

GUIDELINES

Recommendations for airway control and difficult airway management in thoracic anesthesia and lung separation procedures

G. MERLI, A. GUARINO, G. DELLA ROCCA, G. FROVA, F. PETRINI, M. SORBELLO, C. COCCIA

in cooperation with SIAARTI Studying Group on Difficult Airway*

*A. ACCORSI, E. ADRARIO, F. AGRO, G. AMICUCCI, M. ANTONELLI, F. AZZERI, S. BARONCINI, G. BETTELLI, F. BIOLCATI, C. CAFAGGI, D. CATTANO, E. CHINELLI, T. COLLAVO, U. CORBANESE, R. CORSO, G. DELLA ROCCA, A. DI FILIPPO, I. DI GIACINTO, P. DONATO, E. FACCO, R. FAVARO, F. FERRARO, G. FINCO, G. FROVA, D. GALANTE, L. GATTINONI, F. GIUNTA, G. GIURATI, F. GIUSTI, A. GUARINO, E. IANNUZZI, G. IVANI, G. LEDDA, A. MARCHI, V. MATTIOLI, M. MENARINI, G. MERLI, L. MICELI, E. MONDELLO, M. MOROSI, M. OLIGERI, F. PALA, B. PESETTI, F. PETRINI, A. PIGNA, G. PITTONI, D. RIPAMONTI, G. ROSA, R. ROSI, I. SALVO, E. SANTANGELO, A. SARTI, M. SCOPONI, G. SERAFINI, M. SORBELLO, F. TANA, R. TUFANO, S. VESCONI, A. VILLANI, M. ZAULI

Difficult airway management is a core topic for all anesthesiologists; in fact, several International Scientific Societies provided guidelines dedicated specifically to this topic,¹⁻⁶ including the recent publication “Recommendations for airway control and difficult airway management”, edited by the SIAARTI Difficult Airways Studying Group.^{7,8}

The identification of general principles in the evaluation of difficulties and the knowledge of common behavioral schemes, deriving from experience and from the consensus of expert physicians, represents the necessary and correct approach to anesthesiological practice. Interestingly, every specialized branch of anesthesia deals with specific clinical problems, whose solutions elaborate the general and well-known principles of airway management. The same holds true for thoracic anesthesia, where the need of lung separation (LS) and one-lung ventilation (OLV), the use of dedicated devices, and the physiopathological consequences of surgical procedures with an open or closed chest wall amplify the difficulties and require advanced procedures in airway control. Moreover, it is clear that just the basic airway management is difficult in this context, especially if only occasionally prac-

ticed, and requires specific knowledge. Lastly, these difficulties can become exacerbated when patients with characteristics of difficult airways have to be treated.

The aim of this paper is to examine all clinical situations occurring during airway management in thoracic anesthesia and LS procedures, in both basic and difficult conditions. In this field, evidence-based medicine actually does not allow the drawing up of dedicated guidelines; therefore, different strategies and clinical approaches, based upon widespread knowledge and specific experiences and skills in using the technologies and the devices actually available, will be analyzed.

The relevance of the problem

There is a wealth of scientific literature analyzing the incidence of difficult airways management in general surgery or within some specialist surgical fields (like obstetrics). Only a few studies have addressed these events in thoracic anesthesia and LS procedures. The “National Confidential Enquiry into Perioperative Deaths” reports, in cases of patients admitted to esophageal and gastric resection and deceased, a 30% incidence of com-

TABLE I.— *Indications for one-lung ventilation: classification according to classes of precedence.*

| | |
|--|---|
| <p>Absolute: prevention of complications <i>quoad vitam</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Protection of one lung from a contralateral disease <ul style="list-style-type: none"> — massive hemorrhage — infections 2. Control of ventilation distribution <ul style="list-style-type: none"> — bronchopleural fistula — bronchopleurocutaneous fistula — surgical opening of major airways — lung unilateral giant cysts or bulla — serious lacerations of tracheobronchial tree — severe hypoxemia due to unilateral pneumopathy 3. Bronchopulmonary unilateral lavage <ul style="list-style-type: none"> — pulmonary alveolar proteinosis | <p>Relative: need of surgical exposure</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Surgical exposure - high priority <ul style="list-style-type: none"> — video-assisted thoracoscopy — thoracic aorta aneurysmectomy — pneumonectomy — right superior lobectomy — mediastinal exposure 2. Surgical exposure - low priority <ul style="list-style-type: none"> — medium and inferior lobectomy, sub-segmental resection — esophageal surgery — surgery of dorsal spine 3. Removal of pulmonary blood clots |
|--|---|

