



**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI GENOVA**

Corso di laurea in Medicina e Chirurgia

**Outcome funzionale di pazienti affetti da  
stenosi laringotracheale**

RELATORE: Prof. Giorgio Peretti

CORRELATORE: Prof. Francesco Mora

CANDIDATA: Gaia Orsi

ANNO ACCADEMICO: 2021/2022

# **INDICE GENERALE**

## 1. INTRODUZIONE

### 1.1. Anatomia Della Laringe

#### 1.1.1. *Fonazione*

#### 1.1.2. *Respirazione*

#### 1.1.3. *Protezione Delle Vie Aeree Inferiori*

### 1.2. Anatomia Della Trachea

### 1.3. Stenosi Laringo-Tracheali

#### 1.3.1. *Epidemiologia ed Eziologia*

#### 1.3.2. *Work-Up Diagnostico*

#### 1.3.3. *Opzioni Terapeutiche*

##### 1.3.3.1. *Trattamento Endoscopico Primario*

##### 1.3.3.2. *Ricostruzione Laringotracheale Con Espansione Della Cartilagine (LTR)*

##### 1.3.3.3. *Resezione Cricotracheale Parziale (PCTR)*

##### 1.3.3.4. *Resezione Cricotracheale Estesa*

##### 1.3.3.5. *Stent Laringotracheali*

## 2. MATERIALI E METODI

### 2.1. Videolaringoscopia Flessibile Transnasale E Tecniche Adjuvanti

### 2.2. Tecniche Chirurgiche

## 3. RISULTATI

## 4. DISCUSSIONE

## 5. CONCLUSIONI

## 6. APPENDICE

## 7. BIBLIOGRAFIA



## **1. INTRODUZIONE**

Le stenosi laringotracheali (LTS) rappresentano un restringimento patologico delle vie aeree superiori, che riduce significativamente il flusso d'aria durante l'inspirazione e la fonazione.

L'eziologia è multifattoriale, con cause sia benigne che maligne, ma il 5% di queste rimane ancora idiopatico.

I sintomi correlati sono estremamente variabili: infatti, la gravità di essi varia da una lieve dispnea fino ad un'insufficienza respiratoria acuta. Questo dipende dalle caratteristiche della stenosi (grado, estensione) ma anche da eventuali comorbidità del paziente.

La pianificazione chirurgica preoperatoria, quindi, risentirà di tali condizioni: una stenosi di elevato grado ed estensione beneficerà di un approccio cervicotomico con resezione cricotracheale parziale o estesa seguita da anastomosi, mentre una stenosi di gravità inferiore potrà essere trattata con un approccio di tipo endoscopico transorale. Tuttavia, entrambe le procedure non sono esenti da recidiva di stenosi, che si ripresenterà circa nell'11% dei pazienti trattati.

Inoltre, fino al 40% dei soggetti sottoposti a resezione e anastomosi può presentare una serie di complicazioni minori (edema laringeo, ematoma, granulazioni, paralisi delle corde vocali unilaterale, infezioni) o maggiori (deiscenza dell'anastomosi, necrosi del moncone tracheale distale, insufficienza respiratoria, paralisi bilaterale delle corde vocali, emorragia maggiore) che possono richiedere ulteriori trattamenti medici o chirurgici, prolungando così l'ospedalizzazione o ritardando la decannulazione.

Alla luce di queste considerazioni, è fondamentale valutare caso per caso il rischio di recidiva, nonché quello di complicanze chirurgiche.

A tal fine, gli strumenti clinici come i sistemi di punteggio del rischio, basati su dati multicentrici, sono utili per consentire una valutazione rapida e affidabile dei pazienti che richiedono un intervento chirurgico alle vie aeree.

A tale scopo risulta molto utilizzato il punteggio di valutazione della European Laryngological Society (ELS), che è in grado di predire l'insorgenza di complicanze, la necessità di un trattamento aggiuntivo e il mancato raggiungimento della decannulazione, tenendo in considerazione la lunghezza e il grado della stenosi delle vie aeree, nonché la presenza di comorbidità.

In questa tesi di laurea, l'obiettivo è stato identificare i fattori di rischio che aumentano il tasso di complicanze a seguito di resezione e anastomosi, portando così potenzialmente alla restenosi e al fallimento della procedura stessa.

Sono stati valutati diversi pazienti con diverse tipologie di stenosi in una coorte multicentrica. Inoltre, è stato anche studiato l'impatto delle complicanze sulla necessità di trattamenti aggiuntivi, sul tasso di decannulazione, sulla durata dell'ospedalizzazione e sul rischio di recidiva di stenosi.

Queste informazioni sono utili ai chirurghi nella consulenza preoperatoria dei pazienti, per ridurre il numero di complicanze, mitigando contemporaneamente le loro potenziali conseguenze devastanti.<sup>1</sup>

## **1.1. Anatomia Della Laringe**

La laringe è un organo cavo impari e mediano che inizia facendo seguito alla faringe e continua nella trachea.

La sua struttura permette il passaggio di aria sia in inspirazione che in espirazione, l'emissione di suoni e coadiuva alla deglutizione grazie a un dispositivo di chiusura che impedisce al bolo alimentare di entrare nella trachea.

La laringe occupa una posizione mediana nella loggia dei visceri del collo, al di sotto dell'osso ioide.

La sua faccia anterolaterale contrae rapporto con i lobi laterali della ghiandola tiroide, più superficialmente si trovano i muscoli sottoioidei, le fasce superficiale e media, il platisma e la cute.

La faccia posteriore è rivolta verso la faringe introflettendone la parete anteriore. Presso i margini posteriori della laringe decorrono l'*arteria carotide comune*, la *vena giugulare* e il *nervo vago*.

L'apertura superiore della laringe stabilisce la comunicazione fra la laringe stessa e la faringe. In alto e in avanti è costituita dall'epiglottide, lateralmente dalle pieghe ariepiglottiche, posteriormente in basso dall'apice delle cartilagini aritenoidee con le cartilagini corniculate, separate dall'incisura interaritenoidea.

Per quanto riguarda la *struttura* la laringe è costituita da diversi elementi cartilaginei articolati tra loro e uniti a distanza tramite legamenti.

Le cartilagini che costituiscono la laringe possono essere impari (c. tiroide, c. cricoide ed epiglottide) o pari (c. aritenoidi). A queste cartilagini principali si aggiungono

piccole cartilagini accessorie che sono le cartilagini corniculate, le cartilagini cuneiformi e altre cartilagini minori. (figura 1)

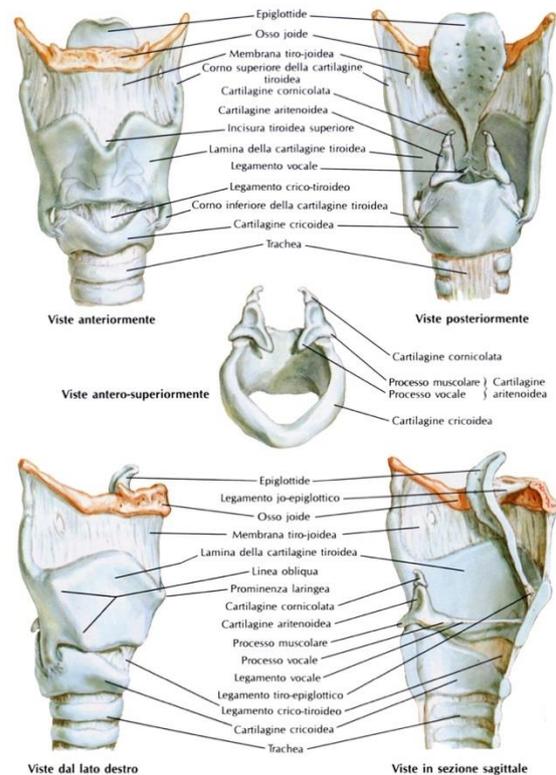


Figura 1. Cartilagini laringee

La *cartilagine tiroide* si trova nella parte anteriore, laterale e superiore della laringe. Ha la forma di uno scudo composto da due lamine quadrilateri verticali che, fondendosi sulla linea mediana, danno origine alla prominente laringea detta pomo d'Adamo. A livello della faccia anteriore di ogni lamina si presenta una cresta che la percorre in linea obliqua partendo dal tubercolo tiroideo superiore, posto posteriormente in alto, e arriva al tubercolo tiroideo inferiore, anteriormente e in basso. La regione posta anteriormente a questa cresta è ricoperta dal *muscolo tiroideo*, quella posteriore dai muscoli *sternocleidomastoideo* e *costrittore inferiore della faringe*.

Il margine posteriore continua con due prolungamenti, uno superiore (corno tiroideo superiore) e uno inferiore (corno tiroideo inferiore).

La *cartilagine cricoide* è posta inferiormente alla cartilagine tiroide e al di sopra del primo anello tracheale. È l'elemento fondamentale sulla quale si articola tutta la struttura della laringe. Ha la forma di un anello con castone (o lamina) rivolto posteriormente. Sulla superficie esterne, nel punto in cui l'arco continua con la lamina, si trovano due sporgenze, le faccette articolari tiroidee, che si articolano con la cartilagine tiroide. La lamina è percorsa da un rilievo verticale mediano. Il margine superiore dell'arco dà attacco alla *membrana cricotiroidea*; a livello della lamina sono, invece, presenti due faccette articolari per le cartilagini aritenoidi.

Le *cartilagini aritenoidi* sono poste nella parte superiore e posteriore della laringe e si articolano con la cartilagine aritenoide. In ognuna delle cartilagini aritenoidi si distinguono una base, tre facce e un apice. La base è rappresentata dall'articolazione cricoaritenoidea. In prossimità di essa originano due prolungamenti detti processi muscolari che danno attacco al muscolo cricoaritenoideo e al *legamento vocale*. La faccia posteriore corrisponde al muscolo aritenoideo trasverso. La faccia anterolaterale dà attacco al *legamento ventricolare* e al *muscolo vocale*. L'apice si articola con la *cartilagine corniculata*.

La *cartilagine epiglottide* è posta sopra la cartilagine tiroide e forma lo scheletro di una piega rivestita di mucosa che separa la radice della lingua dalla cavità laringea. Ha la forma di una foglia ovalare, con il picciuolo unito, per mezzo di un legamento, alla faccia interna dell'angolo della cartilagine tiroide. Allo stato di riposo è posta in posizione obliqua dal basso verso l'alto e dall'avanti in dietro. Sulla faccia posteriore a livello del picciuolo prende attacco il *legamento tiroepiglottico*. Sui margini laterali del contorno della struttura cartilaginea prendono attacco le *pieghe ariepiglottiche*.

L'epiglottide funziona come una piega valvolare che si abbassa a chiudere l'adito durante la deglutizione.

Per quanto riguarda le *articolazioni* principali sono presenti le articolazioni cricotiroidee, le articolazioni cricoaritenoidee e le articolazioni aricorniculate.

Le articolazioni *cricotiroidee* mettono in rapporto le faccette articolari poste sull'arco della cartilagine cricoide con le faccette articolari dei corni inferiori della cartilagine tiroide; le articolazioni *cricoaritenoidee* mettono in rapporto per mezzo delle faccette articolari la cartilagine cricoide con la cartilagine aritenoide; infine, le articolazioni *aricorniculatesi* presentano tra l'apice delle cartilagini aritenoidi e la base delle cartilagini corniculate.

Subito sotto alla mucosa sono stese le membrane elastiche quadrangolari e le membrane della parte media e inferiore della laringe.

Le *membrane quadrangolari* si estendono dai margini laterali dell'epiglottide alla faccia mediale delle cartilagini aritenoidi e corniculate e danno forma al *legamento ariepiglottico* e il *legamento ventricolare*.

Le *membrane elastiche della parte media della laringe* delimitano un diverticolo tappezzato di mucosa chiamato ventricolo laringeo di Morgagni.

Le *membrane elastiche della parete inferiore della laringe* costituiscono il cono elastico che si inserisce sulla circonferenza superiore dell'anello della cartilagine cricoide. Risale verso l'alto e si restringe a cono appiattendosi, poi, in due lamine destra e sinistra, che terminano con un margine superiore libero e convergono verso la linea mediana. Tali lamine anteriormente si fissano alla faccia interna della cartilagine tiroide, mentre posteriormente raggiungono il processo vocale della cartilagine aritenoide. Da questa struttura prende forma il *legamento vocale* che assieme al muscolo vocale costituiscono la corda vocale vera.

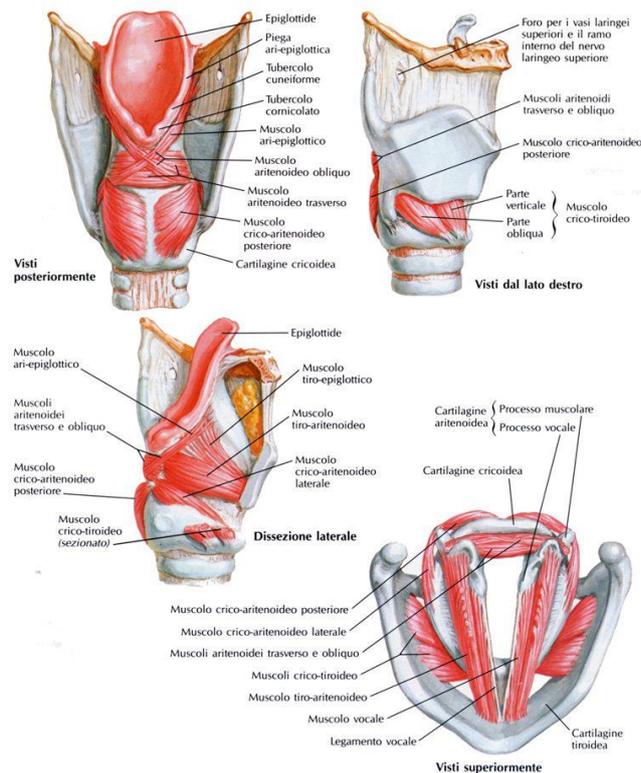


Figura 2. Struttura della laringe

I muscoli della laringe vengono distinti in muscoli estrinseci (m. sternotiroideo, m. tiroideo, m. stilofaringeo, m. faringopalatino e m. costringitore della faringe) e muscoli intrinseci che a loro volta possono essere distinti in muscoli deputati alla fonazione e muscoli deputati alla respirazione.

Il *muscolo cricotiroideo* è un muscolo fonatore posto tra l'arco cricoideo e il margine inferiore della cartilagine cricoide. È denominato anche *muscolo tensore delle corde vocali* in quanto se azionato tende e allunga i legamenti vocali.

Altri muscoli fonatori sono il *muscolo cricoaritenoido laterale* di forma triangolare che si tende dal margine superiore dell'arco cricoideo al processo muscolare dell'aritenoido e contraendosi ne deriva un avvicinamento delle corde vocali con costrizione della rima glottidea; e il *muscolo tiroaritenoido* che origina dalla faccia posteriore della lamina tiroidea e si inserisce sul margine laterale, nella fossa oblunga e sul processo vocale della cartilagine aritenoido.

Il *muscolo cricoaritenideo posteriore* consente la respirazione. Ha forma triangolare e i suoi fasci originano dalla fossa della lamina della cartilagine cricoide e si inseriscono nel processo muscolare della cartilagine aritenoidale, contraendosi permette l'allontanamento dei processi vocali dilatando la rima glottidea.

Il *muscolo aritenoidale obliquo*, *aritenoidale trasverso* e *ariepiglottico* rappresentano i restanti muscoli intrinseci respiratori della laringe. In particolare, il muscolo ariepiglottico concorre a chiudere l'adito laringeo avvicinando le pieghe ariepiglottiche e traendo in basso l'epiglottide stessa.

L'*adito della laringe* (fig. 3) ha una forma ad ovale con l'asse maggiore diretto in senso sagittale e obliquo dall'alto verso il basso. È delimitato anteriormente dal margine libero della cartilagine epiglottide, latero-posteriormente da due pieghe della mucosa chiamate *pieghe ariepiglottiche* che convergono posteriormente sulla linea mediana, delimitando una fessura verticale detta *incisura aritenoidale*. L'orifizio della laringe normalmente rimane aperto tranne che nel momento della deglutizione dove si chiude temporaneamente grazie alla contrazione dei muscoli costrittori che agiscono sull'epiglottide e sui legamenti ioepiglottico e glossoepiglottico, e all'abbassamento delle cartilagini laringee.

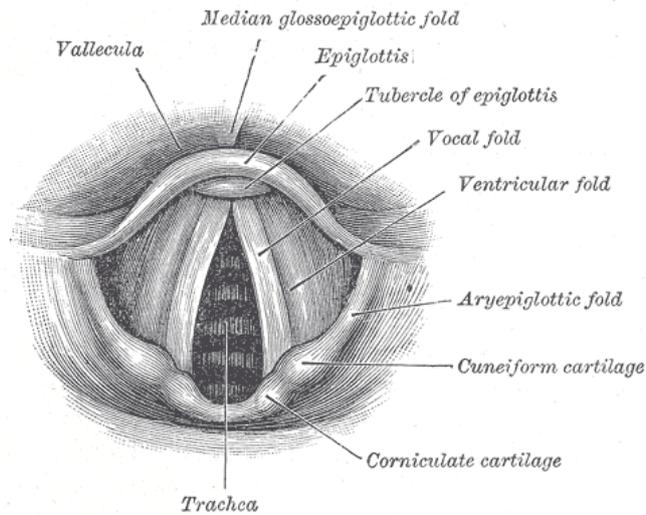


Figura 3. Adito della laringe

La cavità della laringe si presenta, nella sua parte media, come una fessura sagittale per la presenza di due rilievi orizzontali che sono le *pieghe ventricolari* (superiori) e le *pieghe vocali* (inferiori). Queste strutture delimitano tre spazi della cavità laringea: il *vestibolo laringeo*, il *segmento medio* e il *segmento inferiore*

A livello del segmento medio sono presenti due rilievi orizzontali da ciascun lato diretti dall'avanti in dietro, quello superiore è la piega ventricolare quella inferiore è la piega vocale. Tra queste due strutture si trova una fessura che immette in un diverticolo detto *ventricolo di Morgagni*.

