono visibili utilizzando la fluoroscopia convenzionale, facilitandone la localizzazione e incrementandone così le possibilità di campionamento. Questa review si propone di illustrare il funzionamento del sistema Lung Vision, di presentare le evidenze attualmente disponibili in letteratura e le potenziali applicazioni future.

**Parole chiave:** fluoroscopia aumentata, lesioni polmonari periferiche, navigazione bronchiale, navigazione endoscopica

### Summary

The diagnostic approach of peripheral pulmonary nodules represents a challenge for interventional pulmonology. Recently, new systems of peripheral lesions localization and bronchoscopic navigation have been developed. The Lung vision (Body Vision Medical LTD, Israel) is a navigation and augmented fluoroscopy system that integrates preprocedural high-resolution computed tomography to intraoperative real-time fluoroscopy using artificial intelligence algorithms. As a result, Lung Vision shows the exact projection of the target lesion on the fluoroscopic image. This technology allows to visualize nodules that are not visible using conventional fluoroscopy, due to their size, position or density, facilitating nodule localization and thus increasing the diagnostic yield. This review aims to analyse the procedural steps of the Lung Vision system, to present the data currently available and the potential future applications.

**Key words:** augmented fluoroscopy, peripheral pulmonary lesion, bronchial navigation, endoscopic navigation.

## Introduzione

Le lesioni polmonari periferiche sono definite come lesioni localizzate distalmente ai bronchi segmentari oppure come lesioni situate nel terzo

Ricevuto/Received: 29/04/2023  
Accettato/Accepted: 06/06/20233

### Corrispondenza

Martina Ferioli

Unità di Pneumologia Interventistica, IRCCS Azienda Ospedaliero-Universitaria di Bologna, via Massarenti 9, 40138 Bologna  
martina.ferioli@gmail.com

### Conflitto di interessi

Gli autori dichiarano di non avere nessun conflitto di interesse con l'argomento trattato nell'articolo.

**Come citare questo articolo:** Ferioli M, Bandelli GP, Ferrari M, et al. Lung Vision: una nuova tecnologia per la diagnosi endoscopica dei noduli polmonari periferici. Rassegna di Patologia dell'Apparato Respiratorio 2023;38:119-126. <https://doi.org/10.36166/2531-4920-676>

© Copyright by Associazione Italiana Pneumologi Ospedalieri – Italian Thoracic Society (AIPO – ITS)



OPEN ACCESS

L'articolo è open access e divulgato sulla base della licenza CC-BY-NC-ND (Creative Commons Attribuzione – Non commerciale – Non opere derivate 4.0 Internazionale). L'articolo può essere usato indicando la menzione di paternità adeguata e la licenza; solo a scopi non commerciali; solo in originale. Per ulteriori informazioni: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.it>

esterno del polmone <sup>1,2</sup>. Dalle caratteristiche dei tumori polmonari riscontrati dal NELSON *trial*, il più grande studio di *screening* condotto fino ad ora in Europa, si evince che più del 70% dei tumori diagnosticati sono localizzati perifericamente<sup>3</sup>. La tipizzazione cito-istologica del nodulo polmonare periferico può essere condotta per via percutanea (biopsia transcutanea eco o TC guidata) oppure per via broncoscopica <sup>4</sup>. La biopsia transcutanea TC guidata presenta una resa diagnostica superiore al 90%, ma è gravata da un più elevato rischio di pneumotorace (fino ad 1/4 dei casi) che fino a circa il 5% richiede il posizionamento di drenaggio <sup>4,5</sup>. L'approccio per via broncoscopica permette di ridurre il rischio di complicanze, ma la resa diagnostica è inferiore (variando dal 34 al 63% se non associata a metodiche di localizzazione della lesione) <sup>2</sup> e dipende dalle dimensioni della lesione, dalla presenza di un bronco afferente al nodulo (*bronchus sign*), dalla localizzazione del nodulo (la zona sovradiaframmatica è più difficile da campionare), e dall'esperienza dell'operatore <sup>2</sup>. L'utilizzo della sonda ecografica radiale (*radial-endobronchial ultrasound*, r-EBUS) associata alla fluoroscopia ha permesso di incrementare la resa diagnostica (56,3-60,9% per lesioni inferiori a 20 mm, 77,7-82,5% per lesioni superiori a 20 mm) <sup>6,7</sup>.

Negli ultimi anni sono state sviluppate diverse metodiche di guida e localizzazione delle lesioni periferiche al fine di superare queste percentuali, mantenendo l'elevato profilo di sicurezza proprio dell'approccio broncoscopico<sup>8</sup>. Queste metodiche differiscono in quanto a tecnologie, strumenti e costi, ed includono: la broncoscopia virtuale (*virtual navigation bronchoscopy*, VNB), la navigazione elettromagnetica (*electromagnetic navigation bronchoscopy*, ENB), l'utilizzo del broncoscopio ultrasottile (*ultrathin bronchoscopy*, UTB) la fluoroscopia aumentata (*augmented fluoroscopy*, AF), la *cone-beam* CT (CBCT) e la broncoscopia robotica (*robotic-assisted bronchoscopy*, RAB).

Questo articolo si propone di illustrare la metodica di fluoroscopia aumentata e broncoscopia virtuale *Lung Vision* (Body Vision Medical LTD, Israele), recentemente acquisita presso la Pneumologia Interventistica dell'Azienda Ospedaliero-Universitaria Sant'Orsola-Malpighi di Bologna.