TABLE II.— *Airway management in thoracic anesthesia and lung separation procedures: mandatory devices.*

| |
|---|
| <p>SIAARTI Recommendations (2005): mandatory devices</p> <ul style="list-style-type: none"> — Conventional rigid laryngoscope with medium and long curved blades — Cuffed endotracheal tubes, variously sized — Tube stylet, short and malleable — Introducer catheter (preferably hollow) — Magill forceps — LMA™ or other experienced extra-glottis device — 15 G cannula for cricothyroid membrane puncture — Percutaneous cricothyrotomy set (preferably according to Seldinger technique) <p>Airway management during one lung ventilation: additional mandatory devices</p> <ul style="list-style-type: none"> — Double lumen tubes, variously sized — Bronchial blockers and/or Univent Torque Control Blocker™ — Malleable double lumen tube stylet — Airway exchange catheters (sizes 11 Fr and 14 Fr) — Hollow and extra-long introducer catheter — Fiberoptic bronchoscope with light source |
|---|

plicated management of the double lumen tube (DLT) with consequent prolonged periods of hypoxemia and hypoventilation, but without any reported use of advanced instruments such as the fiberoptic bronchoscope (FOB).⁹ In the wider survey of 1,170 consecutive patients submitted to DLT intubation, difficulty was reported in 2.6% of cases.¹⁰

DLT intubation or bronchial blocker (BB) positioning is a complex maneuver because of several factors:¹¹

- the devices used for selective intubation and LS, particularly DLTs and BBs, have intrinsic characteristics that make their use more complex and

subject to particular complications. They request specialist training and experience;

- airway control is often achieved and easily monitored when advanced instruments, like the FOB, are used skillfully;

- recent scientific literature is not able to supply sufficient evidence to allow the elaboration of guidelines or to provide absolute clinical indications.

Indications to one lung ventilation

OLV is indicated not only to permit surgical procedures on deep thoracic structures, otherwise not easily accessible, but also when it is necessary to protect the healthy lung from the contamination of contralateral pathologic processes.¹²

OLV is absolutely indicated when it is needed to prevent dangerous complications for the life of the patient, as during massive hemorrhages, spread of contaminating materials or massive air leaks.¹²⁻¹⁶

Surgical exposure is considered as a relative indication to LS and OLV, but many other factors can be included in the global clinical evaluation and contribute to modify the previous ones¹⁷⁻³² (Table I).

Devices and basic airways management

The devices used in airway management that are considered absolutely necessary by SIAARTI Recommendations must be integrated with more devices and instruments specific for LS and OLV (Table II).

Double lumen tube

Red rubber DLTs (Carlens, White and Robertshaw) could be sterilized and reused, but they are today considered obsolete because of their intrinsic features:

- stiffness;
- low volume-high pressure asymmetrically shaped cuffs;
- oval-sectioned and small-dimensioned lumen (“D” shaped in the Robertshaw DLT);
- potentially high tissue traumatism;
- not latex-free.

The stiffness of constructive materials, the presence of a rigid carenal hook (in Carlens and White DLTs) and the elevated pressures exerted upon mucosa by the cuffs are all potential causes of tissue traumatism. Moreover, the constructive characteristics are responsible for an oval inner lumen that is not uniformly shaped and that is small when compared to the whole external diameter of the DLT. This causes high resistances to air flow during ventilation and difficulty in intralumen suctioning.

Currently used DLTs (left, right, with or without carenal hook) can be used only once and are characterized by:

- PVC constructed;
- clear lumen (blue at the bronchial cuff and tip);
- wide “D” shaped lumen (with a favorable relationship between inner diameter [ID], and outer diameter [OD]);
- variously shaped high volume-low pressure cuffs (round, fusiform, barrel shaped, etc.).