Le pieghe ventricolari sono anche dette *corde vocali false* e delimitano la rima del vestibolo. Le pieghe vocali sono le *corde vocali vere* tese dall'angolo della cartilagine tiroide fino al processo vocale delle cartilagini aritenoidi. Il margine libero di ciascuna corda sporge verso la cavità laringea e delimita, con quella controlaterale, la *rima della glottide*. L'ampiezza e la forma di quest'ultima struttura variano secondo il sesso e gli individui e, nello stesso individuo, in rapporto alle diverse fasi della respirazione e della fonazione.

La *vascolarizzazione* della laringe è garantita da tre arterie laringee (superiore, inferiore e posteriore) che sono rami collaterali delle arterie tiroidee superiore e inferiore che, a loro volta, originano rispettivamente dall'arteria carotide esterna e dal tronco tireocervicale.

La laringe è innervata dal *nervo vago* un nervo misto composto da tutte e quattro le componenti delle fibre nervose. In particolare, il vago è responsabile dell'innervazione motrice somatica e sensitiva viscerale della laringe.

Per quanto riguarda le fibre motrici somatiche originano dai motoneuroni del nucleo ambiguo, posto all'interno del bulbo, e innervano la muscolatura striata intrinseca dell'organo. Le fibre sensitive viscerali sono responsabili dell'innervazione della mucosa della laringe e originano dal ganglio nodoso, posto a livello del foro lacero posteriore.

Il nervo vago può essere figurativamente suddiviso in tre segmenti basandosi sul suo decorso: il segmento cervicale, il segmento toracico e il segmento addominale.

Il segmento cervicale, a livello dello spazio laterofaringeo retrostiliano, si dirige verso il basso e leggermente obliquo in avanti. Decorre vicino all'arteria carotide interna e alla vena giugulare avvolto da una guaina connettivale comune con le suddette strutture, formando il *fascio vascolonervoso del collo* che attraversa verticalmente la loggia carotidea. Alla base del collo il nervo vago di destra si pone anteriormente all'arteria succlavia emettendo il nervo laringeo ricorrente di destra che forma un'ansa passando sotto all'arteria succlavia dall'avanti in dietro. Il nervo vago di sinistra decorre tra l'arteria carotide comune e l'arteria succlavia.

A livello del segmento toracico, il nervo vago di sinistra, incrociato l'arco dell'aorta sulla faccia anterolaterale, emette il nervo laringeo ricorrente di sinistra.

La prosecuzione di entrambi i nervi a livello toracico e a livello addominale non ha rapporti con la laringe.

I principali rami collaterali che, quindi, innervano la laringe sono il *nervo laringeo superiore* e il *nervo laringeo ricorrente (inferiore)*.

Il nervo laringeo superiore si stacca dal ganglio nodoso e si divide in due rami a livello dell'osso ioide. Il ramo esterno fornisce fibre motrici al muscolo cricotiroideo e fibre sensitive alla mucosa della regione glottica e sottoglottica. Il ramo interno contiene solo fibre sensitive per poi anastomizzarsi con il nervo laringeo inferiore.

I due nervi laringei inferiori si differenziano per il loro decorso. Quello di sinistra si stacca dal nervo vago, contorna ad ansa la superficie concava dell'aorta e risale dirigendosi verso la laringe; quello controlaterale forma un'ansa intorno alla succlavia prima di dirigersi anch'esso verso la laringe. I nervi ricorrenti passano posteriormente ai lobi laterali della tiroide, incrociando a questo livello l'arteria tiroidea inferiore; infine penetrano nella laringe, dove si dividono in un ramo anteriore e uno posteriore che si distribuiscono ai muscoli intrinseci della laringe, eccetto che al muscolo cricotiroideo.

### ***1.1.1. Fonazione***

La fonazione è una funzione complessa caratterizzata dall'interazione di più strutture (a livello polmonare, laringeo e di tutto l'apparato risonatore sovrastante). L'origine della voce si ha a livello dello sfintere glottico che si trova posto in un punto critico delle strutture preposte alla respirazione.

La produzione della voce è, dunque, garantita dal mantice respiratorio (pleura, strutture broncopolmonari, muscolatura cervicale, toracica, diaframmatica e addominale) che

consente la creazione di un flusso espiratorio con una pressione glottica variabile che condiziona l'intensità della voce.

Un'altra struttura fondamentale che contribuisce alla fonazione è lo sfintere glottico. La sua struttura permette, infatti, la vibrazione delle corde vocali in espirazione. Regolando la tensione delle corde vocali, azione permessa dai muscoli intrinseci fonatori della laringe, sarà possibile modificare il *pitch* (sensazione di tonalità) vocale. L'*intensità acustica* prodotta deriva dall'ampiezza della vibrazione delle corde vocali ed è correlata con la pressione sottoglottica.

Infine, la cavità di risonanza (*vocal tract*), rappresentata dalle strutture sopraglottiche, conferisce alla voce una tipicità timbrica che consente di differenziare un soggetto da un altro e di generare i principali fonemi. Infatti, le labbra, le guance, i processi alveolo-dentali, i seni nasali, il palato duro e molle, la mandibola, l'osso ioide e la parte posteriore della laringe sono strutture facenti parte del *vocal tract* che permettono l'articolazione dei suoni agendo come valvole che arrestano, rallentano o liberano l'aria espirata.

Oltre alle sopracitate strutture è doveroso tenere conto che la capacità di parlare è influenzata soprattutto dalle competenze del sistema nervoso centrale a livello troncoencefalico e limbico, dal sistema uditivo e da fattori miscellanei come le posture, la costellazione ormonale ed eventuali patologie laringee o del *vocal tract*.

### ***1.1.2. Respirazione***

Durante l'inspirazione le corde vocali restano addotte per consentire il libero passaggio dell'aria; al contrario, in situazioni di apnea volontaria, esse si adducono per impedire l'espirazione.

Questa possibilità di controllare il flusso d'aria è alla base del meccanismo della tosse e dello starnuto. Per tossire o starnutire viene eseguita un'inspirazione profonda e le corde vocali addotte "chiudono" la laringe. A questo punto i muscoli espiratori si contraggono comprimendo i polmoni, le corde vocali si aprono e l'aria fuoriesce bruscamente: dalla cavità orale per tossire, dal naso per starnutire.

### ***1.1.3. Protezione Delle Basse Vie Aeree***

La laringe possiede un'altra funzione fondamentale, ovvero quella di proteggere le basse vie aeree dall'aspirazione di materiale proveniente dalla cavità orale.

Infatti, grazie alla presenza dell'epiglottide, presenta una capacità sfinteriale: allo stato di riposo, l'epiglottide è diretta obliquamente e permette il passaggio dell'aria; tuttavia, ad esempio durante la deglutizione, impedisce a corpi estranei, di imboccare la trachea e ostruire le vie respiratorie.

Tale funzione è coadiuvata anche dalla componente sensitiva del nervo laringeo superiore: questo permette il riflesso della tosse per espellere eventuale materiale estraneo aspirato.

## **1.2. Anatomia Della Trachea**

La trachea è un canale impari e mediano che ha inizio nel collo, facendo seguito alla cartilagine cricoidea della laringe, e termina nel torace biforcandosi nel bronco destro e nel bronco sinistro.

Dal punto di vista fisiologico, ha lo scopo di veicolare l'aria dall'esterno verso i polmoni durante l'inspirazione e in senso opposto durante l'espiazione.

Ha la forma di un cilindro appiattito posteriormente, di circa 10-12 cm di lunghezza e 16-18 mm di diametro.

Presenta sul lato sinistro due lievi depressioni di cui una nel collo, dovuta alla ghiandola tiroide (impronta tiroidea), l'altra nel torace, vicino alla biforcazione dovuta all'arco aortico (impronta aortica).

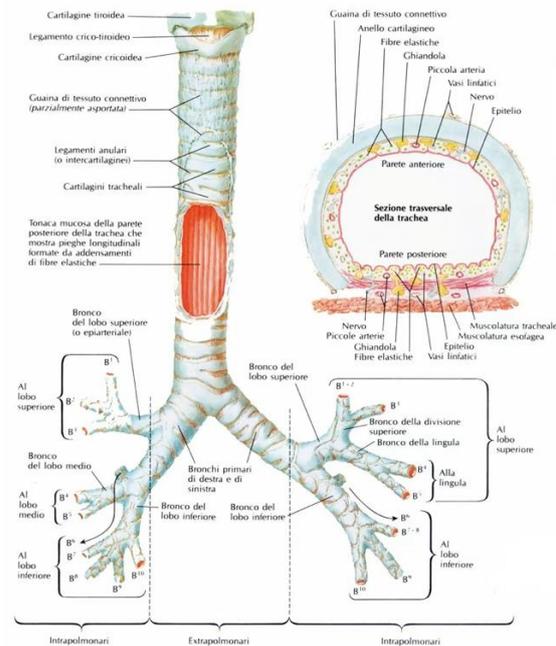
La trachea è costituita da 15-20 *anelli cartilaginei* tra loro connessi dai *legamenti anulari*, lamine fibrose, incompleti posteriormente dove sono in continuità con la parete membranosa della trachea.

Le aperture di questi anelli sono connesse da fasci di fibre muscolari lisce che compongono il cosiddetto *muscolo tracheale*.

La trachea si estende dalla 6° vertebra cervicale fino alla 4°-5° vertebra toracica nella proiezione posteriore, mentre in quella anteriore il punto di biforcazione corrisponde ad una linea passante per le prime 3 cartilagini costali. Tuttavia, la posizione può lievemente variare con l'età.

L'estremità superiore è mobile e si sposta seguendo i movimenti della laringe nella fonazione e nella deglutizione. Una compressione tracheale si verifica invece durante la tosse e con gli atti della deglutizione (per passaggio del bolo in esofago).

Inoltre, essendo estensibile si allunga e si accorcia fisiologicamente nei movimenti di flessione-estensione del capo.



Si possono distinguere una *pars cervicalis* (extratoracica) ed una *pars toracica* (intratoracica) nella trachea.

La *porzione cervicale* è lunga circa 4 cm, comprende i primi 6 anelli tracheali e termina a livello dell'incisura giugulare dello sterno. I primi tre anelli tracheali sono coperti dall'istmo tiroideo.

Al di sotto dell'istmo tiroideo la trachea cervicale è ricoperta da connettivo adiposo che continua nel mediastino. All'interno di questo connettivo sono contenuti i linfonodi pretracheali e decorrono le vene tiroidee ime.

Più superficialmente la parte cervicale della trachea corrisponde alle fasce del collo, ai muscoli sottoioidei e allo spazio sovrasternale, formato dallo sdoppiamento della fascia cervicale superficiale che si fissa al labbro anteriore e a quello posteriore dell'incisura giugulare dello sterno.

A lato della trachea cervicale decorrono l'arteria carotide comune, la vena giugulare interna e il nervo vago (fascio vascolonervoso del collo).

Posteriormente la trachea cervicale è in rapporto con l'esofago che, deviando verso sinistra, forma con la trachea un angolo diedro in cui decorre il nervo ricorrente di sinistra. Il nervo ricorrente di destra tende a convergere verso la faccia posteriore della trachea.

Lateralmente la trachea cervicale è in rapporto con i lobi della tiroide e, sotto questi, con il fascio vascolonervoso del collo, formato dall'arteria carotide interna, dalla vena giugulare e dal nervo vago avvolti da una guaina connettivale comune. I nervi laringei ricorrenti si dipartono dal vago, il sinistro dall'arco dell'aorta e il destro dall'arteria succlavia destra.

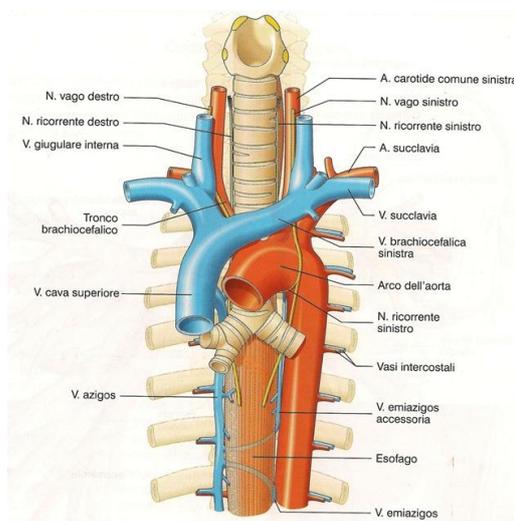
Il nervo laringeo ricorrente sinistro passa davanti all'arco aortico e quindi lo circonda. Dopo la diramazione, il nervo tipicamente risale in un solco alla giunzione tra trachea ed esofago. Successivamente decorre posteriormente ai lobi esterni della ghiandola tiroidea ed entra nella laringe, al di sotto della zona più bassa del muscolo costrittore della faringe, passando nella laringe appena posteriormente all'articolazione cricotiroidea.

Il ramo terminale è chiamato nervo laringeo inferiore.

I nervi laringei ricorrenti di destra e di sinistra mancano di simmetria bilaterale. Il nervo laringeo ricorrente di sinistra è più lungo del destro, perché attraversa sotto l'arco dell'aorta il legamento arterioso.

La porzione toracica della trachea è circondata da connettivo lasso che contiene i linfonodi tracheali. Anteriormente essa è incrociata dalla vena brachiocefalica di sinistra e più superficialmente corrisponde al timo e allo sterno. Più in basso la faccia anteriore della trachea toracica è in rapporto con l'arco dell'aorta, con il tronco brachiocefalico e la carotide comune di sinistra.

Sul lato destro la parte toracica della trachea è in rapporto con il nervo vago di destra, con la vena azigos e la pleura mediastinica; sul lato sinistro con il nervo laringeo ricorrente di sinistra, con l'arco aortico e la pleura mediastinica. Posteriormente la trachea toracica mantiene rapporto con l'esofago, che la separa dalla colonna vertebrale. A livello della biforcazione la trachea si pone in rapporto con il pericardio e gli atri cardiaci. Anteriormente e inferiormente ad essa si trova la biforcazione del tronco dell'arteria polmonare il cui ramo destro trae rapporto con la trachea toracica.



*La vascolarizzazione* della trachea è deputata ad alcune arterie che provengono da due sistemi: quello destro e quello sinistro.

*Il sistema destro* è composto da due rami: un ramo discendente proveniente dall'arteria tiroidea inferiore e dai suoi rami: è *l'arteria tracheoesofagea* che fornisce rami tracheali anteriori ed esofagei posteriori e discende fino alla carena; un ramo ascendente proveniente dall'arteria bronchiale di destra.

*Il sistema sinistro* costituisce una vera e proprio arcata arteriosa alimentata in alto dai rami dell'arteria tiroidea inferiore, della succlavia e della toracica interna, e in basso dall'arteria tiroidea media di Neubauer.

*Le vene* della trachea, provenienti da reti interanulari, raggiungono la parte posteriore del legamento e danno origine a perforanti che sboccano a livello della trachea nelle vene tiroidee inferiori ed esofagee e a livello della biforcazione nella grande vena azygos a destra ed emiazygos superiore a sinistra.

*I linfatici*, molto numerosi, sono satelliti delle vene e decorrono nello spazio intertracheobronchiale risalendo lungo le catene laterotracheali, soprattutto destre e fanno capo ai linfonodi cervicali profondi, tracheali e bronchiali.

*L'innervazione* della trachea è deputata a nervi proveniente dal nervo ricorrente e dal plesso polmonare anteriore.

## **1.3. Stenosi Laringo-Tracheali**

### ***1.3.1. Epidemiologia ed Eziologia***

Le stenosi laringotracheali (LTS) sono dei restringimenti che si manifestano a livello delle vie aeree superiori, tra la laringe e la trachea, che possono determinare delle complicanze in alcuni casi fatali, portando ad un'insufficienza respiratoria acuta che può evolvere in un arresto cardiopolmonare fino alla morte.<sup>2</sup>

Non ci sono dati chiari sull'epidemiologia, poiché è difficile vedere questo disturbo come un'unica entità data la gamma di diverse cause.

Ad esempio, una stenosi laringotracheale può verificarsi fino nel 30% dei pazienti con tracheotomia, sebbene vi siano molti fattori che possono contribuire a ciò, a seconda delle comorbidità del paziente e dell'indicazione e della durata della tracheotomia.<sup>2</sup>

Le cause possono essere distinte in congenite ed acquisite.<sup>3</sup>

Le cause più comuni di LTS congenita includono laringomalacia (60%), paralisi delle corde vocali (15–20%), stenosi sottoglottica (SGS) (10–15%), stenosi laringee congenite fino all'atresia (5%), emangioma sottoglottico (1,5– 3%) e altre.<sup>3</sup>

Circa il 90% delle stenosi acquisite sono rappresentate da stenosi sottoglottiche (SGS) insorte come complicanza dell'intubazione endotracheale. Nella maggior parte dei casi questo è da attribuire a un'intubazione prolungata con danno ischemico sulla mucosa causato dal tubo e/o dalla cuffia.

Inoltre, nei casi più gravi di SGS associate a coinvolgimento glottico, la chirurgia primaria fallisce il 30% delle volte circa.<sup>4</sup>

Nel peggiore dei casi, dopo il fallimento, i pazienti necessiteranno di un intervento chirurgico di revisione con mantenimento della cannula tracheostomica per mesi, per anni o spesso per tutta la vita.<sup>4</sup>

Altre cause meno frequenti di LTS acquisita includono: complicanze iatrogene derivanti da interventi endoscopici laringei (come uso inappropriato di laser e dilatazione), tumori benigni, trauma esterno contusivo o penetrante, lesioni caustiche o termiche, disturbi infiammatori cronici e cause idiopatiche.<sup>2</sup>

I principali fattori predisponenti una stenosi post-intubazione sono relativi: al paziente (età, dimensione e forma laringea, malattie sistemiche, reflusso gastroesofageo, scarsa sedazione, sondino nasogastrico, aspirazioni traumatiche), al ET (sovradimensionato, eccessiva durezza o scarsa biocompatibilità, movimenti inappropriati), all'intubazione (intubazione traumatica e multiple intubazioni, intubazione di emergenza seguita da tracheotomia, durata dell'intubazione), al fallimento dell'estubazione o alla disfonia che persiste oltre i 3 giorni dopo l'estubazione.