## Che cos'è e come funziona Lung Vision?

*Lung vision* è un sistema di navigazione basato sulla fluoroscopia aumentata che, utilizzando algoritmi di intelligenza artificiale, permette di migliorare la visualizzazione, la localizzazione e il campionamento dei noduli polmonari. Il sistema integra le immagini di tomogra-

fia computerizzata ad alta risoluzione (HRCT) acquisite in fase pre-procedurale alle scansioni fluoroscopiche in tempo reale durante la procedura al fine di assistere l'operatore nella localizzazione e nel prelievo a livello della lesione. Il sistema *Lung vision* di prima generazione è stato introdotto nel campo della diagnostica broncoscopica sull'uomo nel 2016, approvato dalla *Food and Drug Administration* nel 2017 e successivamente anche dalla Comunità Europea.

I componenti del sistema sono quattro: una tavola diagnostica collocata sul lettino radiologico, dotata di reperi fluoroscopici visibili, un processore principale, un tablet e un router. È fondamentale la presenza nella sala di un arco a C per la fluoroscopia convenzionale (a cui collegare il processore principale mediante un cavo di connessione). *Lung Vision* è poi in grado di integrarsi con gli strumenti presenti in sala endoscopica (es. monitor, sonda r-EBUS).

Il funzionamento si articola in due fasi: una fase pre-procedurale (pianificazione) e una fase procedurale (che include la centratura della carena, la centratura della lesione target e la navigazione).

### Pianificazione

La fase di pianificazione richiede inizialmente il caricamento di una TC del torace ad alta risoluzione (è richiesto uno spessore delle sezioni < 1,5 mm) via USB/CD. Una volta completato il caricamento, sul tablet vengono visualizzate le scansioni multiplanari della TC. È necessario selezionare la lesione target nella scansione assiale, coronale e sagittale, identificandone il centro e i confini (Fig. 1). Il sistema è in grado poi di mappare le diramazioni bronchiali e consente quindi all'operatore di scegliere quella afferente o che più si avvicina alla lesione (Fig. 2).

### Centratura della carena

Durante la fase procedurale, per poter abbinare le immagini fluoroscopiche alla TC precedentemente acquisita, è necessario posizionare l'arco a C a livello della carena e compiere una rotazione dell'arco da +30° a -30° (*primo spin*, Fig. 3A) eseguendo quindi una tomografia computerizzata con braccio di scansione a C (CABT, *C-arm based tomography*). Le immagini radiologiche acquisite istante per istante durante lo spin permettono di ottenere una ricostruzione tridimensionale da correlare alla TC. L'esposizione alle radiazioni durante questo spin dura circa 30 secondi. Dopo tale acquisizione, il sistema richiede di confermare la posizione della carena sulle immagini TC e su quelle CABT eseguendo quindi la "centratura" della carena (Fig. 3B, 3C).

### Centratura della lesione target

A questo punto il *software* suggerisce come e di quan-

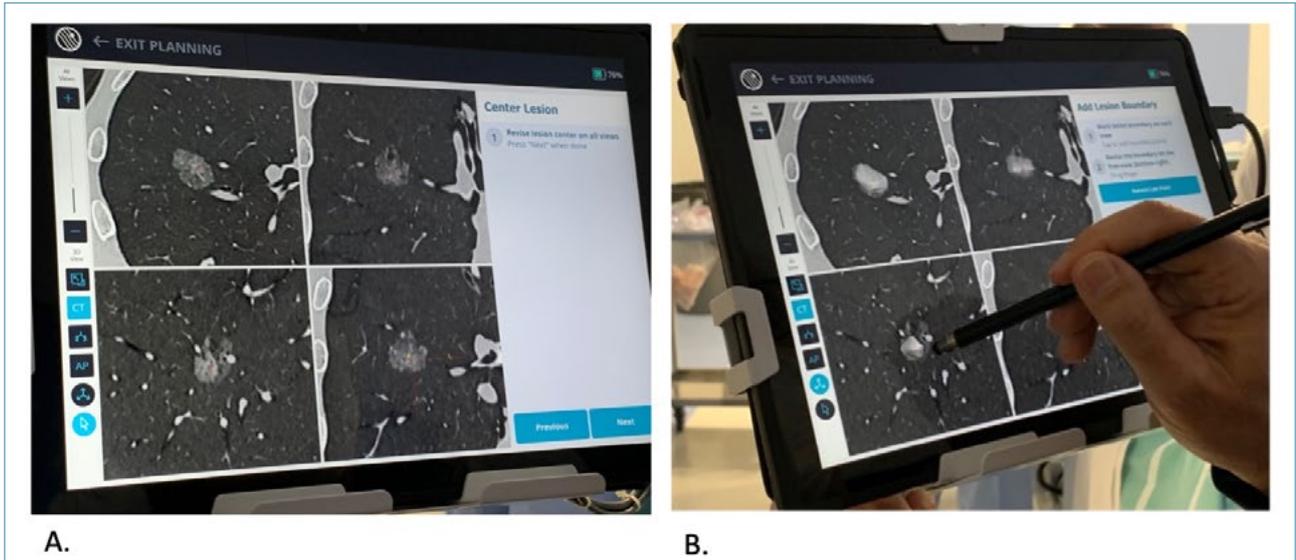


Figura 1. (A) Selezione e centratura della lesione target. (B) Selezione dei margini e ricostruzione tridimensionale della lesione.