They are produced in several sizes (26, 28, 32, 35, 37, 39, 41 Ch/Fr) with some differences among producers (Mallinkrodt-Tyco, Portex-Smiths, Rusch-Teleflex, Hudson-Teleflex).¹⁶

DLT sizes are expressed in Charriere (Ch) or French (Fr): these are measures of circumference and not of diameter. There is not a complete correspondence between the ODs if expressed in Ch/Fr or in millimeters (conversion formula is: $\text{Ch}/3,14$ or $\text{Fr}/3 = \text{OD}$ expressed in millimeters). This is probably related to the DLT's shape, which is not round but oval, with a lateral diameter greater than the antero-posterior one. Moreover, commercially available products can present with the

same Ch/Fr number, but with significant differences in ODs if expressed in millimeters.

Variations exist also in the cuff-tip length among different manufacturers even for the same nominal size of DLT.^{33, 34}

The International Organization for Standardization is actually developing a standard for DLTs in order to obtain from the manufacturer certain specification regarding tube size and length.³⁵

A PVC double-lumen tracheostomic cannula, left- or right-shaped, is available (Tracheopart, Rusch-Teleflex). It is indicated in tracheostomized or laryngectomized patients undergoing LS and OLV.

CHOICE OF DOUBLE LUMEN TUBE

Previously exposed reasons currently indicate PVC DLTs as the favorite choice in routine clinical use.

Among these issues, it is of the utmost importance to choose tubes without a carenal hook in order to reduce potential trauma during intubation and/or extubation maneuvers.

Most of the authors^{10, 12, 16} usually prefer a left-shaped DLT for procedures involving both the left and the right lungs. The indications for the use of a right-shaped DLT are currently reduced to a few pathologies involving the left main bronchus:

- lacerations;
- obstructions by intrinsic (tumors) or extrinsic (tumors, thoracic descending aorta aneurysms) origin;
- surgery involving the proximal tract of the left main bronchus.

Although many expert physicians emphasize a high degree of safety in the use of the right-shaped DLT,^{36, 37} the choice of this tube in routine procedures is limited by several factors:

- lower length of the right main stem bronchus compared to the left one and smaller average margin of safety between right (<9 mm) and left bronchus (16-19 mm).³⁸ The margin of safety is defined as the length of tracheobronchial tree over which a DLT can be moved or positioned without obstructing a conducting airway;
- origin of the right superior lobar bronchus next to the carena with a high incidence of anatomical abnormalities (and with increased risk of

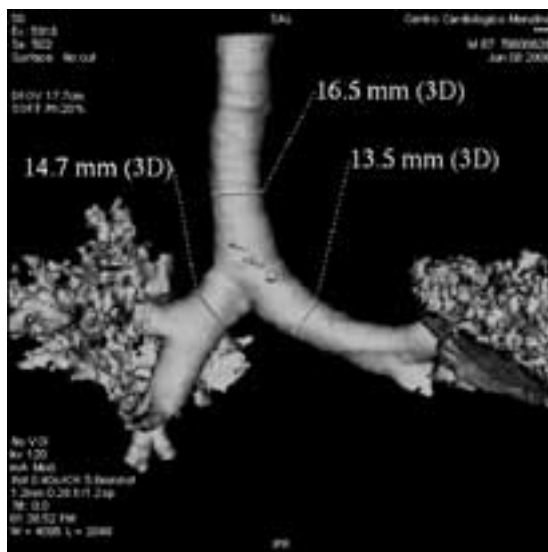


Figure 1.—CT scan 3D reconstruction of the tracheobronchial tree with the diameters of the distal trachea and main bronchi.

advancing along the trachea and entering the main bronchus without difficulty; one small air leak must be present when the cuff is deflated. Larger tubes could damage the airway and smaller tubes could be more easily displaced, obstructing a pulmonary lobe, usually the superior one, or failing to isolate effectively.¹⁰

As definite protocols do not exist, several methods have been proposed in order to determine the correct size of a DLT: radiological methods and formulas according to height and sex of the patient.

Radiological methods.—Direct measure of the diameter of trachea and/or left main bronchus examined on chest X-ray or computed tomography (CT) scan.

Radiological evaluations are performed on an inter-clavical axis and/or undercarrenal axis⁴⁰⁻⁴² (Figure 1).

The correlation between the diameters of the trachea and left main bronchus has been confirmed by recent studies based on CT scan, which have determined a 0.75 coefficient for males and a 0.77 coefficient for females.⁴³

Another radiological study has confirmed this correlation and helped in developing one formula for calculating the bronchial diameter when only the tracheal value is available:⁴⁴

ID left main bronchus (mm) = (0.45 x ID trachea) + 3.3 (mm).