Inoltre, è noto che uno scarso monitoraggio della pressione della cuffia del tubo tracheale, con un gonfiaggio eccessivo, può causare un ulteriore danno ischemico della mucosa delle vie aeree. Quindi si raccomanda l'uso attento di un manometro per mantenere valori di pressione del bracciale sicuri tra 20 e 30 cm H<sub>2</sub>O. Infatti, quando la pressione della cuffia raggiunge 50 mmHg per 15 min, si verifica invariabilmente una lesione ischemica della mucosa tracheale.

È possibile trovare una correlazione tra la pressione eccessiva della cuffia del tubo e la presenza di dolore tracheale, raucedine, mal di gola ed espettorazione striata di sangue, ma non esiste una buona correlazione tra il grado di danno mucoso e la gravità dei sintomi dei pazienti, poiché sono sempre soggettivi e difficili da raccogliere.<sup>4</sup>

Lesioni ostruttive acute dovute all'intubazione devono essere prontamente trattate, anche quando la tracheostomia sembra inevitabile per proteggere le vie aeree.

I traumi da intubazione e le lesioni del ET indotte dalla pressione sono stati identificati come i principali fattori locali che contribuiscono alla stenosi post-intubazione.<sup>4</sup>

Un'intubazione traumatica può essere dovuta a differenze anatomiche, come nel caso della presenza di un restringimento congenito delle vie aeree non diagnosticato, oppure dell'utilizzo di un ET sovradimensionato, oppure alla mancanza di esperienza da parte dell'anestesista che può determinare tecniche di intubazione difettose ma anche un paziente non sufficientemente anestetizzato.

Di norma, quando c'è anche solo una minima resistenza, un ET non deve mai essere inserito forzatamente nella laringe.

Sebbene la dimensione del tubo possa essere stata scelta in modo appropriato, il paziente potrebbe avere un restringimento congenito della laringe e della trachea non ancora diagnosticato.

In altri casi, un'intubazione errata può portare all'esposizione frontale del picciolo epiglottico dove la punta del ET spinge contro la commessura laringea anteriore, causando gravi lesioni della mucosa.

Anche dopo un breve periodo di intubazione, la presenza di lacerazioni mucose, ematomi e lussazione aritenoidea può portare a un fallimento dell'estubazione.<sup>4</sup>

Sebbene un'intubazione traumatica possa non portare sempre allo sviluppo di gravi lesioni endolaringee, se siamo nel caso di un'intubazione prolungata, questa può aggravare le lesioni del ET.

Il ET si trova sempre nella glottide posteriore a causa della sua curvatura; quindi, esercita il suo massimo impatto sulla mucosa delle strutture circostanti.

Quando la pressione del ET supera la pressione di perfusione della mucosa capillare (~20–40 mmHg), ne consegue la necrosi ischemica.

Questo meccanismo è spesso rafforzato dall'ipoperfusione capillare della mucosa, associata alla grave condizione clinica che ha portato in primo luogo all'intubazione del paziente. Per questo motivo le aspirazioni atraumatiche del tubo faringeo o endotracheale sono fondamentali per ridurre al minimo le lesioni della mucosa.<sup>4</sup>

Edemi, erosioni e ulcerazioni con esposizione del pericondrio e della cartilagine sono le caratteristiche principali di questo processo evolutivo.

Il grado di necrosi ischemica è più significativo della durata effettiva dell'intubazione; cambiamenti importanti sono ancora possibili entro 48-72 h dall'intubazione.

Eventuali superinfezioni dovute all'intubazione prolungata, tuttavia, aumentano la gravità della pericondrite e della necrosi cartilaginea.

La tracheotomia eseguita in questa fase peggiora la condizione aumentando la contaminazione batteriologica delle vie aeree.<sup>4</sup>

Il processo di riparazione inizia lentamente, con la formazione di tessuto di granulazione che nasce ai lati della cartilagine denudata, fornendo così un letto vascolarizzato per la riepitelizzazione. Poiché il tessuto di granulazione cresce significativamente più velocemente dell'epitelio, spesso porta ad un eccesso di tessuto che può causare ostruzione delle vie aeree e conseguenti esiti cicatriziali.<sup>4</sup>

In assenza di trauma da intubazione, le lesioni sopraglottiche sono rare e per lo più di lieve entità; queste, infatti, presentano eritema non specifico o rigonfiamento edematoso delle bande ventricolari senza necessariamente portare a future sequele.

L'edema delle corde vocali e della sottoglottide senza cartilagine esposta può causare un'ostruzione acuta delle vie aeree che, nella maggior parte dei casi, si risolve grazie alla terapia medica conservativa.<sup>4</sup>

Lesioni da intubazione più gravi e tipiche sono associate a erosioni ischemiche e ulcere della regione glotto-sottoglottica. Le strutture più vulnerabili sono le porzioni medialì delle aritenoidi, dove la cartilagine è protetta solo dal mucopericondrio.

La necrosi da pressione del ET a permanenza produce depressioni ulcerate, con flange di tessuto di granulazione al processo vocale delle aritenoidi. Nei casi più gravi, il tessuto di granulazione in eccesso può riempire completamente la glottide posteriore, limitando così significativamente il lume glottico.<sup>4</sup>

Altre lesioni possono verificarsi nella porzione cranica a forma di V della cricoide, dove il ET di forma rotonda esercita la massima pressione sul lato posterolaterale, che può portare all'ulcerazione del pericondrio e della cartilagine esposta.

Il ET può esercitare la sua pressione massima contro l'anello cricoideo, che porta a ulcere sottoglottiche concentriche, o contro la commessura laringea posteriore, dove possono verificarsi ulcerazioni anulari.<sup>4</sup>

In assenza di trattamento, le lesioni acute da intubazione possono evolvere in sequele laringee cicatriziali non stenotiche o stenotiche che hanno un impatto significativo sulla qualità della vita del paziente.

Le sequele laringee non stenotiche di un ET includono: cicatrici alla glottide posteriore, solchi cicatriziali sull'aspetto mediale delle aritenoidi e polipi fibroepiteliali

al processo vocale delle aritenoidi. Tutte queste lesioni possono causare una grave disfonia.

Le sequele laringee stenotiche comprendono aderenze interaritenoidiche a livello della commessura laringea posteriore o a livello sottoglottico, stenosi glottica posteriore (PGS) con o senza fissazione dell'articolazione cricoaritenoidica, restringimento cicatriziale sottoglottico concentrico e infine cisti da ritenzione mucosa.<sup>4</sup>

Per prevenire le lesioni acute causate dal ET, devono essere trattati in maniera attiva l'eventuale reflusso gastroesofageo, le eventuali infezioni che aggraverebbero il danno della mucosa ma anche tutti quegli eventuali fattori sistemici che causano ipoperfusione della mucosa (come shock sistemico, ipotensione, anemia e sepsi).<sup>4</sup>

I cardini per evitare le complicanze dell'intubazione sono l'uso di un ET di dimensioni adeguate e un'intubazione atraumatica.

Prima di mettere in sicurezza le vie aeree, una rapida ispezione della laringe utilizzando un telescopio diretto a 0° chiarisce la situazione; tuttavia, è molto difficile eseguirla in caso di intubazione in emergenza.

Inoltre, è riconosciuto il ruolo della durata dell'intubazione nel rischio di stenosi laringotracheali: infatti dopo oltre 4 settimane circa di intubazione questo rischio aumenta.<sup>4</sup>

La mancata estubazione o la disfonia che persiste oltre i 3 giorni dopo l'estubazione sono indicazioni rigorose per l'ispezione endoscopica della laringe e della sottoglottide.

Ciò previene lo sviluppo di stenosi post-intubazione inaspettate e tardive, che si verificano 3-6 settimane dopo l'estubazione.<sup>4</sup>

Tutto questo nella pratica clinica si traduce in due situazioni: 1) gonfiore della mucosa glotto-sottoglottica lassa senza necrosi ischemica; 2) ulcere con fibrina e tessuto di granulazione risultanti da necrosi ischemica della mucosa glottica e sottoglottica.

Quando incorrono delle stenosi dei tessuti molli senza necrosi della mucosa, l'ostruzione delle vie aeree si manifesta entro pochi minuti o fino a poche ore dopo l'estubazione.

L'ispezione diretta della laringe rivela spesso edema glotto-sottoglottico con compromissione delle vie aeree.<sup>4</sup>

Per quanto riguarda invece le stenosi tracheali acquisite, la stragrande maggioranza è dovuta a complicazioni causate dalla cannula tracheostomica al di sopra, al livello o al di sotto dello stoma.

Nel corso degli anni, le stenosi tracheali dovute a lesioni del ET sono quasi scomparse, mentre le stenosi laringee rimangono un problema importante.

I meccanismi eziopatogenetici alla base delle stenosi correlate alla tracheostomia coinvolgono due fattori principali: la stessa incisione tracheale richiesta e la presenza della cannula tracheostomica.

Indipendentemente dalla tecnica chirurgica utilizzata (incisione verticale o orizzontale con lembo di Björk), l'arco romano della volta tracheale viene interrotto a seguito di una tracheostomia, e può portare a una deformità cicatriziale a forma di A dopo la decannulazione.

Di norma, un'incisione verticale non dovrebbe mai attraversare più di due anelli tracheali e un lembo di Björk non dovrebbe mai estendersi su più di un anello tracheale.

L'unica misura che fornisce una protezione parziale è la sutura della cute del collo attorno al bordo della tracheostomia, dopo la rimozione del grasso sottocutaneo.

L'adeguato posizionamento della cannula nella trachea deve essere confermato mediante endoscopia flessibile. La punta della cannula non deve trovarsi sulla parete tracheale anteriore o posteriore, restando almeno 1 cm sopra la carena. La rigidità della cannula tracheostomica definisce il successivo sviluppo delle lesioni.

Durante la tosse, la cannula tracheostomica di forma curva spinge ripetutamente contro il bordo superiore dello stoma e schiaccia la parete anteriore della trachea, provocando il collasso sovrastomale e la formazione di granulomi, soprattutto nelle intubazioni prolungate.

Nei rari casi in cui una cuffia deve essere utilizzata per la ventilazione meccanica o per la protezione delle vie aeree dall'aspirazione, un gonfiaggio eccessivo della cuffia può indurre necrosi ischemica anulare, seguita da successiva stenosi tracheale o addirittura fistola tracheo-esofagea (TOF): infatti, la punta o la parte posteriore della cannula non cuffiata mal riposta può, a volte, esercitare una pressione localizzata sulla parete tracheale posteriore.

Granulomi indotti dalla punta della cannula nella trachea distale sono potenzialmente pericolosi per la vita e devono essere rimossi immediatamente.

Un movimento pulsante della cannula e un leggero sanguinamento tracheale possono essere i primi segni di un'incipiente fistola dell'arteria anonima, che richiede una tracheoscopia immediata prima che la condizione peggiori.<sup>4</sup>

Un tipo particolare di stenosi sono quelle sottoglottiche (SGS), le quali possono essere congenite, spesso di natura cartilaginea, oppure acquisite, in genere dei tessuti molli. Esiste un tipo misto, cioè sia congenito che acquisito, che in genere incorre a seguito di un'intubazione endotracheale eseguita in presenza di un anello cricoideo di forma anomala.<sup>4</sup>

La SGS congenita deriva dall'incapacità del lume laringeo di ricanalare completamente durante la decima settimana di gestazione. A seconda dello stadio di ricanalizzazione non andato a buon fine si hanno diversi gradi di SGS. Questo difetto di ricanalizzazione oltre a portare a SGS, determina anche atresia laringea nonché web laringei.

La classificazione istopatologica di Holinger delle SGS le distingue in:

- 1) stenosi cartilaginee (solitamente congenite), a loro volta distinte in deformità cricoidee (piccole ma di forma normale; di dimensioni normali ma di forma anomala: ellittica, schisi parziale o sottomucosale, appiattita, ispessimento generalizzato) e in primo anello tracheale intrappolato;
- 2) stenosi dei tessuti molli (solitamente acquisite), a loro volta distinte in iperplasia della ghiandola sottomucosa, cisti duttali, fibrosi sottomucosa con o senza cartilagine distorta e con o senza ossificazione cricoidea, tessuto di granulazione.

Le SGS congenite (C-SGS) sono generalmente di natura cartilaginea, il che è di grande importanza terapeutica poiché la resezione laser endoscopica o le incisioni e la dilatazione saranno inefficaci a causa della possibile formazione di tessuto di granulazione, con conseguente grave restenosi.

Le forme più frequenti di SGS cartilagineo sono composte da una spessa lamina anteriore e da un ispessimento generalizzato dell'anello cricoide o da una cricoide ellittica.

La cricoide ellittica è la forma anomala più frequente osservata in C-SGS, può essere associato a una fessura sottomucosa posteriore e, meno frequentemente, a una vera fessura laringea. Poiché una cricoide di forma ellittica non può ospitare un ET di forma

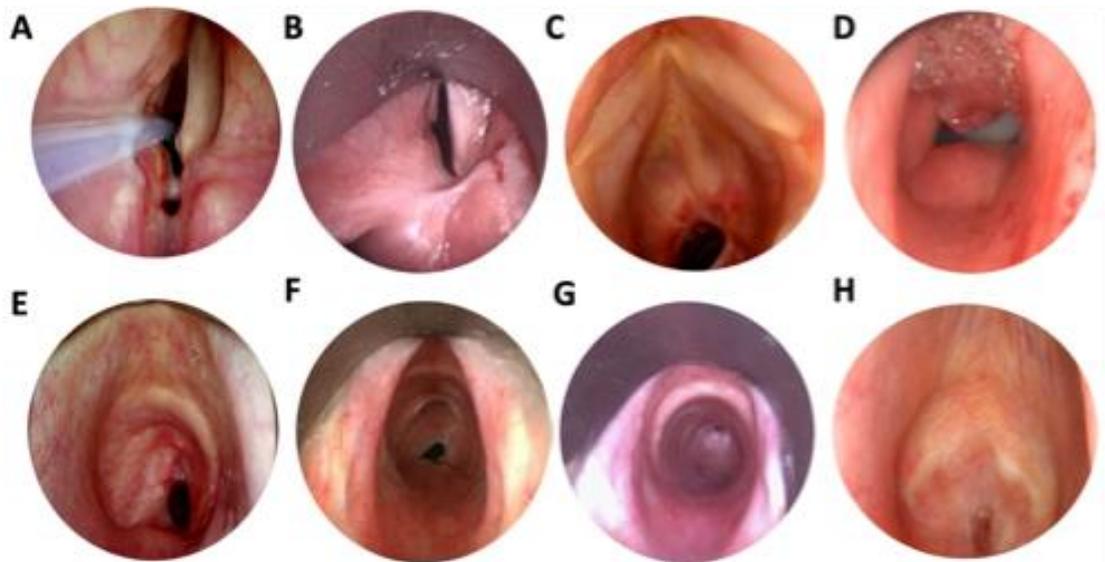
rotonda, in questo caso è necessaria una tracheostomia di emergenza per proteggere le vie aeree.<sup>4</sup>

Se il paziente è sano, non presenta comorbilità associate, una ricostruzione laringotracheale (LTR) o una resezione e anastomosi cricotracheale (PCTR) immediata in un unico tempo senza tracheotomia può risolvere il problema, anche nei neonati.

Il primo anello tracheale intrappolato è solitamente associato al cosiddetto anello cricoide appiattito.

I sintomi si manifestano quando la stenosi sottoglottica (SGS) determina una restrizione del diametro luminale superiore al 50% e comprendono: stridore bifasico primario, croup ricorrente o prolungato, tosse abbaiante, dispnea ostruttiva con retrazioni sovrasternali e del torace.

Inoltre, deve essere sospettata una stenosi asintomatica sottoglottica congenita nei casi di una difficile intubazione.<sup>4</sup>



**Fig. 1** Differenti patterns di LTS associate all'intubazione endotracheale e al posizionamento della tracheostomia.

- A. paralisi bilaterale delle corde vocali determinate da un web glottico posteriore persistentemente infiammato
- B. stessa condizione dovuta ad una stenosi glottica posteriore matura e interaritenoidica
- C. stenosi cicatriziale a livello della giunzione cricotracheale dovuta ad un'intubazione prolungata e alla presenza di tracheostomia
- D. collasso sovrastronale correlato alla tracheostomia
- E. contrattura sovrastronale e stenosi tracheale ("deformità lamboide")
- F.G. stenosi tracheale successiva a danno della cuffia tracheostomica a differenti livelli delle vie aeree
- H. LTS completa (Grado IV).<sup>5</sup>

Ad oggi sono disponibili diverse classificazioni per ciascuna delle sedi coinvolte: la classificazione di Cohen per la stenosi della glottide anteriore, quella di Bogdasarian per la stenosi della glottide posteriore (PGS) e quella di Myer-Cotton per la stenosi sottoglottica, anche se altre sono utilizzate nella pratica quotidiana (Lano-Netterville, FLEC, ecc.). La European Laryngological Society ha recentemente proposto una nuova classificazione applicabile a tutti i casi di LTS.<sup>3</sup>

La classificazione di Myer-Cotton è stata proposta da Myer prendendo spunto da una precedente versione pubblicata da Cotton. Questa classificazione veniva utilizzata per stenosi sottoglottiche solide e mature, escludendo così qualsiasi altra condizione di restringimento del lume (p. es., trachea e/o laringomalacia, paralisi delle corde vocali,

stenosi immatura, stenosi tracheale, collasso soprastomale, collasso sopraglottico e tessuto di granulazione soprastomale).