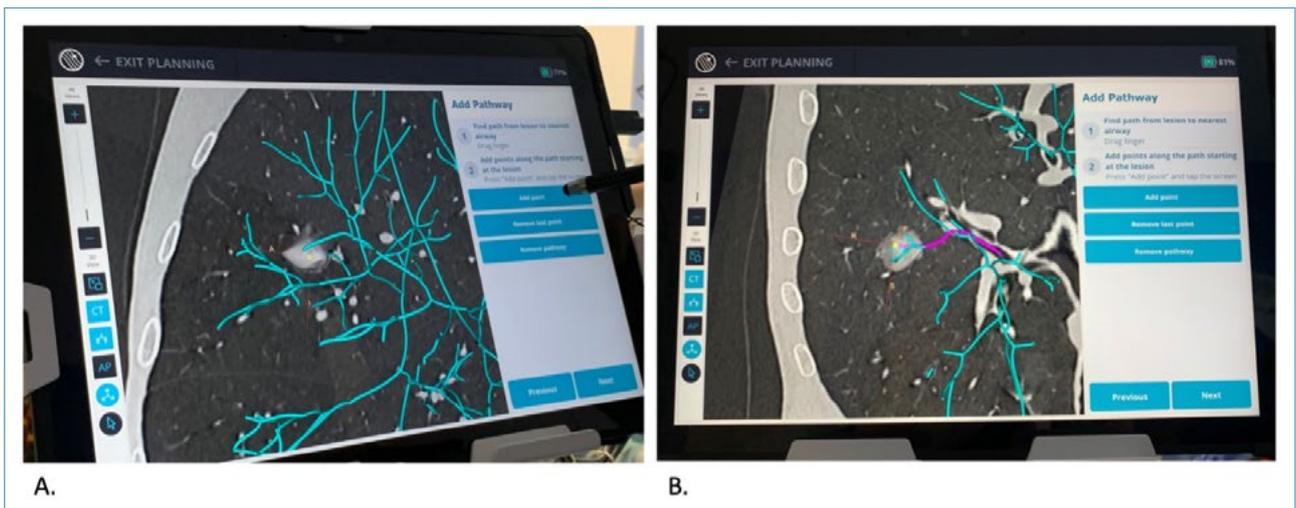


Figura 2. (A) Mappatura delle vie aeree. (B) Selezione del bronco afferente alla lesione.

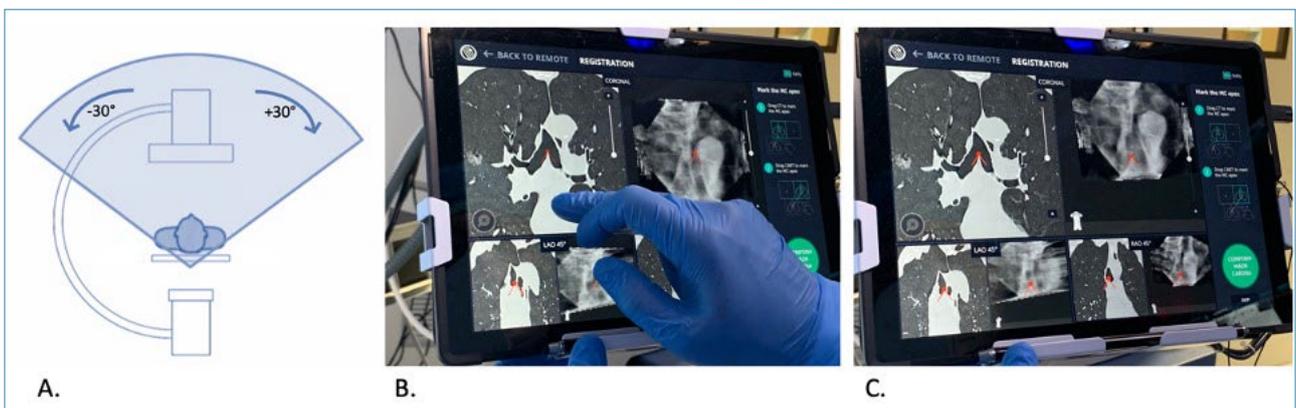


Figura 3. (A) Rotazione dell'arco a C (spin). (B) Centratura della carena in TC. (C) Conferma della centratura anche sulle scansioni CABT.

ti centimetri spostare l'arco a C nelle tre dimensioni al fine di posizionare la lesione target al centro del fascio fluoroscopico (Fig. 4A). Una volta eseguito lo spostamento, il sistema ne conferma la corretta posizione. Infine, è necessario compiere un'ulteriore rotazione di 60° intorno alla lesione target (*secondo spin*) e confermarne la centratura in relazione alle scansioni TC acquisite (Fig. 4B). Ad abbinamento completato, sul tablet e sul monitor viene elaborata una broncoscopia virtuale che guida l'operatore verso la lesione target (Fig. 4C).