CT scan studies are not generally used as an aid in the routine management of the airways: this aspect should be considered in agreement with radiologists, and it could be included in clinical protocols of preoperative radiological evaluation.⁴⁵ This approach is quite useful and allows the simultaneous study of the morphology and patency of the left main bronchus.⁴⁶⁻⁴⁸

obstruction and atelectasis of the right superior lobe);

- more difficult positioning;
- more elevated incidence of intraoperative displacement;
- absolute need of DLT substitution in case of postoperative ventilatory assistance.

SIZE OF DOUBLE LUMEN TUBE

Choosing a DLT that fits correctly requires a good knowledge of the airway anatomy of the patient, with particular attention to the size of the trachea and to the size and length of the main bronchus to be selectively intubated.³⁹ The optimally sized DLT is defined as the wider tube passing atraumatically through the glottis, easily

TABLE III.— Indications for double lumen tube choice according to the measures of trachea and left main bronchus.

| ID trachea (mm) | ID left bronchus (mm) | DLT (Ch/Fr) | OD DLT tracheal (mm) | OD DLT left bronchial (mm) |
|-----------------|-----------------------|-------------|----------------------|----------------------------|
| ≥18 | ≥12.2 | 41 | 14-15 | 10.6 |
| ≥16 | ≥10.9 | 39 | 13-14 | 10.1 |
| ≥15 | ≥10.2 | 37 | 13-14 | 10 |
| ≥14 | ≥9.5 | 35 | 12-13 | 9.5 |
| ≥12.5 | ≥8.5 | 32 | 10-11 | 8.3 |
| ≥11 | ≥7.5 | 28 | 9.4 | 7.4 |

DLT: double lumen tube; ID: inner diameter; OD: outer diameter.

TABLE IV.—*Indications for double lumen tubes choice according to anthropometric parameters.*

| Sex | Height (cm) | DLT (Ch/Fr) |
|---------|-------------|-------------|
| Females | <150 | 32 |
| | <160 | 35 |
| | >160 | 37 |
| Males | <160 | 37 |
| | <170 | 39 |
| | >170 | 41 |

DLT: double lumen tube.

TABLE V.—*Formulas used to calculate the double lumen tube correct depth of insertion.*

| Patient height (cm) | Depth of DLT insertion (cm) |
|--|-----------------------------|
| 170±10 cm | 28-29±1-1.5 cm |
| DLT depth of insertion (cm) = 12.5 + [0.1 x height (cm)] | |

DLT: double lumen tube.

In Table III IDs of trachea and main left bronchus are related to DLTs' ODs.⁴⁹

Formulas according to height and sex of the patient.—The correlation between anthropometric parameters and tracheal diameter is not constant.

A study has recently found one weak, but meaningful, correlation between height and bronchial diameter both in males and in females.⁴⁴

A method was proposed (Table IV) that can be applied to most people and that is based on the measure of the height of the patients, both male and female.⁵⁰

Another recent study suggests that the use of smaller than conventional DLTs could be associated with similar intraoperative outcomes and questions regarding the real optimal size of DLTs.⁵¹

INTUBATING TECHNIQUE

The DLT intubating maneuver is usually carried out with the Macintosh laryngoscope, which ensures a wide view of oropharyngeal structures thanks to its curved blade. A few descriptions of DLT intubations through other kinds of laryngoscopes are reported in the scientific literature: the GlideScope®,^{52, 53} the Bullard Laryngoscope®,⁵⁴ the WuScope®,⁵⁵ and some videostylets⁵⁶ are the most cited. The Airtraq, a new device, is recently specifically produced.

TABLE VI.—*Flow chart for double lumen tube correct intubating technique.*

- Choose the wider PVC DLT entering the airway
- Remove the bronchial stylet as the tip passes through the vocal folds
- Be extremely cautious with patients affected by tracheobronchial diseases, leukemia, hypoperfusion or under steroidal therapy
- Advance the DLT appropriately according to patient height
- Slowly inflate both cuffs
- Inflate the bronchial cuff with a 3-mL syringe (and so reduce the air volume potentially inflatable)
- Never overinflate cuffs: if more air is needed, adjust DLT positioning
- Use FOB in the control of correct DLT positioning
- When using N₂O, frequently measure cuff pressure and reduce it, if necessary. The inflating volume must always be the same and cuffs pressure must never exceed 30 cmH₂O
- Reduce the volume of both cuffs before moving the patient
- Deflate the bronchial cuff when LS and OLV are not necessary
- Consider the partial deflation of the cuffs when surgical maneuvers have recently been adjusted to the DLT cuffs' position, such as during esophageal surgery

DLT: double lumen tube; FOB: fiberoptics bronchoscope; LS: lung separation; OLV: one-lung ventilation.