Sebbene inizialmente fosse utilizzata per predire la riduzione della superficie del lume in caso di utilizzo del tubo endotracheale, è stata poi estesa per descrivere la stenosi subglottica e/o tracheale sia pediatrica che adulta.

Si articola in gradi IV: Grado I- dallo 0% al 50% di diminuzione della superficie del lume; Grado II- dal 51% al 70% di diminuzione; Grado III- dal 71% al 99% di diminuzione e Grado IV- nessuna evidenza di lume rilevabile.

Le superfici del lume sano e stenotico possono essere calcolate e confrontate con precisione mediante imaging radiologico o indagine intraoperatoria utilizzando la formula  $A = \pi r^2$  per ottenere valori dell'area del cerchio.<sup>3</sup>

Nel 1992 McCaffrey ha proposto una classificazione per descrivere l'estensione della stenosi tra le sottosedì più comunemente coinvolte: glottide, sottoglottide e trachea.

Questo sistema è stato inizialmente validato su una popolazione adulta, ma è stato successivamente esteso ai pazienti pediatrici.

Questa classificazione è stata concepita dopo che le analisi univariate e multivariate hanno mostrato che il sito coinvolto aveva il valore predittivo significativo più coerente per determinare il tempo di decannulazione.

Nello stadio I la stenosi è localizzata nella sottoglottide o trachea, con un'estensione craniocaudale <1 cm. La stenosi di stadio II è limitata alla sottoglottide e ha un'estensione craniocaudale di oltre 1 cm. La stenosi di stadio III coinvolge sia la sottoglottide che la trachea, mentre la stenosi di stadio IV si estende alla glottide con fissazione o paralisi di almeno una corda vocale.<sup>3</sup>

Nel 1998 Lano e Netterville hanno proposto un sistema di stadiazione più semplice basato sul sottosito coinvolto.

Gli autori hanno descritto tre stadi in base al numero di sottositi coinvolti: stadio I, coinvolgimento di un unico sottosito; stadio II, due sottositi coinvolti e stadio III, coinvolgimento glottico-tracheale.

Viene raccomandato l'uso di questa classificazione al fine di avere una buona correlazione tra il successo chirurgico e le categorie di stadio, che nella loro popolazione retrospettiva risultavano rispettivamente del 94%, 78% e 20% per lo Stadio I, II e III.<sup>3</sup>

Una nuova classificazione proposta da Cohen ha tentato di descrivere le web glottiche anteriori che si verificano al momento della formazione del lume glottico durante lo sviluppo embriologico della laringe (1985).

I quattro tipi di web glottica anteriore sono correlati alla gravità dei sintomi.

Il tipo 1 è un web anteriore che coinvolge il 35% o meno del lume glottico. Il tipo 2 varia tra il 35% e il 50%, il tipo 3 tra il 51% e il 75% mentre il tipo 4 coinvolge il 76% o più del lume glottico.<sup>3</sup>

Sono state proposte negli anni altre classificazioni e, sebbene ciascuna di esse descriva le lesioni stenotiche in modo diverso, hanno una rilevanza limitata nella pratica clinica.

Laccourrey ha proposto un sistema di stadiazione dettagliato che tenesse conto della fissazione della laringe, dei siti secondari e del coinvolgimento dell'articolazione laringea.

Bogdasarian ha pubblicato una nuova classificazione per descrivere la stenosi glottica posteriore (PGS) post-intubazione nella popolazione pediatrica: tipo 1, adesione interaritenoidea; tipo 2, adesione interaritenoidea e commessura posteriore cicatriziale;

tipo 3, commessura posteriore cicatriziale con fissazione unilaterale dell'articolazione cricoaritenoidea; tipo 4, commessura posteriore cicatriziale con anchilosi dell'articolazione cricoaritenoidea bilaterale.<sup>3</sup>

Inoltre, il sistema di stadiazione FLECS è stato proposto dall'American Society of Pediatric Otolaryngology (ASPO) per comprendere una descrizione dettagliata della funzione, del lume, del diametro, dell'estensione e del sito della stenosi. Sebbene questa classificazione fosse probabilmente la più completa, fu abbandonata perché considerata troppo confusa.<sup>3</sup>

Nel 2015 la European Laryngological Society (ELS) ha pubblicato un documento di consenso che presenta una valutazione endoscopica delle vie aeree in cinque fasi e un sistema di refertazione.

Gli autori hanno cercato di standardizzare le tecniche di valutazione pre e intraoperatoria al fine di indagare a fondo la lesione in tutti i suoi aspetti (tipo di stenosi, sottositi coinvolti, estensione, motilità laringea e lume delle vie aeree).

Inoltre, altre condizioni che descrivono lo stato patologico delle vie aeree o comorbidità concomitanti sono state integrate per aiutare a fornire una valutazione più completa del paziente. Tutti questi dati sono racchiusi in una pratica checklist che genera un punteggio finale.

La classificazione ELS è stata applicata a grandi coorti retrospettive dei centri che hanno contribuito al suo sviluppo, ed è stata confermata essere accurata per la previsione di entrambi gli esiti peri-operatori, ovvero sia il tasso di complicanze o la necessità di ulteriori trattamenti a lungo termine che il tasso di decannulazione, sia nei gruppi pediatrici che adulti affetti da stenosi laringotracheale trattati con resezione tracheale o crico-tracheale e anastomosi.

Il suo valore per la previsione degli esiti dei pazienti sottoposti a trattamenti endoscopici non è stato ancora valutato.

Il work-up endoscopico per LTS secondo l'ELS consiste in cinque procedure chiave:

- 1) Laringoscopia indiretta o laringoscopia transnasale a fibre ottiche (TNFL);
- 2) TNFL con paziente addormentato;
- 3) Laringotracheoscopia transorale diretta con un telescopio a zero gradi;
- 4) Microlaringoscopia in sospensione;
- 5) Broncoesofagoscopia;<sup>3</sup>

La classificazione della stenosi è importante per quanto riguarda la prognosi, la pianificazione del trattamento e la stratificazione del rischio di dipendenza da tracheostomia (ad esempio i pazienti classificati di grado 3 e 4 alla Cotton-Myer vengono considerati tracheostomia-dipendenti).<sup>4</sup>

### ***1.3.2. Work-up Diagnostico***

Deve essere eseguita una valutazione sistematica delle principali funzioni laringee, cioè della respirazione, della fonazione e della protezione delle basse vie aeree.

L'età di insorgenza, i fattori aggravanti e l'influenza della posizione del corpo sui sintomi forniscono indizi pertinenti sulla potenziale eziologia del restringimento delle vie aeree.

Una volta giudicato il grado di distress respiratorio, prima che la capacità respiratoria del paziente si esaurisca, deve essere effettuata una corretta valutazione generale.<sup>4</sup>

Se la compromissione delle vie aeree non richiedesse una misura salvavita immediata, l'endoscopia diagnostica dovrebbe sempre precedere l'intubazione o la tracheotomia.<sup>4</sup>

La laringoscopia transnasale flessibile (TNFL) è utile per valutare attentamente la pervietà delle cavità nasali, delle coane, del rinofaringe e della faringe; deve essere determinato anche il grado di restringimento funzionale dinamico delle vie aeree a livello della giunzione naso-orofaringea e della laringe durante l'inspirazione, nonché il grado e l'estensione dell'eventuale stenosi presente.<sup>4</sup>

L'ispezione della laringe ha lo scopo di documentare le anomalie della sovraglottide (es. laringomalacia, malformazioni linfovaskolari e cisti) nonché di valutare la mobilità delle corde vocali. Se si percepisce un'abduzione ristretta o una vera immobilità, allora è giustificato un esame completo in anestesia generale per differenziare la paralisi neurogena bilaterale delle corde vocali dalla stenosi glottica posteriore, in particolare quando l'anamnesi rivela una precedente storia di intubazione endotracheale.

Inoltre, la TNFL in anestesia generale permette di controllare con più attenzione la mucosa e di misurare correttamente i diversi parametri della stenosi presente, in modo tale da adattare al meglio la tecnica chirurgica.

La laringoscopia transnasale flessibile fornisce però, in caso di stenosi totale, informazioni incomplete poiché la sottoglottide e la trachea non possono essere visualizzate.<sup>4</sup>

L'endoscopia virtuale non può sostituire la broncoscopia laringotracheale convenzionale.

Infatti, questa tecnica non fornisce informazioni sulla qualità della mucosa (cicatrizziale vs infiammatoria).

Inoltre, le secrezioni intrappolate al di sotto della stenosi possono aumentare "artificialmente" l'estensione del restringimento.

In caso di ostruzione totale delle vie aeree, l'endoscopia virtuale è utile per visualizzare la porzione distale delle vie aeree.<sup>4</sup>

In alcuni casi, in aggiunta, è possibile eseguire un'adeguata valutazione radiologica delle vie aeree, eseguendo in prima battuta una RX collo-torace e in aggiunta un'eventuale TC elicoidale ad acquisizione rapida della stessa regione. In caso di dubbio sulla corretta diagnosi può essere ulteriormente eseguita una TC con mdc.<sup>4</sup>

La risonanza magnetica è utile per valutare le compressioni vascolari delle vie aeree secondarie ad anomalie cardiovascolari congenite. La risoluzione del contrasto è più fine rispetto alle scansioni TC e la risonanza magnetica consente l'imaging su qualsiasi piano desiderato con ricostruzioni 3D.<sup>4</sup>

Tra gli esami radiologici ausiliari, l'ecografia e l'esofago al bario sono i più utilizzati.<sup>4</sup>

Nel collo, gli ultrasuoni sono in grado di differenziare le masse cistiche da quelle solide. Quest'ultima tecnica è utile anche nella valutazione e nel follow-up della paralisi delle corde vocali.

Questi esami radiologici possono essere integrati da una valutazione endoscopica funzionale della deglutizione (FEES).<sup>4</sup>

La valutazione clinica del paziente dispnoico si basa sui seguenti fattori:

- 1) qualità dei suoni respiratori patologici;
- 2) fase del ciclo respiratorio durante la quale si manifestano i suoni respiratori patologici;
- 3) valutazione delle tre principali funzioni laringee;

#### 4) storia medica del paziente.<sup>4</sup>

L'identificazione della sede e della causa dell'ostruzione è facilitata dalla qualità del suono respiratorio patologico (stridore, stertore e respiro sibilante) e dalla fase del ciclo respiratorio durante la quale viene prodotto.

Qualsiasi ostruzione delle vie aeree superiori o inferiori, infatti, genera un suono respiratorio patologico risultante dal flusso rapido e turbolento dell'aria attraverso il segmento ristretto delle vie respiratorie.

A seconda della gravità, della durata e della progressione dell'ostruzione, possono verificarsi altri sintomi e segni di distress respiratorio come dispnea, flaring nasale, retrazioni sopraclavicolari, sternali, intercostali e sottocostali, grugniti, episodi cianotici pericolosi per la vita, sonnolenza e apnea.<sup>4</sup>

Tuttavia, prima di indagare sul sito e sulla causa dell'ostruzione delle vie aeree, è necessario valutare attentamente il grado di distress respiratorio.<sup>4</sup>

Per quanto riguarda i suoni respiratori patologici, i principali sono:

- Stridore: un suono respiratorio aspro causato da un flusso d'aria turbolento attraverso un'area ristretta;
- Stertore: un suono inspiratorio svolazzante e russante a bassa frequenza prodotto da un'ostruzione nasale o naso-faringea. Differenziando lo stertore inspiratorio dallo stridore, è possibile localizzare la sede del restringimento delle vie aeree superiori. Lo stridore ha origine nella laringe e nella trachea superiore, mentre lo stertore ha origine nel rinofaringe o nell'orofaringe;
- Sibilo: un fischio espiratorio prodotto da un flusso d'aria turbolento che passa attraverso piccole vie aeree ristrette (bronchioli).<sup>4</sup>

L'ostruzione delle vie aeree è caratterizzata dalla sua propensione a determinare un cambio di diametro dei lumi durante il ciclo respiratorio. Ciò può essere spiegato dalla natura flaccida (faringe, sovraglottide), malacica o non circonferenziale dell'area interessata.

Ad esempio, a seconda della pressione intraluminale, la pars membranosa della trachea può alterare la forma del lume.

L'ostruzione variabile delle vie aeree è quindi influenzata dalle pressioni atmosferiche, intratracheali e intrapleuriche durante l'inspirazione e l'espiazione.<sup>4</sup>

L'ostruzione extratoracica variabile delle vie aeree produce: un suono patologico inspiratorio (stridore o stertore), una fase inspiratoria prolungata ed ostacolata, dipendente dalla gravità dell'ostruzione.

L'ostruzione intratoracica variabile delle vie aeree produce: un suono patologico espiratorio (sibilante), una fase espiratoria prolungata ed ostacolata, dipendente dalla gravità dell'ostruzione.

Un'ostruzione fissa descrive la situazione in cui le pressioni intra ed extra luminali non influiscono sulle dimensioni del segmento ristretto delle vie aeree. Questo è tipicamente il caso della stenosi sottoglottica cartilaginea congenita o cicatriziale acquisita. Tale tipo di ostruzione produce: un tipico stridore bifasico di uguale intensità sia durante la fase inspiratoria che durante quella espiratoria della respirazione, ed una variabilità in entrambe le fasi a seconda della gravità della condizione.<sup>4</sup>

Di fondamentale importanza nella valutazione di un paziente sospetto è la differenziazione tra la paralisi bilaterale delle corde vocali (BVCP) e la stenosi glottica

posteriore (PGS), la quale in genere è di semplice esecuzione, basandosi soprattutto sulla storia clinica del paziente.

Tutti i soggetti che hanno subito un'intubazione endotracheale a breve termine richiedono una valutazione della commessura laringea posteriore e della funzione dell'articolazione cricoaritenoidica utilizzando il divaricatore di Lindholm e una sonda angolata.

L'elettromiografia non è necessaria per differenziare queste due condizioni (BVCP e PGS).

La palpazione aritenoidica può identificare con precisione i diversi tipi di PGS, secondo la classificazione di Bogdasarian.<sup>4</sup>

### ***1.3.3. Opzioni Terapeutiche***

Chirurghi ORL, intensivisti, anestesisti e infermieri svolgono un ruolo chiave nella valutazione preoperatoria, nella gestione chirurgica e nella cura post-operatoria.

Inoltre, sono richiesti consulti da pneumologi, gastroenterologi, cardiologi, neurologi e genetisti, a seconda delle comorbidità associate o della presenza di eventuali anomalie congenite.

Infine, i logopedisti dovrebbero essere coinvolti in caso di disfonia e/o disfagia e dovrebbero far parte del team che valuta la capacità del paziente di collaborare prima dell'intervento chirurgico e che supporta la riabilitazione della parola e della deglutizione nel periodo post-operatorio.

Infatti, spesso dopo l'intervento non si ha una riacquisizione completa della vocalità né della funzionalità respiratoria.

Migliorare le proprie capacità tecniche in endoscopia e in chirurgia può ridurre i tempi di dipendenza dalla tracheostomia. A tal proposito, l'intervento chirurgico deve essere eseguito precocemente per accorciare la dipendenza da tracheostomia.

Tuttavia, è doveroso ricordare che la maggior parte, se non tutte, le sequele cicatriziali post-intubazione della laringe sono prevenibili con un trattamento adeguato somministrato nella fase acuta.<sup>4</sup>

Per il trattamento delle stenosi laringotracheali devono essere per prima cosa eseguite delle misurazioni delle stenosi in senso cranio-caudale.

Il telescopio a zero gradi viene inserito attraverso il laringoscopio e ulteriormente avanzato fino al livello delle corde vocali. La distanza registrata è segnata sull'asta del telescopio. Misure ripetute vengono eseguite ai margini superiore e inferiore della stenosi e del tracheostoma se il paziente presenta tracheostomia e, infine, a livello della carena. Le fotografie seriali vengono scattate in direzione cranio-caudale. Al referto endoscopico viene aggiunto un diagramma con tutte le misurazioni.

Per pianificare accuratamente l'intervento chirurgico, soprattutto in caso di resezione e anastomosi, tali misurazioni sono indispensabili.

Con l'ostruzione completa delle vie aeree, la scansione TC con ricostruzioni 3D è molto utile. L'anello cricoide può essere identificato anche mediante palpazione esterna; la distanza tra l'anello cricoide e il tracheostoma può essere misurata sulla cute del collo, tuttavia, con minore precisione.

Devono essere considerati vari parametri: sede ed estensione della stenosi; coinvolgimento glottico con o senza anchilosi dell'articolazione cricoaritenoidica o sinechie delle corde vocali; sede dell'eventuale tracheostoma; eventuali stenosi multilivello (faringe, laringe e trachea); gravi comorbidità polmonari, cardiache, neurologiche e gastrointestinali; anomalie congenite.

I possibili esiti chirurgici per ciascuna di queste diverse situazioni devono essere chiaramente spiegati al paziente e parametri aggiuntivi come comorbidità o anomalie congenite devono essere incorporati nel processo decisionale.<sup>4</sup>

Quando è presente edema glotto-sottoglottico con compromissione delle vie aeree il trattamento consiste nella reintubazione con un ET più piccolo di una misura, nell'applicazione topica di una crema a base di gentamicina e corticosteroide, antibiotici sistemici a seconda della coltura dell'aspirato tracheale, nonché corticosteroidi sistemici.

La maggior parte dei pazienti può essere estubata dopo un periodo medio di reintubazione di 2-4 giorni.

Aerosol di adrenalina, desametasone endovena, pressione positiva continua delle vie aeree (CPAP) ed una miscela di elio e ossigeno (heliox) somministrata attraverso una maschera facciale sono determinanti per superare questo difficile periodo di post-estubazione. Se queste manovre falliscono, può essere eseguito uno split cricoideo anteriore combinato con un innesto di cartilagine tiroidea per evitare la necessità di tracheostomia.<sup>4</sup>

Le estubazioni non riuscite possono essere dovute a del tessuto di granulazione che ostruisce la glottide posteriore.