### Navigazione

Terminati questi passaggi, *Lung Vision* è in grado di fornire la proiezione esatta della lesione target a livello dell'immagine fluoroscopica, permettendo di visualizzare i noduli che, per dimensione, posizione o densità, potrebbero non essere visualizzabili utilizzando la

fluoroscopia convenzionale. La proiezione appare sullo schermo della fluoroscopia come un'area evidenziata in giallo (Fig. 5), mentre la mappatura delle vie aeree in corrispondenza della lesione è riprodotta in fucsia, e corrisponde alla via selezionata durante il *planning*. Durante la procedura è possibile utilizzare un catetere guida (*guide sheet*), che funge da estensione del canale operativo, contrassegnato con marcatori radiopachi e dotato di punta ricurva. All'interno di tale catetere è possibile inserire sia la sonda r-EBUS (in modo da verificarne la posizione) sia l'ago/le pinze per il campionamento. L'utilizzo del catetere guida è facoltativo. Una volta raggiunta la lesione, è preferibile realizzare un ulteriore spin per verificare la posizione del broncoscopio, della sonda ecografica radiale (con o senza catetere guida) o dello strumento utilizzato per il campione (ago/pinze biottiche) rispetto al nodulo. Se lo spin è comple-

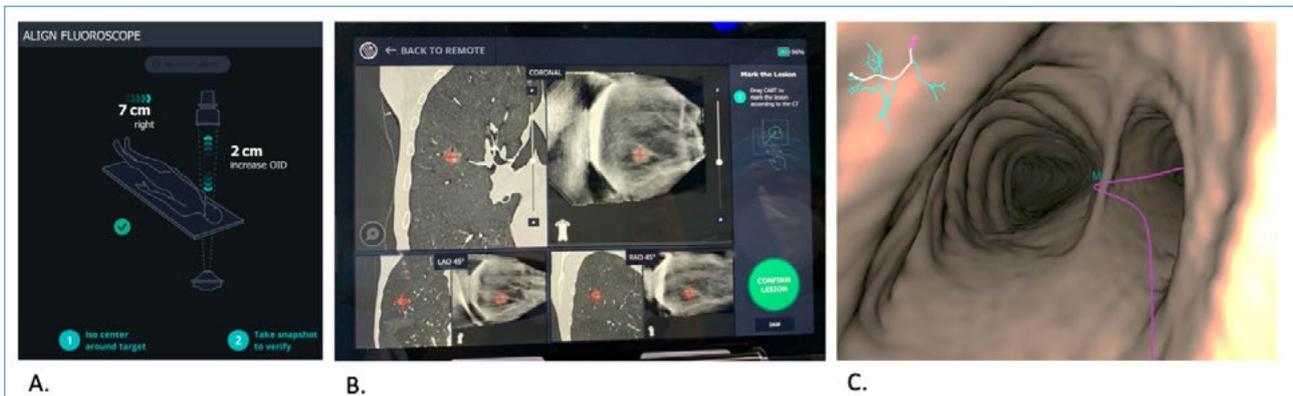


Figura 4. (A) Allineamento del fluoroscopio. (B) Centratura della lesione target sulle immagini CABT. (C) Broncoscopia virtuale.

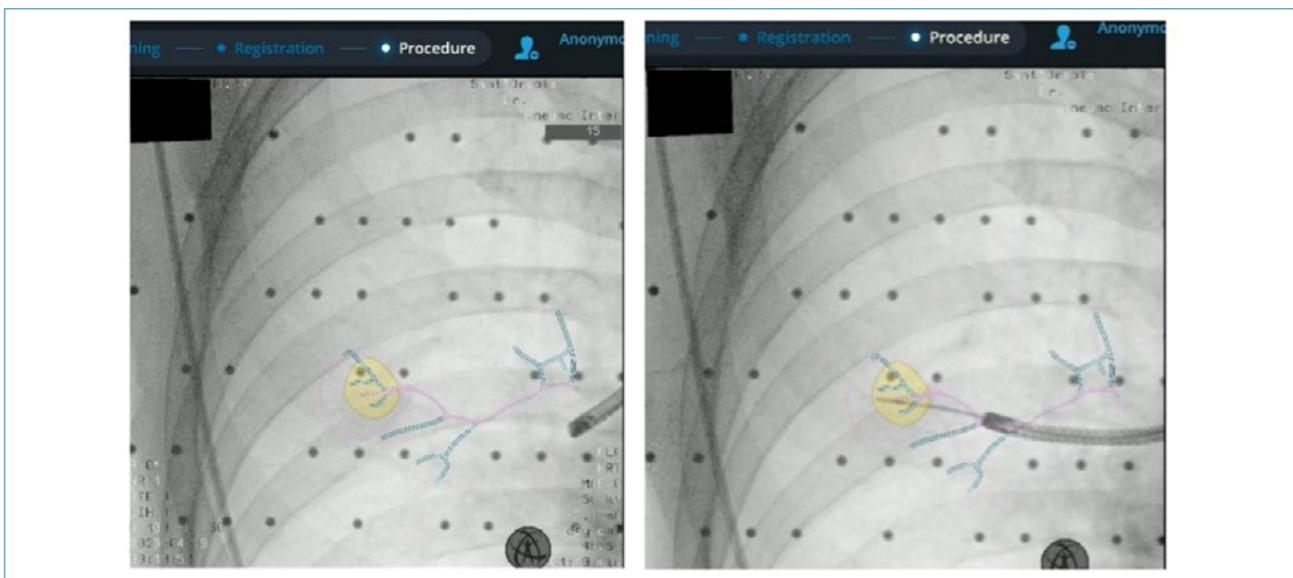


Figura 5. Fluoroscopia aumentata: proiezione della lesione target sull'immagine fluoroscopica.