The tube stylet, if used, must absolutely be removed when the tip of the DLT passes through the vocal folds, although varying and potentially dangerous behaviors are reported in the literature.⁵⁷ At this point, intubating can be accomplished according to the kind of DLT used, and the technique is accurately described in the literature.^{39, 58}

The correct depth of DLT insertion is directly related to the height of the patient,^{10, 59, 60} and the simpler formulas used to calculate this distance are reported in Table V.^{10, 61}

We must consider that the differences in the depth of insertion, usually 1 cm, can rise to 1.5 cm in case of subjects of shorter height, such as in the Asiatic population.⁶⁰

Inserting DLT until a moderate resistance is felt can lead to incorrect positioning, especially if the chosen tube is small in size.

DLT intubating techniques cannot ignore some fundamental recommendations necessary for better results with a lower complications rate (Table VI). As indicated in Table VI, direct aid with a FOB during DLT insertion or FOB control after DLT positioning can be considered a gold standard in selective intubation.

The choice of technique (blind or under direct vision), which depends upon the physicians' experience, is performed after a careful evaluation of the patient and can be influenced by the conditions of surgery, either elective or emergent.⁶²⁻⁶⁴

CONTROL OF DOUBLE LUMEN TUBE CORRECT POSITIONING

The evaluation of correct DLT positioning must always include both clinical and instrumental control: it is necessary to carry out these controls immediately after intubation, after lateral positioning of the patient, at the beginning of surgery and whenever an alteration of the respiratory steady state takes place.

Clinical Control.—Inspection and auscultation.

Patient inspection allows the observation of symmetrical expansion of the thorax during double lung ventilation (DLV) and the asymmetry between the two thoracic walls after selective tube clamping and OLV.

Thoracic auscultation must always evaluate respiratory sounds both apically and laterally, during DLV and OLV.

When the clinical examination during DLV is normal, selective tube clamping is performed, and OLV is begun: ventilation sounds should disappear in the excluded side while contralaterally maintained.

An asymmetric auscultation with absence of the respiratory sounds at the apex could indicate an excessive DLT introduction and the need of withdrawal. If a right DLT is used, the wrong positioning can cause hypoventilation of the right superior lobe.

Instrumental control.—ETCO₂, fiberoptic bronchoscopy and further monitoring.

ETCO₂ is a mandatory monitoring during every anesthesia procedure. In fact, ETCO₂ is a precise indicator of successful intubation, helps in the correct setting of mechanical ventilation, and implements hemodynamic monitoring. However, ETCO₂ variations are not considered an effective signal of incorrect DLT positioning or displacement.⁶⁵

Monitoring with a FOB is actually considered necessary in thoracic anesthesia and LS procedures. However, it cannot replace the clinical exam-

ination, which must always be carried out and of which the surgeons must be aware.^{10, 12, 16, 66-71} Bronchoscopy through DLT tracheal lumen allows the recognition of anatomical structures like the tracheal carina and the main bronchi, and it helps in verifying that the tip of the DLT, with the bronchial cuff, gets into the main bronchus. When a FOB is inserted inside the DLT bronchial lumen, we can verify the lack of obstruction (eventually caused by the DLT's distal tip), the right alignment inside the main bronchus and the correct inflation of the bronchial cuff without obstructing herniations.

A FOB can be used for repositioning an incorrectly inserted or displaced DLT.

The instrumental monitoring of ventilatory pressures and volumes at inspiration and expiration can supply more aid to the clinical evaluation. Only a small increase in insufflation pressure should follow the switching from DLV to OLV if the same inspiratory volumes are maintained. The peak pressure at insufflation should never exceed 40 cmH₂O.¹⁶

If peak airway pressure is too high after selective bronchial tube clamping and OLV, the DLT could be insufficiently inserted inside the bronchus with the bronchial cuff partially obstructing the inner part of the trachea. In such a case, the DLT should be gently advanced by 0.5 cm steps until airway pressures are normalized.