A tal proposito, viene eseguita l'asportazione endoscopica del tessuto di granulazione esofitico mediante pinza da biopsia in microlaringoscopia in sospensione. L'emostasi si ottiene facilmente con garze imbevute di adrenalina. L'uso del laser CO<sub>2</sub> è controindicato in quanto è probabile che carbonizzi il tessuto di granulazione altamente vascolarizzato, generando così diffusione di calore nei tessuti circostanti, con conseguente cicatrizzazione. Un batuffolo di cotone imbevuto di una soluzione di Mitomicina C viene applicato sul tessuto di granulazione e mai sulla cartilagine denudata, poiché ciò ritarderebbe il processo di riepitelizzazione e favorirebbe la necrosi per esposizione a lungo termine della cartilagine nel lume sottoglottico.<sup>4</sup>

Per quanto riguarda l'intervento chirurgico, questo deve essere adattato ad ogni singola situazione.

In alcuni casi, la chirurgia può non essere fattibile a causa del rischio della decannulazione e dovrebbe quindi essere evitata. Un esempio di tale situazione è il trattamento di un soggetto con stenosi glotto-sottoglottica complessa, ritardo mentale e funzione faringolaringea non coordinata. In questo caso, la ricostruzione chirurgica può ripristinare la pervietà delle vie aeree; tuttavia, a causa dello stato mentale del paziente, la funzione glottica incompetente si tradurrà in gravi e ricorrenti polmoniti da aspirazione.<sup>4</sup>

Se una tracheotomia non può essere evitata nonostante un adeguato trattamento endoscopico, devono essere valutati due parametri importanti, vale a dire lo stent laringeo, che deve essere più morbido possibile, e il corretto posizionamento del tubo tracheostomico.

Infatti, per le lesioni acute post-intubazione con LTS che richiedono tracheostomia, contrariamente all'attuale regola che afferma che il sito della tracheostomia deve essere posizionato sul secondo o terzo anello tracheale, lo stoma deve essere posizionato immediatamente al di sotto dell'anello cricoideo o molto in basso al sesto, settimo o ottavo anello tracheale; ciò viene fatto per preservare la trachea il più possibile per un'ulteriore ricostruzione delle vie aeree.

Se la trachea cervicale è stata danneggiata da un'intubazione endotracheale o da una precedente tracheostomia, la nuova tracheostomia deve essere sempre posizionata a livello della stenosi tracheale.<sup>4</sup>

La prima operazione è di grande responsabilità: infatti, il fallimento del primo tentativo chirurgico peggiora inevitabilmente l'esito globale del paziente e prolunga la dipendenza dalla tracheostomia.

Le stenosi glottiche e sottoglottiche combinate sono le più difficili da trattare; si riscontrano in casi molto gravi o quando un'intubazione prolungata è stata preceduta da un trauma.<sup>4</sup>

Il laser a CO<sub>2</sub>, cavallo di battaglia in otorinolaringoiatria dalla fine degli anni '70, viene utilizzato per il trattamento di diverse condizioni patologiche relative alle vie aeree.

Tutti i laser sono costituiti da tre componenti essenziali: un mezzo laser, un sistema di pompaggio fornito da energia esterna e una cavità ottica.

Il mezzo laser determina la lunghezza d'onda del laser e, di conseguenza, la sua interazione con i tessuti biologici. Il mezzo può essere un gas (CO<sub>2</sub>, argon, elio-neon), un cristallo (Nd-YAG, KTP), un liquido (coloranti) o un semiconduttore (diodo).

L'energia di pompaggio è fornita da una sorgente di eccitazione esterna (scarica elettrica, luce laser, ecc.), che stimola l'emissione e l'amplificazione dei fotoni nella cavità ottica.

La cavità ottica è costituita da un tubo di scarica con uno specchio totalmente riflettente ad un'estremità e uno specchio parzialmente riflettente all'estremità opposta.

L'energia di pompaggio eccita gli atomi o le molecole del mezzo laser contenuto nella cavità ottica. Poiché ulteriore energia viene continuamente pompata nel sistema, più atomi o molecole sono nello stato eccitato che nello stato fondamentale. Questo è noto come "inversione di popolazione".

Gli elettroni che ruotano attorno al nucleo procedono verso un'orbita più alta e instabile dalla quale decadono spontaneamente al loro stato fondamentale. L'importo di energia persa dall'elettrone eccitato e instabile viene rilasciata sotto forma di un fotone emesso

spontaneamente e casualmente nella cavità ottica. Gli specchi a ciascuna estremità riflettono i fotoni emessi parallelamente all'asse del tubo. I fotoni entrano in collisione con atomi o molecole eccitati e stimolano l'emissione di nuovi fotoni. La luce stimolata viene emessa nella stessa direzione della luce radiante, in modo che tutti i raggi di luce siano paralleli.

Il processo si ripete molte volte, con conseguente enorme aumento del numero di fotoni.

Questa è la "Amplificazione della luce per emissione stimolata di radiazioni" (cioè LASER).

Il raggio laser è la frazione di luce che fuoriesce dalla cavità ottica attraverso la piccola apertura di uno degli specchi. La restante frazione di luce rimane nella cavità ottica, proseguendo il processo laser. Ciascun mezzo laser è caratterizzato dalla sua lunghezza d'onda specifica, che determina una delle sue interazioni tissutali pertinenti, ovvero il coefficiente di assorbimento specifico per un dato tessuto. Per ridurre al minimo i danni termici collaterali, il chirurgo deve tenere conto di questa proprietà nella scelta del laser.

La luce laser può essere monocromatica, collimata o coerente:

- la luce laser monocromatica è una singola lunghezza d'onda con una larghezza di banda molto stretta (la luce bianca di una lampada al tungsteno è una miscela dell'intero spettro visibile);
- la luce laser collimata è direzionale e quasi parallela, con poca deviazione. La natura collimata della luce laser consente la trasmissione del raggio al sito chirurgico per mezzo di una fibra ottica o di un braccio articolato. Il raggio può quindi essere focalizzato da una lente sul punto più piccolo in modo da fornire un'elevata densità di energia per l'ablazione e la vaporizzazione dei tessuti. Questa proprietà è essenziale per il suo uso in medicina;

- luce laser coerente significa che tutte le onde luminose sono in fase, sia nel tempo che nello spazio. Questa proprietà di coerenza non viene utilizzata per l'ablazione tissutale, ma piuttosto per la misura del movimento della membrana timpanica e delle corde vocali nell'interferometria laser otorinolaringoiatrica.

Per quel che riguarda le interazioni laser-tessuto, l'effetto di un raggio laser sui tessuti dipende da diversi parametri:

- 1) la lunghezza d'onda del laser,
- 2) le caratteristiche di assorbimento del tessuto,
- 3) i parametri del laser regolabili.

La lunghezza d'onda del laser è determinata dal mezzo laser: ogni laser è quindi caratterizzato dalla sua lunghezza d'onda.

Quando un raggio laser colpisce il tessuto, la sua energia subisce quattro diverse interazioni.

Al primo posto abbiamo la riflessione: l'energia riflessa dalla superficie del tessuto è minima, ma può essere significativa nel caso di strumenti in metallo lucidato. Pertanto, i tubi anestetici infiammabili, il paziente e il personale di sala devono essere protetti durante la chirurgia laser laringea.

Segue l'assorbimento: questa proprietà è essenziale per ottenere l'effetto desiderato sul tessuto. L'assorbimento dipende fortemente dalla lunghezza d'onda del laser e dalle proprietà biologiche rilevanti del tessuto. Assorbita dal tessuto, l'energia del raggio laser viene convertita in calore. Al di sopra dei 55°C, la coagulazione e la denaturazione delle proteine generano un danno tissutale irreversibile, provocando una forte risposta infiammatoria. Con un ulteriore innalzamento della temperatura il tessuto subisce necrosi termica e carbonizzazione (100° circa), a cui segue la disintegrazione del tessuto (=vaporizzazione) quando la temperatura supera i 250°C.

A seconda del tipo di laser utilizzato e della densità di energia (Joule/cm<sup>2</sup>) erogata al tessuto, la carbonizzazione rivestirà il “cratere”. Quando questo carbonio annerito viene colpito da successivi colpi laser, può brillare e aumentare ulteriormente la diffusione del calore nei tessuti circostanti. Questo effetto di carbonizzazione dovrebbe essere evitato a tutti i costi soprattutto nella gestione delle vie aeree pediatriche.

Importante è anche la trasmissione: rappresenta la quantità di luce che viene trasmessa attraverso tessuti specifici. A seconda del tipo di laser e tessuto, la trasmissione senza scattering può essere limitata o quasi completa, ad esempio fluidi oculari trasparenti da parte dei laser argon e KTP, che non vengono assorbiti dall'acqua.

E infine la dispersione: ciò corrisponde a riflessioni multiple dell'energia erogata dal laser all'interno del tessuto, che causa danni termici indesiderati.

Per quanto concerne le caratteristiche di assorbimento dei tessuti è importante tenere in considerazione che nella chirurgia endoscopica delle vie aeree, i tessuti rilevanti sono le mucose, la cartilagine, il tessuto cicatriziale ed eventuali lesioni vascolari pigmentate come gli emangiomi.

Sono tutti composti da circa l'85% di acqua; questa percentuale varia leggermente tra mucosa edematosa e tessuto cicatriziale.

I laser ad eccimeri CO<sub>2</sub> (10.600 nm), erbio-YAG (2.940 nm), olmio-YAG (2.100 nm) e fluoruro di argon (ArF) (193 nm) sono tutti fortemente assorbiti dai tessuti ricchi di acqua, indipendentemente dal loro colore.

L'argon (514 nm), il KTP (532 nm) e i laser a colorante regolabile (400–700 nm) dipendono fortemente dal contenuto di pigmenti (emoglobina e melanina) nelle mucose. Il loro coefficiente di assorbimento è estremamente variabile: assente nei tessuti acquosi chiari come la cornea, il cristallino e l'umor vitreo dell'occhio, parziale nei tessuti bianchi come la pelle o il grasso e significativo nei tessuti pigmentati come

i tumori vascolari. In otorinolaringoiatria sono usati per il trattamento di emangiomi o melanomi della pelle e delle mucose.

I laser Nd-YAG (1.064 nm) e diodi (980 nm) sono debolmente assorbiti dalle mucose.

Il loro coefficiente di assorbimento è molto debole nel tessuto acquoso chiaro, povero di lesioni non pigmentate, ma aumentato nei tessuti pigmentati e carbonizzati. Questi laser producono un effetto di scattering molto forte, raggiungendo fino a 4 mm di profondità nelle mucose. Sono adatti per l'emostasi per coagulazione e per la vaporizzazione di grandi quantità di tessuto. Non possono essere utilizzati nella gestione delle vie aeree dove sono richieste incisioni e resezioni di tessuto precise e delicate.

I parametri regolabili del laser sono di estrema importanza: infatti, una volta scelto il laser ottimale, se questi parametri non vengono regolati correttamente, l'esito del trattamento può essere negativo.

Il chirurgo può controllare l'erogazione dell'energia laser sul tessuto bersaglio regolando i seguenti criteri: potenza di uscita, dimensione spot, tempo di esposizione (modalità CW, modalità pulsata, superpulse, ultrapulse).

Nella pratica clinica, ci sono due modi per prevenire il danno tissutale collaterale: utilizzo di un laser con una breve lunghezza di assorbimento (es. il laser CO<sub>2</sub>) e utilizzo di un laser pulsato per vaporizzare rapidamente il tessuto (cioè la modalità ultrapulse).

Per l'erogazione della luce possono essere utilizzati: il braccio articolato, il micromanipolatore, oppure il conduttore a fibre ottiche.

Parlando di sicurezza, tutti i laser medicali utilizzati per l'ablazione termica dei tessuti rientrano nella classe IV e sono pericolosi per gli occhi e la pelle. Se utilizzati nella chirurgia endoscopica delle vie aeree, presentano anche rischi significativi di incendio.

Sebbene non sia possibile per tutti i centri beneficiare di un consulente e supervisore per la protezione laser, un'ispezione semestrale e la manutenzione dei loro laser sono comunque obbligatori.

È responsabilità del chirurgo testare gli effetti del raggio laser prima di qualsiasi intervento. Con il laser CO<sub>2</sub>, viene eseguita una bruciatura di prova su un abbassalingua di legno per verificare il corretto allineamento sia del raggio di puntamento CO<sub>2</sub> invisibile, sia del raggio di puntamento elio-neon visibile. L'ustione di prova consente al chirurgo di valutare la densità di potenza utilizzando diverse dimensioni dello spot, nonché le modalità pulsate o tritate in CW.

Quando si avvia una nuova procedura laser, questa stima preoperatoria approssimativa è sufficiente per evitare effetti indesiderati sui tessuti.

Quando i raggi laser vengono erogati attraverso una fibra, questo test diventa meno rilevante poiché la densità di potenza è fortemente influenzata dalla distanza dalla punta della fibra al bersaglio; a meno che la fibra non sia deteriorata, il raggio laser fuoriesce sempre esattamente dal centro della punta della fibra.

Fondamentale è l'utilizzo di un aspiratore di fumo posizionato a una distanza di almeno 1 cm dal bersaglio. Nella pratica clinica vengono spesso utilizzati due sistemi di aspirazione separati, uno collegato al laringoscopio, l'altro alla punta di aspirazione chirurgica tenuta dal chirurgo.

Al fine di ridurre il rischio di danno oculare, è obbligatorio proteggere gli occhi del paziente, del chirurgo e di tutto il personale in sala operatoria, utilizzando occhiali appropriati per la lunghezza d'onda del laser.

I colpi non mirati del laser al viso e ai denti del paziente sono una realtà comune. La pelle e le mucose esposte del paziente devono essere protette con un doppio strato di garze chirurgiche imbevute di acqua, che aderiscono perfettamente al laringoscopio.

Per le procedure più lunghe, devono essere imbevute ripetutamente per evitare che si

asciughino. Il personale della sala operatoria ha un rischio molto inferiore di danni alla pelle causati da colpi non diretti al bersaglio originati dal raggio laser.

L'ustione endotracheale indotta dal laser è la complicanza più temuta riscontrata nella chirurgia endoscopica delle vie aeree. La sua prevalenza varia dallo 0,4% all'1,9% di tutti gli interventi laser sulle vie aeree, rappresentando quasi il 14% degli incidenti correlati al laser. I fattori causali sono sempre legati ad una violazione del protocollo di sicurezza.

Date le drammatiche conseguenze che tali complicanze possono avere sul paziente, è essenziale attenersi rigorosamente ai seguenti principi: scelta della tecnica anestetica appropriata, utilizzo di tubi laser-safe quando possibile rispetto delle miscele di gas anestetici, prevenzione di colpi non diretti al bersaglio e preparazione all'infiammabilità.

Quindi la prevenzione del rischio di ustione delle vie aeree si articola anche attraverso alcune tecniche anestesiolgiche preventive, ad esempio l'utilizzo di un circuito chiuso con un tubo endotracheale laser-safe, l'esecuzione di apnee intermittenti, l'anestesia tubeless nella respirazione spontanea e la ventilazione jet.

Tuttavia, la stretta aderenza ai protocolli di sicurezza e l'adeguata formazione del personale medico e del personale di sala riduce considerevolmente il rischio.<sup>4</sup>

Tra i mezzi terapeutici ausiliari quelli più utilizzati sono: i dilatatori laringotracheali e i microdebrider.

I broncoscopi rigidi non devono essere utilizzati per dilatare le stenosi laringee, tracheali o bronchiali. Sebbene la procedura debba essere eseguita sotto una visione diretta, la punta smussata del tubo esterno può indurre traumi alla mucosa. Per questo motivo sono preferiti bougies conici semirigidi dedicati o dilatatori a palloncino per angioplastica.<sup>4</sup>

### ***1.3.3.1. Trattamento Endoscopico Primario***

La stenosi sottoglottica congenita non è suscettibile di alcun trattamento laser primario, poiché questa è solitamente di natura cartilaginea.

Una cauta incisione a raggiera con laser a CO<sub>2</sub> seguita da dilatazione può essere efficace nel trattamento di piccole stenosi web delle vie aeree cicatriziali.

I risultati possono essere eccellenti nel caso di sottili stenosi diaframmatiche, sottoglottiche e tracheali, a condizione che non coinvolgano la parete posteriore delle vie aeree, soprattutto a livello della trachea membranosa.

L'uso estensivo del laser può peggiorare, tuttavia, una preesistente stenosi acquisita delle vie aeree.

Le incisioni a raggiera nella stenosi vengono eseguite con la tecnica Shapshay e la dilatazione viene eseguita utilizzando bougies affusolate o palloncini per angioplastica.

Quindi, un batuffolo di cotone imbevuto in una soluzione di mitomicina-C può essere applicato localmente alla sottoglottide per 1 o 2 min. Le applicazioni ripetute di mitomicina-C dovrebbero essere evitate a causa di possibili effetti avversi ritardati.

In caso di recidiva della stenosi al suo grado iniziale dopo trattamenti endoscopici primari (laser CO<sub>2</sub>, dilatazione, stent), ogni ulteriore trattamento endoscopico è controindicato. In questo caso dovrebbe essere presa in considerazione la ricostruzione chirurgica a cielo aperto.<sup>4</sup>

### ***1.3.3.2. Ricostruzione Laringotracheale Con Espansione Della Cartilagine (LTR)***

Questo intervento è riservato quasi esclusivamente ai gradi lievi o moderati di SGS o alle stenosi glotto-sottoglottica combinate.

La LTR in un unico tempo con un solo innesto anteriore viene utilizzata per la risoluzione della stenosi di II grado. È probabile che una stenosi di grado III lieve richieda un innesto anteriore con uno split cricoideo posteriore supportato da uno stent endoluminale, mentre una stenosi di grado III grave richiede innesti sia anteriori che posteriori con stent.

Tuttavia, nell'ultimo decennio, il PCTR è emerso come un'alternativa superiore all'LTR per il trattamento degli SGS di grado III e IV.