Figura 6. Conferma della localizzazione mediante sonda R-EBUS.

to, il sistema fornisce una vera e propria ricostruzione tridimensionale della posizione dello strumento rispetto al nodulo (*tool-in-lesion*). Tale applicazione fornisce le basi per eventuali applicazioni sviluppabili in futuro. Una volta raggiunto il nodulo, è possibile verificarne la localizzazione con la sonda ecografica radiale ed eseguire i prelievi diagnostici (Fig. 6).

## Quali dati sono disponibili in letteratura?

La Tabella I riassume le caratteristiche dei tre studi ad oggi disponibili in letteratura che hanno riportato dati riguardo la localizzazione e la resa diagnostica utilizzando la fluoroscopia aumentata mediante il sistema *Lung Vision*<sup>9-11</sup>.

Nel 2021, Cicens et al. hanno pubblicato uno studio multicentrico, prospettico a singolo braccio che ha incluso 55 pazienti con noduli polmonari, per un totale di 57 lesioni<sup>9</sup>. Durante le procedure è stato utilizzato

il catetere guida, mentre la tipologia di prelievo era a discrezione dell'operatore. La localizzazione della lesione (definita dalla conferma in EBUS-radiale) nella sede specificata dal *Lung Vision* variava dall'88% per i noduli inferiori a 20 mm, al 92,3% per i noduli tra i 21 e i 30 mm, raggiungendo il 100% per le lesioni maggiori di 30 mm, ed era in media del 93%. La resa diagnostica calcolata sulla base della diagnosi istologica definitiva (in assenza di *follow-up*) era del 75% e variava con la dimensione della lesione (circa il 70% per noduli < 20 mm, 61,5% tra 21 e 30 mm, 85,7% tra i 31 e i 40 mm). Il tempo medio di esposizione alla fluoroscopia era di  $9,4 \pm 6,9$  minuti con una dose media di esposizione di 248,7 mGy<sup>9</sup>.

Nello stesso anno è stato pubblicato uno studio monocentrico prospettico a singolo braccio condotto da Prichett<sup>10</sup>, che ha riportato i dati dei prelievi diagnostici (biopsie, *brushing*, agoaspirati o broncolavaggi secondo la scelta dall'operatore) eseguiti su 53 pazienti (per un totale di 57 lesioni) condotti con l'ausilio del sistema

Tabella I. Caratteristiche degli studi pubblicati riguardanti *Lung Vision*. Modificato da Shen et al.<sup>12</sup>.

Primo autore	Anno	N.	Disegno dello studio	Utilizzo di metodiche accessorie	Localizzazione	Resa diagnostica
Cicens J. et al. <sup>9</sup>	2021	57	Prospettico, multicentrico	R-EBUS ROSE	93%	75% (senza <i>follow-up</i> )
Prichett M. <sup>10</sup>	2021	57	Prospettico, monocentrico a singolo braccio	CBCT ROSE	94,7%	87,7% (con 12 mesi di <i>follow-up</i> )
Pertzov B. et al. <sup>11</sup>	2021	63	Prospettico, monocentrico a singolo braccio	R-EBUS Criosonda ROSE	80%	77,8% (con 12 mesi di <i>follow-up</i> )

*Lung Vision*. Sono stati inclusi pazienti adulti con noduli polmonari periferici indipendentemente dalla dimensione e dalla presenza di un *bronchus sign*. La particolarità di questo studio è che l'*outcome* primario, ossia la localizzazione della lesione, veniva definito come la visualizzazione del catetere all'interno della lesione utilizzando la ricostruzione tridimensionale fornita dalla fluoroscopia aumentata (*tool-in-lesion*) e confermata mediante una scansione condotta con la *cone beam* CT. La *cone beam* CT era utilizzata esclusivamente per verificare la localizzazione, non per eseguire campionamenti. La corretta localizzazione della lesione veniva raggiunta nel 94,7% delle lesioni. L'accuratezza della localizzazione della lesione invece veniva misurata come la distanza tra il centro della lesione in fluoroscopia aumentata e il centro della lesione visualizzata con la *cone beam* CT. Questa distanza misurava in media 5,9 mm (2-10 mm), ed era maggiore per i lobi inferiori. La resa diagnostica definita come diagnosi istologica benigna o maligna era del 77,2% per lesione (variando dal 87% per i noduli maggiori di 20 mm al 70,6% per noduli inferiori o uguali a 20 mm) e saliva al 87,7% dopo *follow-up* di 12 mesi. In tre casi le procedure sono state interrotte per impossibilità del sistema a calcolare la localizzazione della lesione, mentre non sono state riportate complicanze. La durata totale media della procedura (esclusa l'eventuale valutazione mediastinica) era di 47 minuti<sup>10</sup>. Pertov et al. nel 2021 hanno condotto uno studio prospettico monocentrico con l'obiettivo di valutare la resa diagnostica e il profilo di sicurezza del *Lung Vision* utilizzato in combinazione alla criobiopsia transbronchiale<sup>11</sup>. Sono state incluse 63 procedure eseguite mediante l'ausilio del *Lung Vision* condotte tra il 2016 e il 2020. L'*outcome* primario era la resa diagnostica, definita come una diagnosi definitiva di tumore o una diagnosi benigna (confermata se la lesione mostrava miglioramento radiologico durante un *follow-up* di 12 mesi), mentre tra gli *outcome* secondari veniva riportata la localizzazione confermata con la sonda r-EBUS. Il campionamento è stato eseguito prima con ago e *brushing* (e verificato mediante esame citologico estemporaneo), poi con pinze biottiche e infine con criosonda. La localizzazione veniva confermata nel 80% dei casi e la resa diagnostica media raggiungeva il 77,8% (72,2% per i noduli inferiori ai 20 mm). In 50 procedure è stata utilizzata la criosonda, 4 pazienti hanno sviluppato pneumotorace e uno è stato trattato con il posizionamento di drenaggio toracico. In nove procedure le cellule tumorali maligne sono state riscontrate soltanto nei campioni raccolti con criobiopsia.