In case of peak airway pressure which is too high at tracheal tube clamping, the DLT could be too deeply inserted and obstruct the bronchus: its withdrawal by 0.5 cm steps is then necessary.

Spirometric curves, in particular the pressure/volume loop, are an interesting way of confirming correct DLT positioning. In case of DLT displacement, the air leak is clearly evidenced by a loop opening, while the increased resistive workload, due to the tracheal sub-obstruction exerted by bronchial cuff, is shown from the downward and rightward shifting of the curve (Figure 2).^{65, 72-75}

Pressure monitoring of cuffs can be useful because it reduces the incidence of mucosal both acute (by an over-distension mechanism) and chronic traumas, leading to post-ischemia stenosis. Otherwise, pressure monitoring can reveal a DLT displacement.⁶⁵

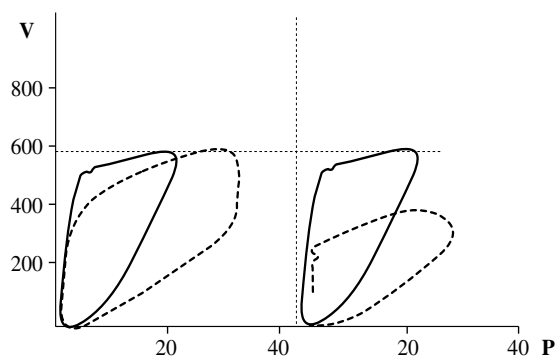


Figure 2.—Pressure/volume loop modifications after selective bronchial branch clamping in the case of DLT correct positioning and in the case of DLT displacement. P: pressure; V: volume.

COMPLICATIONS

The most frequent complications from DLTs are traumatism and displacements (Table VII).

Many other complications are known from daily clinical experience or are reported in the scientific literature. Two examples are the interference exerted by the DLT's bronchial tip with surgery and the difficulty in DLT removal due to accidental tube ligation with surgical stitches.

The incidence of the traumatism caused by DLTs is about 0.5-2/1,000 cases of intubation.

Factors that enhance this risk are N₂O use and an intrinsic weakness of the tracheo-bronchial wall. However, even careless management can play a primary role. In fact, even though red rubber DLTs are hardly ever used anymore, traumatism still occur, mostly due to choosing a tube that is the wrong size.

Cuff overinflation can cause serious consequences on both tracheal and bronchial mucosa.

Airway injuries can be evidenced by air leak, subcutaneous emphysema, hemorrhage inside the airways, and hemodynamic instability, due to the possibility of a hypertensive pneumothorax. If only the tracheal mucosa is torn, air can dissect the wall and produce an aneurysm of *pars membranacea*. N₂O can increasingly expand this collection of air. The injury markers can be underestimated for several hours after the trauma until the aneurysm rupture in the mediastinal or pleural spaces, with evidence of pneumomediastinum or pneumothorax.

When an injury of the tracheobronchial tree is

suspected, an early fiberoptic bronchoscopy is mandatory for diagnosing and decision-making regarding therapy, considering that an immediate surgical repair is often necessary to obtain a favorable prognosis. Conservative treatments are also possible in selected cases.

Fiberoptic bronchoscopy strongly helps in early diagnosis of airway injuries.

DLT displacement can be caused by several factors not depending upon intubating technique. Among them, surgical manipulations and bronchial cuff overdistension can cause an outward movement of the tube, while flexions and extensions of the head and of the neck can move the tip of the DLT at an average of 2.7 cm during flexion and 3.5 cm during extension.^{12, 16, 45, 49, 76-93}

Endobronchial tube

Endobronchial tubes (EBTs) are double cuffed-single lumen tubes used in the past for LS. Their use decreased almost completely, as EBTs were substituted with DLTs or endotracheal tubes (ETTs) plus BBs. Their main features are the single lumen similar to standard ETTs, the curved (rightward or leftward) shape, and the tracheal and bronchial cuffs.

PVC EBTs are commercially available (Rusch-Teleflex, Fuji-Phycon).

They have few indications in current clinical practice.