In caso di stenosi congenita, la LTR può essere combinata con la resezione sottomucosa della cartilagine per aumentare le dimensioni di una lamina anteriore ispessita dell'anello cricoide.

Per il trattamento della PGS è necessario un innesto di cartilagine posteriore, ma si dovrebbe evitare la sovraespansione della commessura posteriore, poiché comprometterebbe la qualità della voce risultante e potrebbe indurre una potenziale aspirazione. Lo stenting è essenziale fino a quando la glottide e la sottoglottide non sono completamente guarite.<sup>4</sup>

### ***1.3.3.3. Resezione Cricotracheale Parziale (PCTR)***

La PCTR viene eseguita in un'unica fase (con concomitante resezione dell'eventuale tracheostoma durante l'intervento) quando la stenosi è puramente sottoglottica e il paziente non presenta altre comorbidità.

L'unica eccezione a questa regola è quando il tracheostoma è molto distale (quinto o sesto anello tracheale), con anelli tracheali normali e stabili tra la stenosi sottoglottica e il margine superiore del tracheostoma per l'anastomosi.

La chiusura del tracheostoma rappresenta il passaggio successivo.

Nei soggetti con anomalie congenite multiple, funzionalità neurologica, cardiaca o polmonare ridotta, è preferibile una PCTR in due tempi (con mantenimento postoperatorio del tracheostoma).<sup>4</sup>

Il trattamento della SGS si basa su: natura dell'SGS (cartilaginea o dei tessuti molli), estensione (sgs isolata o stenosi glottica-sottoglottica), tipo (congenita, acquisita, mista), condizioni generali del paziente.

La selezione di una tecnica di resezione e anastomosi (PCTR) per il trattamento di SGS grave (subtotale o totale) aumenta significativamente i tassi di decannulazione specifici dell'operazione, rispetto alla LTR.

Non viene indicato nessun trattamento endoscopico con laser CO2 o dilatazione per SGS cartilaginee; infatti, queste procedure determinerebbero un peggioramento della condizione creando una ferita con cartilagine esposta che, guarendo per seconda intenzione, porterebbe ad una restenosi. Quindi in questo caso l'unica opzione raccomandata si basa sulla chirurgia a cielo aperto.

Nel caso di una cricoide ellittica viene indicato l'allargamento LTR con innesti di cartilagine costale. Al contrario una cricoide appiattita viene solitamente trattata con una PCTR.

Per quanto concerne le stenosi glotto-sottoglottiche con una componente sottoglottica cartilaginea possono essere trattate o con una LTR con innesti di cartilagine costale o con una PCTR estesa; entrambe poi vengono seguite dall'apposizione di uno stent.

Di fronte ad un ispessimento generalizzato della cartilagine cricoide, il LTR lascerebbe pochissimi residui di mucosa normale a livello del tratto stenotico e ciò comporterebbe un processo di riepitelizzazione compromesso, come nel caso della SGS cicatriziale di grado III. Quindi ci si avvale in entrambi i casi della PCTR.

La stenosi sottoglottica congenita ad eziologia mista acquisita su congenita deve essere trattata allo stesso modo della stenosi laringotracheale acquisita post-intubazione.

Riassumendo ci si avvale di un trattamento conservativo per SGS di I grado, LTR in un unico tempo per SGS di Grado II e di Grado III lieve, LTR o PCTR in un unico tempo per SGS di grado III grave.<sup>4</sup>

#### ***1.3.3.4. Resezione Cricotracheale Estesa***

Nei casi in cui la SGS è combinata con il coinvolgimento glottico (PGS, fusione cicatriziale delle corde vocali) o quando la struttura laringea è distorta a causa di LTR precedentemente fallite, è indicata una PCTR integrata ad uno split cricoideo posteriore e un innesto di cartilagine costale (PCTR ESTESA).

In alternativa alla PCTR estesa, può essere eseguita una LTR con innesti di cartilagine costale anteriore e posteriore con stent.<sup>4</sup>

#### ***1.3.3.5. Stent Laringotracheali***

Gli stent vengono temporaneamente utilizzati per mantenere le vie aeree espanse dopo la ricostruzione chirurgica (LTR o PCTR estesa) per le stenosi glotto-sottoglottiche complesse.

Sebbene supportino e immobilizzino gli innesti tracheali durante il processo di guarigione, agiscono anche come corpi estranei nelle vie aeree ricostruite.

Se gli stent non sono conformi ai contorni laringei interni o se la loro consistenza è troppo dura, possono verificarsi lesioni della mucosa, formazione di tessuto di granulazione e successiva stenosi.

Idealmente, uno stent dovrebbe conformarsi ai contorni delle vie aeree ed esercitare una pressione mucosale inferiore a 30 mmHg. Inoltre, dovrebbe resistere alle forze di

compressione, sostenere l'anatomia delle vie aeree, muoversi con la laringe durante la respirazione e la deglutizione e, ovviamente, essere biocompatibile.

Attualmente sono disponibili diversi stent laringei: lo stent Aboulker, il tubo a T di Montgomery, il tubo a T pediatrico di Healy-Montgomery, gli stent laringotracheali di Eliachar.

Tuttavia, questi stent non soddisfano veramente i suddetti requisiti per un uso sicuro senza potenziali danni alle vie aeree ricostruite. Infatti, la forma degli stent attuali è rimasta subottimale considerando la complessità dei contorni laringei interni.<sup>4</sup>

Lo stent di Aboulker è una protesi a forma di sigaro, introdotta all'inizio degli anni '60, utilizzata soprattutto in ambito pediatrico per splintare le vie aeree dopo LTR.

Non è particolarmente efficace perché non permette di ripristinare una commessura laringea anteriore marcata, perché sebbene il teflon altamente levigato dello stent sia ben tollerato dai tessuti, questa protesi è troppo dura e non si adatta ai complessi contorni interni della laringe, cosa che comporta un impatto negativo sulla qualità della voce.

Le principali complicanze dello stent di Aboulker includono la formazione di tessuto di granulazione all'estremità inferiore o superiore dello stent, lo sviluppo di infezioni, la migrazione dello stent, la rottura dello stent, necrosi da pressione alla base dell'epiglottide e nella porzione mediale delle aritenoidi. Inoltre, nei casi di fusione cicatriziale delle corde vocali, la sua forma a sigaro impedisce il ripristino di una definita commessura laringea anteriore, che comporterà un peggioramento della qualità della voce.

Lo stent tracheale di Montgomery è un semplice tubo in silicone aperto con un lume più piccolo che sporge dal lato dello stent con un angolo di 90°. È morbido e flessibile, consentendo un facile inserimento attraverso il tracheostoma.

Sebbene lo stent di Montgomery sia ben tollerato dalla mucosa sottostante, le sue estremità sono affilate con bordi taglienti, favorendo la formazione di tessuto di granulazione tra lo stent e la mucosa delle vie aeree.

Ciò si verifica principalmente nella sottoglottide di forma conica se l'estremità superiore dello stent è posizionata al di sotto delle corde vocali. Per questo motivo, l'estremità superiore dello stent deve essere posizionata leggermente più in alto rispetto alle false corde vocali. Tuttavia, questa posizione può portare alla produzione di tessuto di granulazione sulla porzione laringea dell'epiglottide e sulle bande ventricolari.

Per proteggere le vie aeree dall'aspirazione, l'estremità superiore dello stent deve essere chiusa con delle suture, un tappo di colla siliconica o un cappuccio.

Sebbene il tubo di Montgomery sia un dispositivo efficace per lo stenting di semplici stenosi tracheali, non è sempre adatto per ricostruzioni della glottide e della sottoglottide. Simile allo stent di Aboulker, la sua configurazione di forma rotonda non ripristina una commessura anteriore acuta della glottide.

La complicanza più grave è l'ostruzione della protesi da parte di secrezioni essiccate che in pazienti pediatriche possono essere anche letali. Inoltre, si può avere un'espulsione spontanea del tubo per migrazione verso l'alto oppure la formazione di tessuto di granulazione con ostruzione.

Stent tracheale pediatrico di Healy: per superare il rischio di intasamento del tubo di Montgomery nei bambini, Healy ha progettato uno stent pediatrico con un angolo di collegamento di 70°, che ne consente l'introduzione di una cannula interna flessibile.

Sebbene questo consenta una rapida rimozione delle secrezioni ostruite nella cannula interna, tuttavia riduce ulteriormente le dimensioni delle vie. Questa controparte pediatrica dello stent tracheale per adulti condivide tutti i suddetti inconvenienti dello stent di Montgomery quando utilizzato nei bambini più grandi e negli adulti.

Stent laringotracheale di Montgomery: progettato per il trattamento della stenosi glotto-sottoglottica, è stato realizzato utilizzando la laringe di cadavere come modello, è in silicone liscio e piuttosto duro. Tuttavia, la sua distanza interaritenoidica posteriore è stretta, riproducendo la posizione paramediana delle corde vocali che si ha nel cadavere. Pertanto, questa protesi non è del tutto appropriata per le ricostruzioni delle vie aeree con stenting per la stenosi sottoglottica combinata con la stenosi della glottide posteriore.

Inoltre, lo stent laringotracheale di Montgomery esiste solo in due diverse dimensioni, il che è ampiamente insufficiente se applicato all'intero spettro delle stenosi laringotracheali nella fascia di età pediatrica, dove quindi attualmente è usato raramente.

Stent laringotracheale di Eliachar: è realizzato in morbido silicone, e risulta meno traumatico per la mucosa laringea rispetto allo stent di Montgomery.

Inizialmente è stato progettato per la gestione dell'aspirazione cronica. La sua conformità ai contorni laringei interni è superiore a quella di tutti gli stent precedentemente discussi, ma la sua forma non è triangolare a livello della glottide. Sebbene fornisca supporto interno alle ricostruzioni delle vie aeree laringee, tuttavia non ripristina né una buona distanza interaritenoidica né una commessura anteriore definita della glottide.

Non può essere utilizzato nei neonati e nei bambini e il suo sistema di fissaggio con una fascia in silicone attraverso la tracheostomia può indurre la formazione di tessuto di granulazione in tale sito.

Lo stent laringotracheale di Monnier è una protesi in silicone particolarmente morbida che evita la necrosi da pressione della porzione mediale delle aritenoidi, promuovendo la guarigione senza ulteriori lesioni traumatiche

Anche questa è derivata da un modello di laringe di cadavere, ma con un aumento della distanza interaritenoidica per ottenere i contorni laringei di una laringe completamente addotta. Questa caratteristica è essenziale nel trattamento di una stenosi sottoglottica associata ad una stenosi della glottide posteriore.

Tale protesi è stata revisionata nel 2003 con l'introduzione di un cappuccio di silicone per evitare la formazione di tessuto di granulazione alla sua estremità distale.

Esiste in diverse misure e può essere inserita nelle vie aeree durante l'intervento chirurgico a cielo aperto o dopo resezione endoscopica di una stenosi laringotracheale.

Nel 1992 Zalzal ha identificato le 5 caratteristiche principali di una protesi: 1) disponibilità di diverse dimensioni e forme per il miglior adattamento possibile; 2) posizionamento corretto che eviti qualsiasi condizione che possa portare ad ostruzione delle vie aeree; 3) assenza di reazione da corpo estraneo, di pressione, di necrosi, o di discomfort; 4) adeguata vocalità e deglutizione senza aspirazione; 5) facile posizionamento e rimozione.

Lo stent di Monnier soddisfa tutti questi requisiti ideali, ad eccezione della vocalità.

Dato che questi pazienti sono già stati sottoposti a interventi chirurgici falliti e spesso si presentano con afonia, è accettabile un ulteriore ritardo di diversi mesi prima che la decannulazione e la vocalità siano possibili.<sup>4</sup>

Per quanto riguarda le stenosi tracheali benigne congenite e acquisite, devono essere trattate chirurgicamente. Non vi è quasi alcuna giustificazione per l'uso di stent metallici autoespandibili per le vie aeree (SEMAS) nella gestione delle stenosi benigne di adulti e bambini.

Infatti, sono state documentate negli anni gravi complicanze dovute a SEMAS a permanenza nella trachea e nei bronchi. Tra le complicanze a lungo termine sono

descritte la formazione di tessuto di granulazione con successiva restenosi, mucostasi, migrazione dello stent, rottura dello stent, nonché emorragie massicce e letali.

Anche se la loro facile applicazione e la disponibilità in diverse misure sembra renderle protesi ideali, solo in casi molto rari il posizionamento endoluminale di SEMAS nella fascia di età pediatrica è giustificato come misura salvavita. Infatti, nei neonati e nei bambini, per alleviare l'ostruzione tracheale benigna, possono essere utilizzati altri dispositivi: ventilazione non invasiva delle vie aeree con maschera a pressione positiva continua (CPAP) o a pressione positiva bi-livello (BiPAP), tracheotomia con stent tracheale con una cannula lunga, tracheostomia con un tubo di montgomery o un healy t tube, stenting senza tracheostomia e altri interventi ma molto raramente.<sup>4</sup>

## **2. MATERIALI E METODI**

Sono stati coinvolti 267 pazienti affetti da LTS acquisita (iatrogena, idiopatica, autoimmune, neoplastica) o congenita (tabella 1) e trattati con resezione e anastomosi tracheale (TRA) o resezione e anastomosi cricotracheale (PCTRA) presso tre Dipartimenti di Otorinolaringoiatria – Chirurgia della Testa e del Collo, tra settembre 1996 e dicembre 2020: Azienda Ospedaliera Universitaria di Brescia e Genova, Italia (159 e 28 pazienti, rispettivamente) e Klinikum Stuttgart, Germania (80 pazienti).

Tutti i pazienti hanno firmato un modulo di consenso informato scritto, che includeva l'uso di dati anonimi a fini di ricerca, che è stato esaminato e approvato dai rispettivi comitati etici locali.

Lo studio, infatti, è stato condotto in conformità con gli standard etici stabiliti nella Dichiarazione di Helsinki del 1964 e nei suoi successivi emendamenti.

Poiché lo studio riguardava l'analisi retrospettiva di dati anonimi, non è stato possibile ottenere l'approvazione specifica da parte dei comitati di revisione istituzionale.<sup>1</sup>

I tre centri condividono una politica uniforme per quanto riguarda i criteri di selezione dei pazienti. I criteri di esclusione erano rappresentati da una paralisi bilaterale delle corde vocali, tracheobroncomalacia di alto grado e malattie neurologiche o cardiovascolari avanzate che comportavano un rischio anestesilogico elevato (punteggi 4-5 secondo l'American Society of Anesthesiologists).<sup>1</sup>

La gravità delle complicanze è stata classificata a secondo la classificazione Clavien-Dindo:

- **grado 1**, ogni deviazione dal normale decorso postoperatorio che non richieda un intervento farmacologico o un intervento chirurgico, endoscopico o di radiologia interventistica (trattamenti consentiti: farmaci come antiemetici, antipiretici, analgesici, diuretici, infusione di elettroliti o fisioterapia);
- **grado 2**, richiesto trattamento farmacologico con farmaci diversi da quelli elencati per le complicanze del grado 1 oppure trasfusioni di sangue e nutrizione parenterale totale;
- **grado 3**, complicanza che richiede un intervento chirurgico, endoscopico o di radiologia interventistica (3a senza anestesia generale; 3b con anestesia generale);
- **grado 4**, complicanza che mette in pericolo la vita del paziente (incluse le complicanze del sistema nervoso centrale come emorragia, ictus ma escluso il TIA) e che richiede la gestione in terapia intensiva/rianimazione (4a disfunzione di un solo organo, inclusa la dialisi; 4b disfunzione multiorgano);
- **grado 5**, decesso del paziente.<sup>1</sup>

## **2.1. Videolaringoscopia Flessibile Transnasale E Tecniche**

### **Adiuvanti**

La videolaringoscopia flessibile transnasale a fibre ottiche (TNFL) viene utilizzata, come già detto, per valutare la pervietà delle cavità nasali, delle coane, del rinofaringe, della faringe, della laringe e della trachea. È utile per rilevare eventuali lesioni sovraglottiche ostruttive, per valutare il movimento delle corde vocali e qualsiasi alterazione della deglutizione come, ad esempio, un ristagno ipofaringeo di secrezioni.<sup>3</sup>

La TNFL è una tecnica di visualizzazione dinamica delle vie aeree che viene eseguita previa applicazione a livello della cavità nasale di un anestetico e decongestionante locale, per evitare fastidiosi dolori al paziente, nonché un eventuale laringospasmo. Il tubo nasotracheale viene cautamente inserito in faringe attraverso una narice ed è guidato verso la laringe e successivamente la trachea. Attraverso un monitor è possibile visualizzare il percorso del laringoscopio per indirizzarlo correttamente.<sup>4</sup>

Se si osserva durante questa procedura un'abduzione ristretta o una vera immobilità delle corde vocali, è necessaria l'esecuzione dell'esame in anestesia generale per distinguere la paralisi neurogena bilaterale delle corde vocali dalla stenosi glottica posteriore. Questo vale soprattutto in pazienti che sono stati sottoposti ad intubazione oro-tracheale. La TNFL in anestesia generale in respirazione spontanea viene anche eseguita in quei pazienti che mostrano scarsa compliance da svegli. Inoltre, la presenza di indicatori clinici come difficoltà di alimentazione, apnee ostruttive del sonno e ipertensione polmonare, spesso richiede l'ulteriore esecuzione della TNFL in anestesia generale. Prima dell'anestetico viene somministrata atropina e.v. e l'anestesia viene mantenuta con sevoflurano o propofol e.v.<sup>3</sup>

È obbligatoria l'ispezione di entrambe le cavità nasali per identificare possibili anomalie, come stenosi vestibolare, setto deviato, atresia delle coane, iperplasia adenoidea o la presenza di eventuali masse tumorali.<sup>3</sup>

In un paziente che presenta OSAS (sindrome da apnee ostruttive del sonno), quando viene sottoposto ad un'anestesia generale in respirazione spontanea, il suo tono muscolare diminuisce e quindi si riesce a visualizzare meglio la gravità dell'ostruzione.<sup>3</sup>

Quando il broncoscopio raggiunge l'aditus laringeo, è necessaria un'anestesia più profonda per avanzare ulteriormente verso le vie aeree inferiori, in modo tale da evitare episodi di laringospasmo.<sup>3</sup>

Passando posteriormente all'epiglottide verso la porzione apicale della laringe si ottiene una valutazione dettagliata della mobilità delle corde vocali; tuttavia, la presenza di una cartilagine cuneiforme di grosse dimensioni o delle pliche ariepiglottiche corte può impedire una corretta visualizzazione delle corde vocali.<sup>3</sup>

La laringoscopia eseguita in ambito ambulatoriale potrebbe non essere in grado di identificare ostruzioni orofaringee responsabili dell'OSAS.<sup>3</sup>

L'ispezione della laringe durante la respirazione spontanea permette di identificare una possibile stenosi glottica posteriore o una paralisi bilaterale delle corde vocali. Inoltre, la valutazione dinamica di trachea e bronchi è importante per identificare eventuali restringimenti presenti a tale livello.<sup>3</sup>

Se viene rilevata una immobilità delle corde vocali è necessaria l'esecuzione della SML.<sup>3</sup>

Per visualizzare e caratterizzare al meglio una possibile stenosi glottica o sottoglottica o tracheale, il paziente deve essere profondamente anestetizzato e paralizzato. La laringe viene visualizzata utilizzando un laringoscopio Storz multiuso con la lama inserita a livello della vallecchia. Un telescopio d'ingrandimento rigido di 4 mm di diametro offre una visione chiara dell'endolaringe, della sottoglottide e della trachea fino alla carena, permettendo inoltre di valutare la lunghezza della stenosi e l'integrità delle vie aeree distali.