Riassumendo, i dati disponibili riguardanti il sistema di fluoroscopia aumentata *Lung Vision* riportano un'elevata percentuale di localizzazione (compresa tra l'80

e il 94,7%), una resa diagnostica variabile tra il 75 e l'87,7%<sup>9-11</sup>, e un elevato profilo di sicurezza<sup>12</sup>.

## Che tipo di sedazione usare?

L'utilizzo del sistema *Lung Vision* può avvenire con diversi gradi di profondità di sedazione. L'intelligenza artificiale di *Lung Vision* è in grado di compensare parzialmente il movimento respiratorio, non richiedendo in maniera esclusiva l'anestesia generale e l'ausilio di farmaci curarizzanti. In letteratura sono riportate diverse strategie di sedazione: nello studio di Prichett le procedure venivano eseguite in anestesia generale, in quello di Pertzov et al. in sedazione moderata, mentre nello studio di Cicienia et al. il tipo di sedazione utilizzata variava a seconda del Centro<sup>9-11</sup>. Dall'esperienza derivata dall'utilizzo della ENB, alcuni autori hanno suggerito che l'anestesia generale durante la navigazione e il campionamento di noduli polmonari periferici potrebbe essere preferibile in quanto limita l'escursione diaframmatica e permette di fare pause respiratorie<sup>12-15</sup>. È stato riportato che l'escursione diaframmatica può alterare la posizione dei noduli in media di 17,6 mm, con uno spostamento significativamente maggiore nei lobi inferiori<sup>16</sup>. La resa diagnostica di tutti i sistemi di broncoscopia guidata è limitata da un fenomeno chiamato divergenza TC - corpo (*CT to body divergence*), ossia la mancata corrispondenza tra la mappa "virtuale" basata su TC pre-procedurale utilizzata per pianificare il percorso di navigazione e l'effettiva anatomia polmonare dinamica durante la broncoscopia<sup>17</sup>. Uno dei principali determinanti di questa divergenza è lo sviluppo delle atelettasie periferiche già pochi minuti dopo l'induzione della sedazione<sup>17</sup>. Tali atelettasie diminuiscono la visibilità, modificano la conformazione delle vie aeree, riducono la distanza tra la lesione e la pleura e possono dare all'operatore una falsa rassicurazione a livello dell'immagine della sonda r-EBUS. Nel 2021, Prichett et al. hanno pubblicato un protocollo di ventilazione con l'obiettivo di minimizzare la comparsa delle atelettasie, che prevede la scelta dell'anestesia generale endovenosa con paralisi muscolare, di una FiO<sub>2</sub> relativamente bassa, di una pressione positiva di fine espirazione di 10-12 cmH<sub>2</sub>O, e di una pausa respiratoria a inspirazione completa durante le fasi di acquisizione di immagini o di campionamento<sup>18</sup>. Sebbene la pausa inspiratoria non sia fondamentale, se ci sono le condizioni per eseguirla, il monitor di *Lung Vision* suggerisce quando iniziarla e quando terminarla. Per quanto riguarda la scelta del presidio da utilizzare, Prichett et al. prediligono il tubo endotracheale rispetto alla maschera laringea in quanto le elevate pressioni erogate mediante maschera laringea possono incrementare l'insufflazione gastrica e di

conseguenza il rischio di aspirazione. Il protocollo non prevede l'uso del broncoscopio rigido, che essendo un sistema aperto comporterebbe elevate perdite aeree, e verrebbe quindi riservato alle procedure che necessitano di una sicura gestione del sanguinamento (criobiopsia)<sup>19</sup>. Uno studio che ha confrontato il protocollo proposto da Prichett et al. alla ventilazione non standardizzata durante procedure di navigazione polmonare periferica ha riportato una riduzione significativa delle atelettasie ( $p < 0,001$ ), ma non un incremento significativo della resa diagnostica<sup>20</sup>. In conclusione, ulteriori studi sono necessari al fine di determinare quale tipo di sedazione possa facilitare la navigazione periferica. Fino a quando non saranno disponibili questi dati, le metodiche di fluoroscopia aumentata, come *Lung Vision*, potranno essere applicate a diversi livelli di sedazione, sulla base dell'esperienza e della collaborazione tra gli anestesisti e gli pneumologi interventisti, essenziale al fine di garantire la sicurezza del paziente e ottimizzare i risultati.