A reevaluation of the EBT's role has been proposed in particular clinical settings. In fact, the presence of a single lumen could permit an easier passage of a FOB or airway exchange catheter (AEC) during complex airway management maneuvers in the surgery of distal trachea and main bronchi. Furthermore, in dealing with difficult airways or emergency settings, EBTs could be easier to place than DLTs and protect the lungs more safely than BBs.⁹⁴

Bronchial blocker

BBs are devices used as an alternative to DLTs in order to allow LS and OLV. Specific for this employment are the Univent Torque Control Blocker (Fuji SC), the Arndt Wire-Guided Endobronchial Blocker (Cook), the Cohen Flexitip Endobronchial Blocker (Cook), the HS Endo-

TABLE VII.— *Complications associated with double lumen tube use.*

| Complications | Possible reasons |
|---|---|
| Difficult intubation | Difficult laryngoscopy (SIAARTI Recommendations) ⁷ |
| | Difficult Intubation (SIAARTI Recommendations) ⁷ |
| | Difficulty in DLT advancement |
| | — DLT is too large |
| | — Difficulty in carenal hook passage through vocal folds |
| | — Intrinsic/extrinsic airway obstruction |
| | Difficulty in correct positioning |
| | — DLT insufficiently advanced inside main bronchus |
| | — DLT excessively advanced inside main bronchus |
| | — DLT torsion |
| Displacement | — Positioning inside wrong bronchus |
| | — Herniation/laceration of bronchial and/or tracheal cuff |
| | — Bronchial tip backward folding |
| | Inadequate DLT management |
| | — Insufficient DLT fixing |
| | — Incorrect cuffs inflation |
| | — Overinflation of bronchial cuff |
| | Patient moving |
| | — Lateral positioning |
| | — Flexion and/or extension of the head |
| Trauma | Surgical manipulations during |
| | — Traction on pulmonary hilum |
| | — Carenal site surgery |
| | — Pneumonectomy |
| | — Lung transplantation |
| | Direct trauma due to: |
| | — Laryngoscope maneuvers |
| | — Use of stylets, introducer or airway exchange catheters |
| | — DLT that is too stiff (red rubber DLT) |
| | — Inadequately-sized DLT |
| — Presence of carenal hook | |
| — Overinflation of tracheal and/or bronchial cuff | |
| Hypoxemia, disventilation | Direct trauma made easier from intrinsic weakness of tracheo-bronchial structures due to: |
| | — Descending thoracic aorta and pulmonary artery aneurysm |
| | — Pulmonary and mediastinal tumors |
| | — Tracheomalacia |
| | — Chronic steroidal therapy |
| | DLT incorrect positioning |
| | Intraoperative displacement |
| | Airway injuries |
| | DLT incorrect positioning |
| | DLT displacement |
| Pulmonary contamination | Insufficiently sealing cuffs |
| | Interference with surgery |
| Interference with surgery | Compression/obstruction during surgical maneuvers |
| | Bronchial lumen stitched up with bronchus or with pulmonary vessels |

DLT: double lumen tube.

Blocker (Hospital Service), the Coopdech Endobronchial Blocker Tube (Portex-Smiths) and the Uniblocker (Fuji SC).

Other devices, created for different purposes, have also been widely used as BBs: the Fogarty Embolectomy Catheter, the Swan-Ganz pulmonary artery catheter, and the Foley bladder catheter,^{12, 15,}

16, 36, 37, 95-103 but these no longer have a place in the context of modern thoracic anesthesia.

With the exclusion of the Univent tube, all the other BBs are positioned endobronchially through the lumen of an ETT inserted from the mouth or from the nose or through one tracheostomy cannula.¹⁰⁴⁻¹⁰⁶