In caso di stenosi sottoglottica o tracheale occorre prestare attenzione a non danneggiare la mucosa. Infatti, la minima lesione a una stretta via aerea potrebbe scompensare una dispnea ostruttiva stabile, richiedendo così una tracheotomia. Il grado di SGS viene calcolato facendo passare telescopi o bougies di diverse dimensioni attraverso la stenosi.<sup>3</sup>

Il laringoscopio Benjamin-Lindholm è preferibile per visualizzare la faringe, la laringe e la sottoglottide. Durante la procedura sono necessari strumenti specifici: telescopi 0° e 70°, un divaricatore per corde vocali Lindholm, sonde angolate e bougies conici. I telescopi vengono utilizzati per misurare l'estensione craniocaudale della stenosi. Per misurare il grado della stenosi vengono utilizzati bougies di una determinata dimensione. Infine, per distinguere tra paralisi bilaterale delle corde vocali (BVCP) e stenosi glottica posteriore, vengono utilizzati il divaricatore per corde vocali Lindholm e i telescopi angolati. Sono di fondamentale importanza nei pazienti sottoposti precedentemente a intubazione orotracheale per ispezionare con attenzione la commessura laringea a posteriore e valutare la funzionalità dell'articolazione cricoaritenoidica. Nei pazienti con BVCP neurogena, la distanza interaritenoidica viene ripristinata alla dimensione normale quando il divaricatore viene posizionato e aperto a livello delle corde vocali, mentre nei pazienti con PGS

rimane stretta e risulta visibile una banda allungata di tessuto cicatriziale. Utilizzando la sonda angolata, diventa così possibile identificare con precisione i diversi tipi di PGS secondo la classificazione di Bogdasarian.<sup>3</sup>

Per ottenere la misura più precisa dell'estensione craniocaudale della stenosi, il telescopio viene inserito attraverso il laringoscopia e fatto avanzare fino alle corde vocali, constatando la distanza sull'asta del telescopio. Le misurazioni ripetute, obbligatorie nella programmazione dell'intervento chirurgico, vengono effettuate ai margini superiore e inferiore della stenosi e del tracheostoma, se presente, e infine a livello della carena. Se è presente un'ostruzione completa viene eseguita una TC 3D.<sup>3</sup>

L'iter diagnostico dei pazienti affetti da SGS deve essere completato dalla valutazione delle basse vie aeree e dell'esofago.

In caso di tracheotomia, il broncoscopio rigido o flessibile deve essere introdotto attraverso il tracheostoma. Se l'estremità distale della cannula ha causato una stenosi a livello della porzione inferiore della trachea, il broncoscopio rigido non deve essere ulteriormente avanzato per evitare danni alla mucosa, ma è obbligatorio l'uso di un broncoscopio flessibile.

Se la parete tracheale non è stata danneggiata dalla cannula, è possibile identificare tutti gli anelli. Infatti, quando si pianifica un'eventuale resezione e anastomosi delle vie aeree è di fondamentale importanza contare il numero di anelli tracheali normali residui.<sup>3</sup>

Ulteriori indagini fino all'estremità distale dei bronchi vengono eseguite da entrambi i lati.

Le biopsie e il lavaggio broncoalveolare (BAL) devono essere sempre eseguiti al termine della valutazione broncoscopica, poiché il sanguinamento potrebbe influenzare qualsiasi ulteriore esame.

Durante la broncoscopia si deve indagare la presenza di lesioni congenite o acquisite quali fistola tracheo-esofagea, bronco suis, malacia localizzata o diffusa, compressioni estrinseche, distribuzione anomala dell'albero bronchiale e lesioni causate da traumi locali indotti dalla cannula tracheostomica o da cateteri di aspirazione a livello della carena.

Devono essere documentate le caratteristiche delle secrezioni bronchiali (sierose, mucose, muco-purulente) e delle mucose (infiammazione e friabilità).

Il test batteriologico dell'aspirato deve essere condotto sistematicamente, mentre il BAL è necessario per confermare la diagnosi di aspirazione cronica quando all'esame dello striscio si osservano macrofagi carichi di lipidi.

Infatti, la mancata diagnosi di infezione delle vie aeree inferiori potrebbe influenzare l'esito chirurgico, portando a complicazioni avverse come deiscenza anastomotica, infezione da innesto di cartilagine e tracheostomia secondaria.<sup>3</sup>

Oltre alla broncoscopia, l'esofagoscopia può essere eseguita con cannocchiali flessibili o rigidi. L'uso del cannocchiale rigido è più facile nei neonati e nei bambini che negli adulti.

L'esofagoscopia deve valutare la presenza di reflusso gastroesofageo ed esofagite eosinofila, potendo rilevare rispettivamente nel primo caso la presenza di erosioni della mucosa esofagea e nel secondo caso un ispessimento della mucosa. Le biopsie sono necessarie per confermare questa diagnosi.<sup>3</sup>

## **2.2. Tecniche Chirurgiche**

A seconda del tipo di anomalia riscontrata, i pazienti sono stati sottoposti a diversi tipi di intervento chirurgico: resezione cricotracheale parziale/estesa con anastomosi (PCTRA) o resezione tracheale pura con anastomosi (TRA).<sup>1</sup>

L'intervento di ricostruzione laringotracheale con espansione della cartilagine (LTR) è riservato quasi esclusivamente ai gradi lievi o moderati di stenosi sottoglottica (SGS) o alle stenosi glotto-sottoglottica combinate.

La LTR in un unico tempo con un solo innesto anteriore viene utilizzata per la risoluzione della stenosi di II grado. È probabile che una stenosi di grado III lieve richieda un innesto anteriore con uno split cricoideo posteriore supportato da uno stent endoluminale, mentre una stenosi di grado III grave richiede innesti sia anteriori che posteriori con stent.

Tuttavia, nell'ultimo decennio, la PCTRA è emersa come un'alternativa superiore all'LTR per il trattamento degli SGS di grado III e IV.

In caso di stenosi congenita, la LTR può essere combinata con la resezione sottomucosa della cartilagine per aumentare le dimensioni di una lamina anteriore ispessita dell'anello cricoide.

Per il trattamento della PGS è necessario un innesto di cartilagine posteriore, ma dovrebbe essere evitata la sovra espansione della commessura posteriore, poiché comprometterebbe la qualità della voce risultante e potrebbe indurre una potenziale aspirazione. Lo stenting è essenziale fino a quando la glottide e la sottoglottide non sono completamente guarite.<sup>4</sup>

La resezione cricotracheale parziale con anastomosi (PCTRA) viene eseguita in presenza di una stenosi puramente sottoglottica in pazienti senza ulteriori comorbidità. L'intervento avviene in un'unica fase (con concomitante resezione dell'eventuale tracheostoma durante l'intervento).

L'unica eccezione a questa regola è quando il tracheostoma è molto distale (quinto o sesto anello tracheale), con anelli tracheali normali e stabili tra la stenosi sottoglottica e il margine superiore del tracheostoma per l'anastomosi.

La chiusura del tracheostoma rappresenta il passaggio successivo.

Nei soggetti con anomalie congenite multiple, funzionalità neurologica, cardiaca o polmonare ridotta, è preferibile una PCTRA in due tempi (con mantenimento postoperatorio del tracheostoma).

La selezione di una tecnica di resezione e anastomosi (PCTRA) per il trattamento di SGS grave (subtotale o totale) aumenta significativamente i tassi di decannulazione specifici dell'operazione.

Non viene indicato nessun trattamento endoscopico con laser a CO<sub>2</sub> o dilatazione per SGS cartilaginee; infatti, queste procedure determinerebbero un peggioramento della condizione creando una ferita con cartilagine esposta che, guarendo per seconda intenzione, porterebbe in definitiva ad una restenosi. Quindi in questo caso l'unica opzione raccomandata si basa sulla chirurgia a cielo aperto.

Per quanto concerne le stenosi glotto-sottoglottiche con una componente sottoglottica cartilaginea possono essere trattate o con una LTR con innesti di cartilagine costale o con una PCTRA estesa; entrambe poi vengono seguite dall'apposizione di uno stent.

Di fronte ad un ispessimento generalizzato della cartilagine cricoide, la LTR lascerebbe pochissimi residui di mucosa normale a livello del tratto stenotico e ciò comporterebbe un processo di riepitelizzazione compromesso, come nel caso della SGS cicatriziale di grado III. Quindi ci si avvale in entrambi i casi della PCTRA.

La stenosi sottoglottica congenita ad eziologia mista "acquisita su congenita" deve essere trattata allo stesso modo della stenosi laringotracheale acquisita post-intubazione.

Riassumendo, ci si avvale di un trattamento conservativo per SGS di I grado, LTR in un unico tempo per SGS di Grado II e di Grado III lieve, LTR o PCTR in un unico tempo per SGS di grado III grave.<sup>4</sup>

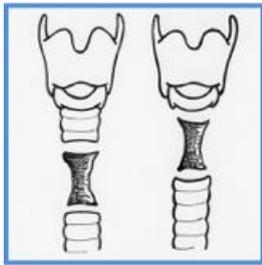
L'intervento di resezione e anastomosi cricotracheale estesa è indicato quando la SGS è combinata con il coinvolgimento glottico (PGS, fusione cicatriziale delle corde vocali) o quando la struttura laringea è distorta a causa di LTR precedentemente falliti. In questo caso la PCTR viene integrata ad uno split cricoideo posteriore e un innesto di cartilagine costale (PCTR ESTESA).

In alternativa alla PCTR estesa, può essere eseguita una LTR con innesti di cartilagine costale anteriore e posteriore con stent.

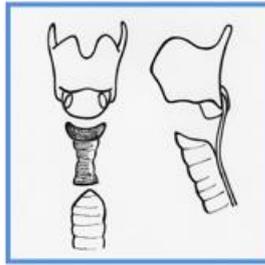
Gli stent laringotracheali vengono temporaneamente utilizzati per mantenere le vie aeree espanse dopo la ricostruzione chirurgica (LTR o PCTR estesa) per le stenosi glotto-sottoglottiche complesse.<sup>4</sup>

Esistono quattro tipi di interventi di resezione e anastomosi tracheale o cricotracheale: il tipo A comporta la rimozione di uno o più anelli tracheali con successivamente la creazione di un'anastomosi tracheale (A1) o cricotracheale (A2); il tipo B comporta la resezione del primo anello tracheale e dell'arco anteriore della cartilagine cricoide successivamente la creazione di un'anastomosi tiro-cricotracheale; il tipo C è caratterizzato dalla rimozione dell'arco cricoideo anteriore, di una parte della porzione più interna ed inferiore del piatto cricoideo con successiva anastomosi tiro-crico-tracheale e copertura del piatto cricoideo scoperto con un lembo distale della pars membranacea dal moncone tracheale distale;

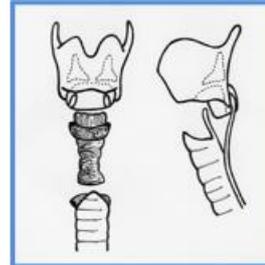
il tipo D comporta la rimozione dell'arco cricoideo anteriore e della porzione posteriore della cartilagine cricoide fino al suo limite superiore, con successivo inserimento di un innesto costale ed esecuzione di un'anastomosi tireo-cricotracheale utilizzando un lembo della pars membranacea tracheale come descritto per il tipo C. <sup>1</sup>



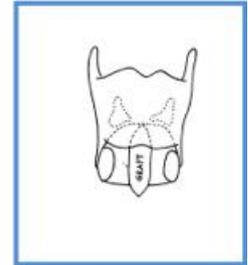
TIPO A



TIPO B



TIPO C



TIPO D

### **3. RISULTATI**

Sono state analizzate tutte le complicanze mediche e chirurgiche successive all'intervento chirurgico di PCTRA e di TRA, nonché la loro gestione.

Inoltre, è stato calcolato il tasso di complicanze come percentuale di pazienti che hanno sviluppato un evento postoperatorio richiedente un trattamento aggiuntivo.

Infine, sono stati analizzati i tre endpoint principali, di seguito elencati:

1. Efficacia di PCTRA e TRA nel trattamento dell'LTS (utilizzando la percentuale di pazienti con pervietà delle vie aeree per LTS non neoplastiche e il controllo locale a 5 anni come il proxy del successo dell'intervento chirurgico per le lesioni neoplastiche);
2. Identificazione dei fattori di rischio per lo sviluppo di complicanze postoperatorie che richiedono trattamenti aggiuntivi;
3. Impatto delle complicanze sul tasso di decannulazione, sulla durata del ricovero, sulla recidiva della stenosi e sul numero dei trattamenti aggiuntivi.

Nell'analisi statistica sono stati presi in considerazione l'età del paziente, il sesso, le comorbidità, eventuali trattamenti precedenti, i punteggi di classificazione Myer-Cotton ed ELS, la tracheotomia preoperatoria, la durata della resezione e l'eziologia della LTS. Questi parametri sono stati analizzati per trovare una correlazione con l'insorgenza delle complicanze.

Inoltre, si è visto che la presenza di complicanze era correlata alla decannulazione, al tempo necessario alla decannulazione, alla necessità di trattamenti aggiuntivi e alla restenosi.<sup>1</sup>

Le differenze nella distribuzione dei dati categoriali tra i gruppi sono state testate mediante  $\chi^2$  o il test esatto di Fisher, a seconda dei casi. Le differenze nelle variabili continue tra i gruppi sono state testate utilizzando il T-Test di Student.

È stato costruito un modello di regressione logistica multinomiale per testare i predittori di complicanze. Un p-value <0,05 è stato considerato significativo. L'analisi dei dati è stata effettuata utilizzando il programma statistico SPSS (SPSS, v. 24, IBM, Armonk NY, USA).<sup>1</sup>

Sono stati inclusi nello studio su cui verte questa tesi di laurea 267 pazienti (129 femmine; età media, 51,5±17,7 anni; range, 17-86).

L'eziologia iatrogena della LTS è stata la più frequente (54,3%).

Settantuno pazienti (26,6%) presentavano stenosi neoplastiche (tabella 1). Per la coorte oncologica, il tasso di controllo locale a 5 anni era dell'83,1%, poiché 12 pazienti (16,9%) presentavano una recidiva locale del tumore.

Quasi la metà dei pazienti (47,9%) presentava almeno una comorbidità ed erano stati sottoposti ad almeno una procedura prima di TRA/PCTRA (52,5%).

Oltre la metà dei pazienti presentava stenosi complessa e di alto grado (52,1% con un punteggio ELS ≥IIIb).

La tracheotomia preoperatoria era presente nel 21,3% dei pazienti.

La tecnica chirurgica più frequentemente eseguita (39%) è stata la procedura di tipo B.<sup>1</sup>

Per quel che riguarda le complicanze postoperatorie dopo PCTRA o TRA, si è visto che 102 pazienti (38,2%) ne hanno sviluppata almeno una, mentre 17 pazienti (6,4%) hanno avuto due eventi avversi postoperatori. La maggior parte dei pazienti in questo sottogruppo (n=77, 75,5%) ha sviluppato una complicanza chirurgica, mentre 10 (9,8%) hanno riportato una complicanza medica.

La complicanza chirurgica più frequente è stata l'edema laringeo, che ha richiesto l'esecuzione di una tracheotomia in 4 pazienti e la reintubazione in 2 pazienti (Tabella 2).<sup>1</sup>

La seconda complicanza più frequente è stata la deiscenza anastomotica (24 eventi) che ha sempre richiesto una revisione chirurgica, seguita da paralisi delle corde vocali unilaterale (18 eventi) in cui è stato seguito in tutti i casi un approccio attendista.

La complicanza medica più frequente è stata la disfagia (4 eventi) che ha richiesto la riabilitazione della deglutizione in tutti i casi e la tracheotomia temporanea in 2 pazienti.

La maggior parte degli eventi avversi riscontrati in questa serie sono stati classificati come Clavien-Dindo Grado IIIb, richiedendo quindi una gestione chirurgica in anestesia generale (Tabella 3).<sup>1</sup>

Diciassette pazienti hanno manifestato più di una complicanza: 7 (41,2%) hanno presentato restenosi, che ha richiesto un trattamento endoscopico in tutti i casi.