## Quali sono le nuove prospettive?

Il NELSON *trial*, pubblicato nel 2020, ha dimostrato che un gruppo di più di 7.000 pazienti sottoposti a *screening* polmonare mediante TC a basse dosi ha riportato una mortalità a 10 anni significativamente inferiore rispetto al gruppo di controllo (non sottoposto a *screening*)<sup>3</sup>. Al momento è attivo in Italia il progetto pilota Rete Italiana per lo Screening Polmonare (RISP), un programma rivolto a 10.000 persone ad alto rischio con l'obiettivo di valutare l'efficacia e l'impatto della prevenzione sull'aspettativa di vita. È ipotizzabile che le crescenti evidenze riguardanti lo *screening* polmonare lo renderanno in futuro una realtà su tutto il territorio nazionale. In considerazione del fatto che più del 70% dei tumori diagnosticati durante lo studio NELSON era localizzato perifericamente<sup>3</sup>, e tenuto conto che lo *screening* avrà probabilmente come obiettivo anche quello di fornire al paziente l'esame diagnostico meno invasivo possibile al fine di limitare il ricorso inutile a chirurgia e ridurre le complicanze, è plausibile immaginare che le nuove metodiche di navigazione endobronchiale, e tra queste anche il *Lung Vision*, saranno progressivamente implementate.

Nel 2022 è stata messa a punto dall'azienda *Body Vision* una nuova versione del *software* che prevede l'esecuzione di una CABT con estensione di 180° gradi, al fine di migliorare ulteriormente la corrispondenza tra immagini TC e fluoroscopia aumentata. Il sistema è atteso in Europa nei prossimi mesi.

La storia della navigazione endoscopica verso i noduli periferici ci ha insegnato che la resa diagnostica in-

crementa se si combinano più sistemi di localizzazione e campionamento. Wagh et al. hanno utilizzato la piattaforma di broncoscopia robotica Monarch in associazione alla fluoroscopia aumentata *Lung Vision*, combinando la stabilità della navigazione robotica alla visualizzazione fluoroscopica *real-time* in due noduli periferici di 9 e 7 mm durante un'unica procedura<sup>21</sup>. Nel 2022, Hedstrom et al. hanno presentato i dati retrospettivi relativi a 45 pazienti con noduli polmonari periferici campionati grazie all'utilizzo combinato della piattaforma robotica Monarch, della sonda r-EBUS e del sistema *Lung Vision*. La dimensione media delle lesioni campionate era di 16,9 mm. La conferma r-EBUS della lesione target è stata ottenuta nel 73%, la resa diagnostica sulla base del referto istologico definitivo era del 84% e saliva al 91% dopo *follow-up*. Sono stati riportati 4 pneumotoraci post procedurali<sup>22</sup>. Studi prospettici futuri chiariranno se l'approccio multimodale che combina *Lung Vision* alla broncoscopia robotica è effettivamente in grado di incrementare la resa diagnostica rispetto all'utilizzo di una sola delle tecnologie.

Un'ulteriore prospettiva di applicazione futura potrebbe essere il trattamento locale dei noduli neoplastici. Va ricordato che ad oggi la resezione chirurgica è il trattamento *gold standard* per le neoplasie polmonari in stadio iniziale, mentre trattamenti meno invasivi come l'ablazione terapeutica fotodinamica sono descritti solamente in *case report*, ma potrebbero in futuro trovare indicazione per il trattamento dei noduli in pazienti non candidabili a chirurgia<sup>23-25</sup>. Data la possibilità della verifica della localizzazione tridimensionale del broncoscopio (o del catetere guida) rispetto alla lesione target (*tool-in-lesion*) è possibile immaginare, in futuro, l'eventuale applicazione della fluoroscopia aumentata in questo campo.

## Conclusioni

Il sistema di fluoroscopia aumentata *Lung Vision* consente la localizzazione in tempo reale dei noduli non visibili alla fluoroscopia tradizionale, fornendo una localizzazione accurata della lesione target in un'elevata percentuale di casi (80-94,7%), con una resa diagnostica variabile tra il 75 e l'87,7% e un elevato profilo di sicurezza<sup>12</sup>. Le dosi medie di esposizione alle radiazioni sono sovrapponibili a quelle di una TC a bassa dose<sup>12</sup>. La visualizzazione *real-time*, il *software* di intelligenza artificiale e la possibilità di eseguire multiple scansioni intra-procedurali al fine di aumentare la corrispondenza tra fluoroscopia e immagini TC limitano il fenomeno della *CT-to body divergence*. A differenza di altri sistemi di localizzazione, il sistema *Lung Vision* può integrarsi con l'attrezzatura standard della sala endoscopica (arco

a C, sonda r-EBUS), non richiede un elaborato *planning* pre-procedurale (caricamento di una HRCT con spessore delle sezioni < 1,5 mm) e non necessita di una sala dedicata. Tali vantaggi permettono di contenere i costi, agevolando la diffusione di tale metodica.

## Bibliografia

- 1 Rivera MP, Mehta AC, Wahidi MM. Establishing the diagnosis of lung cancer. *Chest* 2013;143:e1425-e1655. <https://doi.org/10.1378/chest.12-2353>
- 2 Dhillon SS, Harris K. Bronchoscopy for the diagnosis of peripheral lung lesions. *J Thorac Dis* 2017;9:S1047-S1058. <https://doi.org/10.21037/jtd.2017.05.48>
- 3 Horeweg N, van der Aalst CM, Thunnissen E, et al. Characteristics of lung cancers detected by computer tomography screening in the randomized NELSON trial. *Am J Respir Crit Care Med* 2013;187:848-854. <https://doi.org/10.1164/rccm.201209-1651OC>
- 4 Ishiwata T, Gregor A, Inage T, Yasufuku K. Advances in interventional diagnostic bronchoscopy for peripheral pulmonary lesions. *Expert Rev Respir Med* 2019;13:885-897. <https://doi.org/10.1080/17476348.2019.1645600>
- 5 DiBardino DM, Yarmus LB, Semaan RW. Transthoracic needle biopsy of the lung. *J Thorac Dis* 2015;7(Suppl 4):S304-S316. <https://doi.org/10.3978/j.issn.2072-1439.2015.12.16>
- 6 Steinfurt DP, Khor YH, Manser RL, Irving LB. Radial probe endobronchial ultrasound for the diagnosis of peripheral lung cancer: systematic review and meta-analysis. *Eur Respir J* 2011;37:902-910. <https://doi.org/10.1183/09031936.00075310>
- 7 Wang Memoli JS, Nietert PJ, Silvestri GA. Meta-analysis of guided bronchoscopy for the evaluation of the pulmonary nodule. *Chest* 2012;142:385-393. <https://doi.org/10.1378/chest.11-1764>
- 8 Burks AC, Akulian J. Bronchoscopic diagnostic procedures available to the pulmonologist. *Clin Chest Med* 2020;41:129-144. <https://doi.org/10.1016/j.ccm.2019.11.002>
- 9 Cicensia J, Bhadra K, Sethi S, et al. Augmented fluoroscopy. *J Bronchology Interv Pulmonol* 2021;28:116-123. <https://doi.org/10.1097/LBR.0000000000000722>
- 10 Pritchett MA. Prospective analysis of a novel endobronchial augmented fluoroscopic navigation system for diagnosis of peripheral pulmonary lesions. *J Bronchology Interv Pulmonol* 2021;28:107-115. <https://doi.org/10.1097/LBR.0000000000000700>
- 11 Pertzov B, Gershman E, Izhakian S, et al. The LungVision navigational platform for peripheral lung nodule biopsy and the added value of cryobiopsy. *Thorac Cancer* 2021;12:2007-2012. <https://doi.org/10.1111/1759-7714.14003>
- 12 Shen YC, Chen CH, Tu CY. Advances in diagnostic bronchoscopy. *Diagnostics* 2021;11:1984. <https://doi.org/10.3390/diagnostics11111984>
- 13 Cicensia J, Bahniwal CS. To sleep or not to sleep. *J Bronchology Interv Pulmonol* 2015;22:3-4. <https://doi.org/10.1097/LBR.0000000000000142>
- 14 Becker HD, Herth F, Ernst A, Schwarz Y. Bronchoscopic biopsy of peripheral lung lesions under electromagnetic guidance. *J Bronchology* 2005;12:9-13. <https://doi.org/10.1097/01.laboratory.0000147032.67754.22>
- 15 Bowling MR, Kohan MW, Walker P, et al. The effect of general anesthesia versus intravenous sedation on diagnostic yield and success in electromagnetic navigation bronchoscopy. *J Bronchology Interv Pulmonol* 2015;22:5-13. <https://doi.org/10.1097/LBR.0000000000000120>
- 16 Chen A, Pastis N, Furukawa B, Silvestri GA. The effect of respiratory motion on pulmonary nodule location during electromagnetic navigation bronchoscopy. *Chest* 2015;147:1275-1281. <https://doi.org/10.1378/chest.14-1425>
- 17 Pritchett MA, Bhadra K, Calcutt M, Folch E. Virtual or reality: divergence between preprocedural computed tomography scans and lung anatomy during guided bronchoscopy. *J Thorac Dis* 2020;12:1595-1611. <https://doi.org/10.21037/jtd.2020.01.35>
- 18 Pritchett MA, Lau K, Skibo S, et al. Anesthesia considerations to reduce motion and atelectasis during advanced guided bronchoscopy. *BMC Pulm Med* 2021;21:240. <https://doi.org/10.1186/s12890-021-01584-6>
- 19 Fadaizadeh L, Hoseini MS, Bagheri M. Anaesthesia management during interventional bronchoscopic procedures: laryngeal mask airway or rigid bronchoscope. *Turk J Anesthesiol Reanim* 2014;42:302-307. <https://doi.org/10.5152/TJAR.2014.85579>
- 20 Bhadra K, Setser RM, Condra W, Pritchett MA. Lung navigation ventilation protocol to optimize biopsy of peripheral lung lesions. *J Bronchology Interv Pulmonol* 2022;29:7-17. <https://doi.org/10.1097/LBR.0000000000000756>
- 21 Wagh A, Ho E, Hogarth K. Combining the use of robotic bronchoscopy with augmented fluoroscopy to diagnose peripheral pulmonary lesions. *Clin Oncol* 2021;6:1811.
- 22 Hedstrom G, A Wagh A. Combining real-time 3-d imaging and augmented fluoroscopy with robotic bronchoscopy for the diagnosis of peripheral lung nodules. *Chest* 2022;162:A2082. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2022.08.1720>
- 23 Chang H, Liao KS, Hsieh YS. Bronchoscopic light delivery method for peripheral lung cancer photodynamic therapy. *J Thorac Dis* 2020;12:3611-3621. <https://doi.org/10.21037/jtd-19-3887>
- 24 Chang H, Chiu YC, Lee SW, et al. Novel light delivery method for performing transbronchial photodynamic therapy ablation to treat peripheral lung cancer: a pilot study. *Photodiagnosis Photodyn Ther* 2022;40:103063. <https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2022.103063>
- 25 Allison RR, Bansal S. Photodynamic therapy for peripheral lung cancer. *Photodiagnosis Photodyn Ther* 2022;38:102825. <https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2022.102825>