Un paziente è stato sottoposto a rimozione endoscopica del tessuto di granulazione, mentre un altro è stato sottoposto a riduzione endoscopica dell'edema aritenoide bilaterale.

Un paziente ha richiesto un intervento di revisione a cielo aperto per emorragia postoperatoria, mentre un altro, affetto da stenosi neoplastica, ha sviluppato una fistola esofagea, che è stata riparata con un lembo radiale libero dell'avambraccio. Quest'ultimo presentava anche restenosi, che è stata trattata con successo con dilatazioni endoscopiche e iniezione di cortisone e mitomicina C.<sup>1</sup>

Per quanto concerne l'impatto della stenosi e delle caratteristiche del paziente sull'insorgenza di complicanze postoperatorie, il sistema di classificazione ELS è stato in grado di predire con successo l'insorgenza di complicanze, poiché i pazienti con un

punteggio ELS  $\geq$ IIIb hanno avuto un numero significativamente maggiore di complicanze rispetto a quelli con un punteggio ELS  $\leq$ IIIa+ (51,5% vs. 30,1%,  $p=0,003$ ).

Il tasso di complicanze variava a seconda dell'eziologia della LTS: era più alto nei pazienti con malattia autoimmune (60%), seguito da quelli con eziologia idiopatica (52,4%). Questi pazienti hanno avuto un tasso di complicanze significativamente più alto rispetto alle stenosi neoplastiche (31%,  $p=0,039$ ), come mostrato nella Figura 2.

Anche il tipo di intervento chirurgico eseguito ha avuto un impatto sull'insorgenza delle complicanze. La sola resezione degli anelli tracheali, seguita da anastomosi tracheo-tracheale (Tipo A1) o crico-tracheale (Tipo A2), è stata associata a un numero significativamente inferiore di complicanze rispetto ad altri tipi di procedure (Tipo A, 24,7% vs. Tipo B, 45,6% [ $p=0,002$ ] rispetto al tipo C, 45% [ $p=0,01$ ] rispetto al tipo D, 75% [ $p=0,03$ ]). D'altra parte, non è stata notata alcuna differenza statisticamente significativa tra le procedure di tipo B-C-D (Figura 3).

I pazienti con comorbidità sistemiche hanno avuto più complicazioni rispetto a quelli senza (49,4% vs. 33,7%,  $p=0,02$ ).

I pazienti con LTS che coinvolge più di un sottosito delle vie aeree hanno avuto più complicazioni rispetto a quelli con stenosi confinata ad un unico tratto delle vie aeree (48% vs. 31,3%,  $p=0,018$ ).

L'insorgenza di complicanze non era correlata al sesso dei pazienti ( $p=0,23$ ), all'età ( $p=0,37$ ), ai trattamenti precedenti ( $p=0,44$ ), alla necessità di rilascio infra- o sopraioide ( $p=0,6$ ), alla presenza di tracheotomia preoperatoria ( $p=0,44$ ), al sistema di classificazione Myer-Cotton (Grado II vs III-IV,  $p=0,09$ ) e alla lunghezza della resezione ( $p=0,43$ ).

All'analisi multivariata, comprendente età, sesso, presenza di comorbidità e caratteristiche della LTS, il principale fattore predittivo di qualsiasi tipo di

complicanza era la presenza di comorbidità ( $p=0,018$ ); un ulteriore parametro rilevante è stato il numero di sottositi coinvolti ( $p=0,045$ ) (Tabella 4).<sup>1</sup>

Considerando l'impatto delle complicanze sul decorso postoperatorio, complessivamente, il 26% dei pazienti necessitava di almeno un trattamento aggiuntivo dopo PCTRA/TRA.

I pazienti che presentavano complicanze avevano bisogno di un intervento chirurgico aggiuntivo più frequentemente rispetto a quelli senza (70,1% contro 29,9%,  $p<0,001$ ) e avevano tempi di ospedalizzazione più lunghi ( $20\pm 10,9$  contro  $11,3\pm 4,1$  giorni,  $p<0,001$ ).

Inoltre, 6 su 102 pazienti (5,9%) con complicanze postoperatorie presentavano restenosi, mentre questo evento non si è verificato tra i pazienti senza problemi postoperatori.

Il tasso complessivo di decannulazione è stato del 96,4%, poiché 54 su 56 pazienti con tracheotomia preoperatoria sono stati decannulati. Il verificarsi di complicanze non ha influenzato il tasso di decannulazione ( $p=0,2$ ), il tempo alla decannulazione ( $p=0,2$ ) o il numero di trattamenti aggiuntivi ( $p=0,7$ ). Il tasso di pervietà delle vie aeree dopo PCTRA/TRA era del 96,3%, poiché 257 dei 267 pazienti all'ultimo follow-up avevano vie aeree pervie ed erano privi di dispnea durante la normale attività fisica.

Infine, un singolo decesso postoperatorio si è verificato a causa di un infarto del miocardio in 5<sup>a</sup> giornata postoperatoria in un paziente con comorbidità sistemiche preoperatorie che è stato sottoposto a PCTRA di tipo B per un LTS ELS IIIb+.<sup>1</sup>

#### **4. DISCUSSIONE**

Le stenosi laringotracheali complesse di grado elevato e intermedio rappresentano una sfida chirurgica significativa.

I nostri dati mostrano che sia PCTRA che TRA sono efficaci nel trattamento di queste condizioni, curando con successo quasi tutti i pazienti, con un basso tasso di recidiva di stenosi.

Considerando i tumori della giunzione crico-tracheale, queste procedure rappresentano definitivamente una valida strategia chirurgica di conservazione dell'organo.

Anche se l'ampia varietà di differenti istotipi trattati in questa serie preclude ulteriori considerazioni a questo livello, il tasso di controllo locale a 5 anni dell'83,1% è conforme ai dati pubblicati in altri studi. D'altra parte, le complicanze sono state relativamente frequenti, interessando più di un terzo dei pazienti. A questo proposito, il presente studio ha permesso di identificare uno specifico profilo di rischio, che include fattori correlati sia al paziente che alla stenosi.

I nostri dati, infatti, hanno evidenziato una forte influenza delle comorbidità sull'insorgenza delle complicanze postoperatorie.

Inoltre, i pazienti con estensione sottoglottica, e quindi che richiedono PCTRA di tipo B, C o D, sono più inclini a sperimentare complicazioni.

Altri fattori che dovrebbero essere presi in considerazione quando si valutano i pazienti con LTS sono il grado di stenosi, l'eziologia e il numero di siti secondari coinvolti.

Questi risultati erano attesi, poiché PCTRA e TRA sono considerati interventi chirurgici complessi, con un rischio sostanziale di complicanze postoperatorie. Il tasso complessivo di complicanze descritte in letteratura varia dal 15% al 39%, il che è coerente con i nostri risultati.

Questi interventi chirurgici possono comportare anche complicazioni pericolose per la vita, causate principalmente dalla deiscenza anastomotica, descritta fino al 10% dei casi in letteratura.

Nella nostra coorte, questa complicanza si è verificata nell'8,6% dei pazienti, una proporzione paragonabile alla maggioranza di casi simili.

Tuttavia, la maggior parte delle complicanze chirurgiche osservate nella nostra coorte erano minori e gestite per lo più per via endoscopica.

Anche se le complicanze mediche erano meno frequenti rispetto a quelle chirurgiche, il loro trattamento richiedeva spesso alcuni giorni di ricovero in terapia intensiva o una tracheotomia temporanea.<sup>1</sup>

Il verificarsi di più complicanze è stato un evento raro, rappresentato nella maggior parte dei casi dalla recidiva della stenosi.

Questi dati rispecchiano i risultati di una delle più grandi serie di pazienti sottoposti a PCTRA e TRA (n=901).

In effetti, la recidiva di stenosi di alto grado a seguito di queste procedure sembra essere ancora significativamente inferiore al tasso di recidiva osservato dopo approcci puramente endoscopici.

Inoltre, piccole procedure endoscopiche aggiuntive sono state sufficienti per assicurare una pervietà delle vie aeree in tutti i casi di restenosi nella nostra coorte di pazienti.

I dati attuali mostrano che il verificarsi di complicanze è rilevante perché comportano un rischio di ospedalizzazione prolungata e sono associate alla necessità di un'ulteriore revisione chirurgica.

Pertanto, evitare l'insorgenza di complicanze dovrebbe essere fondamentale per ridurre i costi complessivi della procedura, migliorando significativamente la qualità di vita dei pazienti.

Complessivamente, questi dati evidenziano che la valutazione preoperatoria è fondamentale per garantire il successo procedurale.

Tra gli strumenti che i chirurghi delle vie aeree possono utilizzare durante la valutazione dei pazienti, i sistemi di punteggio possono svolgere un ruolo rilevante. Infatti, la capacità predittiva del sistema di classificazione ELS su complicanze, decannulazione e necessità di trattamenti aggiuntivi è già stata testata in due studi multicentrici che hanno coinvolto pazienti sia adulti che pediatrici.

Tuttavia, questo metodo non può essere applicato alle stenosi oncologiche; in questo contesto, la valutazione del coinvolgimento sottoglottico potrebbe fungere da proxy.

Esaminando la possibile differenza tra le varie eziologie di LTS, si è visto che le stenosi idiopatiche e autoimmuni hanno mostrato una tendenza alla recidiva più elevata rispetto alle altre, come quelle iatrogene e correlate al tumore.

In realtà, è stata descritta la presenza di infiammazione nel tessuto cicatriziale di pazienti con stenosi idiopatica, ed è stato ipotizzato che l'infiammazione persistente, che può essere esacerbata da manovre chirurgiche, possa favorire il perpetuarsi dei meccanismi alla base della stenosi.

Inoltre, è stato ipotizzato che anche le vie ormonali possano svolgere un ruolo nella recidiva della stenosi, ma questa scoperta non ha ancora mostrato un impatto traslazionale.

È stato anche evidenziato che circa il 75% dei pazienti affetti da granulomatosi con poliangioite necessita di un trattamento aggiuntivo dopo la ricostruzione delle vie aeree a cielo aperto.

Trovare un modo per spegnere l'infiammazione potrebbe essere indagato come approccio per ridurre le recidive di LTS in questo gruppo di pazienti.

Infine, come già suggerito da Wright e colleghi, i pazienti con coinvolgimento sottoglottico hanno più frequentemente affrontato complicanze rispetto a quelli che

richiedevano una resezione tracheale pura (TRA tipi A1 e A2 secondo il nostro sistema di classificazione).

In effetti, l'area sottoglottica rappresenta un particolare sottosito della laringe e il suo diverso calibro, l'epitelio di transizione, la vicinanza alle corde vocali e i nervi laringei ricorrenti, rendono l'intervento chirurgico in questa regione particolarmente impegnativo.

Di conseguenza, l'insorgenza delle complicanze dipendeva dal tipo di intervento chirurgico eseguito. Al contrario, la durata della resezione delle vie aeree non ha influito sull'insorgenza di complicanze.

Infatti, la resezione tracheale pura ha avuto un tasso di complicanze inferiore rispetto a quelle che coinvolgono la sottoglottide, indipendentemente dalla lunghezza complessiva della resezione.<sup>1</sup>

Questo studio non è senza limitazioni. Come ogni studio multicentrico retrospettivo, può essere influenzato da una serie di pregiudizi, anche se questi tre centri di riferimento condividono una strategia comune di gestione delle vie aeree e la comunicazione costante tra i ricercatori locali ha assicurato che i pazienti fossero analizzati e trattati nel modo più omogeneo possibile.

Un'altra limitazione è rappresentata dall'inclusione di pazienti trattati per un periodo di tempo prolungato, durante il quale le tecniche PCTRA/TRA, così come il work-up diagnostico e lo stesso sistema di punteggio, si sono progressivamente evolute. Infine, non è stato possibile classificare le stenosi oncologiche utilizzando i sistemi di punteggio Myer-Cotton o ELS, limitando così la nostra comprensione di tali valutazioni in questo specifico sottogruppo di pazienti.<sup>1</sup>

## **5. CONCLUSIONI**

PCTRA e TRA sono altamente efficaci nel ripristinare la pervietà delle vie aeree in pazienti affetti da LTS di diversa origine, anche se gravati da un alto tasso di complicanze che possono, a loro volta, essere associate a degenze ospedaliere più lunghe o alla necessità di ulteriori interventi chirurgici.

La conoscenza dei fattori di rischio predisponenti potrebbe aiutare i chirurghi durante la pianificazione e la consulenza preoperatoria, in modo tale da essere preparati ad ogni evenienza e in modo tale da adeguare le aspettative preoperatorie dei pazienti.<sup>1</sup>

## 6. APPENDICE

### TABELLE

**Tabella 1.** Distribuzione dei pazienti in base al sesso, all'eziologia e al grado della stenosi, alla presenza di comorbidità, alla tracheotomia preoperatoria, al trattamento precedente e al tipo di intervento chirurgico eseguito.

(ELS, Società Laringologica Europea; PCTRA, resezione crico-tracheale parziale e anastomosi; TRA, resezione tracheale e anastomosi)

Variable	Number (%)
<b>Gender</b>	
Male	138 (51.7)
Female	129 (48.3)
<b>Etiology</b>	
Iatrogenic	145 (54.3)
Idiopathic	42 (15.7)
Neoplastic*	71 (26.6)
Autoimmune	5 (1.9)
Congenital	4 (1.5)
<b>Comorbidities</b>	
Airway	63 (23.6)
Other medical	81 (30.3)
<b>Preoperative tracheotomy</b>	56 (21.3)
<b>Previous treatment(s)</b>	138 (52.5)
<b>Stenosis grade (Myer-Cotton)</b>	
Grade II	48 (25.0)
Grade III	129 (67.2)
Grade IV	15 (7.8)
<b>ELS score</b>	
≤IIIa+	92 (47.9)
≥IIIb	100 (52.1)
<b>Type of PCTRA/TRA performed</b>	
Type A	97 (36.7)
Type B	103 (39.0)
Type C	60 (22.7)
Type	4 (1.5)

Legenda: \*Le stenosi neoplastiche erano dovute a tumori della tiroide infiltrati nelle vie aeree (n=31), condrosarcomi (n=23), tumori delle ghiandole salivari (n=4), carcinomi squamocellulari della trachea (n=4), metastasi a distanza tiroidee (n=4), metastasi ai linfonodi paratracheali (n=5).

**Tabella 2.** Lista delle complicanze chirurgiche e mediche e loro trattamento, quando necessario.

<b>Surgical complication</b>		<b>Treatment</b>
Laryngeal edema	29	Intubation 2; Tracheotomy 4;
Anastomosis dehiscence	24	Revision surgery 24; Tracheotomy 2
Unilateral recurrence palsy	18	Wait and see
Granulation tissue	10	Endoscopic removal 5; Steroids injection 6
Hemorrhage	5	Revision surgery 5
Endolaryngeal hematoma	3	Wait and see
Neck hematoma	1	Revision surgery
Bilateral vocal fold palsy	3	Tracheotomy 3
Fibrin deposition	2	Endoscopic removal
Pneumothorax	2	Pleural drainage
Cartilage necrosis	1	Wait and see
Delayed wound healing	2	Wait and see
Laryngospasm with cervical emphysema	1	Tracheotomy
Tracheomalacia	1	Revision surgery and stenting
Neck abscess	1	Surgical drainage
<b>Type of medical complication</b>	<b>N</b>	<b>Treatment</b>
Dysphagia	4	Swallowing rehabilitation 4; Tracheotomy due to aspiration 2;
Pneumonia	2	Antibiotics 2
Pulmonary edema	1	Intubation
Pulmonary insufficiency	4	Intubation 2; Positive pressure ventilation 2
Myocardial infarction	1	Medical treatment
Cardiorespiratory arrest	2	Resuscitation with intubation 1; Tracheotomy 1
Atrial fibrillation	1	Cardioversion

**Tabella 3.** Distribuzione della severità della prima complicanza chirurgica o medica in base alla classificazione di Clavien-Dindo.

Type of complication	Severity of complication						Total number (%)
	I	II	IIIa	IIIb	IV	V	
Surgical only	21	3	4	45	4	/	77 (75.5)
Medical only	/	4	/	/	5	1	10 (9.8)
Surgical and medical	/	1	1	12	1	/	15 (14.7)
<b>Total number (percent)</b>	21 (20.6)	8 (7.8)	5 (4.9)	57 (55.9)	10 (9.8)	1 (1.0)	102 (100.0)

**Tabella 4.** Analisi multivariata dei fattori predittivi l'insorgenza di complicanze.

Variables	OR	95% CI	P-value
Gender (male)	1.938	0.99 – 3.792	0.053
Age (median)	1.163	0.61 – 2.215	0.647
Presence of comorbidities	2.272	1.149 – 4.491	<b>0.018</b>
Laryngotracheal release	1.409	0.733 – 2.709	0.304
Two involved subsites	2.685	0.581 - 12.405	0.206
Three involved subsites	5.048	1.035 – 24.617	<b>0.045</b>

## 7. BIBLIOGRAFIA

1. *Risk factors analysis of complications following partial crico-tracheal and tracheal resection and anastomosis: A multicentric study.*
2. Aimee Almanzar, A. & Danckers Affiliations, M. *Laryngotracheal Stenosis Continuing Education Activity.*  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK554561/?report=printable>.
3. Filauro, M., Mazzola, F., Missale, F., Canevari, F. R. & Peretti, G. Endoscopic Preoperative Assessment, Classification of Stenosis, Decision-Making. *Frontiers in Pediatrics* vol. 7 (2020).
4. Monnier, P. *et al. Pediatric airway surgery: Management of laryngotracheal stenosis in infants and children. Pediatric Airway Surgery: Management of Laryngotracheal Stenosis in Infants and Children* (Springer Berlin Heidelberg, 2011). doi:10.1007/978-3-642-13535-4.
5. Piazza, C. *et al.* Long-term intubation and high rate of tracheostomy in COVID-19 patients might determine an unprecedented increase of airway stenoses: a call to action from the European Laryngological Society. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology* vol. 278 (2021).