TABLE VIII.—*Main features of the most commonly used bronchial blockers.*

| Bronchial Blocker | Size | Length | Cuff | Cuff volume | Blocker lumen |
|---|---|--|--|--------------------------------------|------------------|
| Fogarty Embolectomy Catheter | Adults OD 6-8 Fr Children OD 2-5 Fr | 80 cm | HP-LV spherical | 0.2-3 mL | NO |
| Univent Torque Control Blocker | Adults ID 6-9 mm OD 9.7- 14.5 mm Children >6 years ID 3.5-4.5 mm OD 7.5-9 mm | Standard ETT + BB advancing as far as 10 cm | HP-LV spherical | 1-2 mL LB 4-8 mL MB 1-3 mL | ID 2 mm - |
| Arndt Wire-guided Endobronchial Blocker | Adults OD 7-9 Fr | 65-78 cm | HV-LP elliptical or spherical | 2-3 mL LB 5-8 mL MB | ID 1.4 mm |
| | Children OD 5 Fr | 65 cm | | 1-3 mL | ID 0.7 mm |
| Cohen Flextip Endobronchial Blocker | OD 9 Fr Flextip | 65 cm (3 cm flextip) | HV-LP “pear” shaped | 5-8 mL | ID 1.6 mm |
| HS Endoblocker | OD 9 Fr Angled tip | 60 cm | HV-LP spherical | 5-8 mL | ID 2 mm |
| Coopdech Endobronchial Blocker Tube | OD 9 Fr Angled tip | 60 cm | HV-LP “barrel” or “spin- dle” sha- ped | 5-8 mL | ID 2 mm |
| Uniblocker | Adults OD 9 Fr Angled tip | 66.5 cm | HV-LP spherical | 5-8 mL | ID 2 mm |
| | Children OD 4.5 Fr Angled tip | | | 1-3 mL | - |

OD: outer diameter; ID: inner diameter; HP: high pressure; HV: high volume; LP: low pressure; LV: low volume; LB: lobar bronchus; MB: main bronchus; ETT: endotracheal tube.

The Arndt Wire-Guided Endobronchial Blocker is inserted with the aid of a FOB, to which it is coupled through a dedicated wire-guide sliding inside the BB’s lumen, which must be removed after bronchial positioning.

The Cohen Flextip Endobronchial Blocker is equipped with a flexible 3 cm long tip, which facilitates correct endobronchial positioning thanks

to the flexion and rotation movements directed by an outer control wheel.

The Univent Torque Control Blocker is an ETT with an endowed BB sliding into an additional small lumen, incorporated inside the tube wall. The blocker can be completely retracted inside its lumen or advanced approximately 10 cm beyond the tip of the tube.

TABLE IX.—*Advantages and disadvantages of bronchial blockers compared with double lumen tubes.*

| Advantages | Disadvantages |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> — Intubated patient who needs OLV — Tracheostomized patient who needs OLV — Nasal intubation — Patient with difficult airways who needs OLV — Rapid sequence induction/intubation in a patient who needs OLV — Unnecessary postoperative tube substitution in case of ventilator assistance or conditions which make extubation a risk (like postoperative soft tissue edema, etc.) — Possible use in case of small bronchi — Selective lobar block — LS in younger pediatric patients (non-existent adequately sized DLTs) | <ul style="list-style-type: none"> — Time of positioning longer than with conventional DLT intubation — Expert use of FOB — Longer time to obtain unilateral pulmonary collapse (the use of selective aspiration is reported) — Difficulty in secretion suctioning — Lack of safety in case of unexpected and sudden intraoperative hemorrhage — Unsafeness in case of contralateral lung disease at risk for purulent or hemorrhagic contamination — Displacement |
| <p style="text-align: center;">OLV: one-lung ventilation; DLT: double lumen tube; FOB: fiber optics bronchoscope; LS: lung separation.</p> | |

TABLE X.—*Advantages and disadvantages of routine fiber optics bronchoscope use in thoracic anesthesia.*

| Advantages | Disadvantages |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> — Control of DLT positioning — Helpful in positioning both right and left DLT — Precise positioning in particular clinical situations (fistulas, tumors, etc.) — BB positioning — Intraoperative monitoring and diagnosis — Blood and secretion suctioning — Postoperative control of tracheobronchial injuries — Helpful when physicians have poor clinical experience — Training in FOB use is useful for the management of future difficulties | <ul style="list-style-type: none"> — Instrument availability and cost — Availability of instruments in small pediatric sizes — Learning curve — Mucosal injuries — Infections |
| <p style="text-align: center;">DLT: double lumen tube; BB: bronchial blocker; FOB: fiber optics bronchoscope.</p> | |

It must be emphasized that the use of FOB is necessary for correct positioning of BBs (approximately 0.5-1 cm endobronchially beyond the carenal axis) and for the exclusion of intraoperative displacements (due to position changes, to surgical manipulations, etc.).

Before inserting one BB, we must make an *in vitro* control of BB size: the BB and the FOB, together, must fit with the ETT inner lumen, ensuring, at the same time, a free endoluminal space (at least 4-5 mm) for adequate ventilation and ET_{CO}₂ sampling.¹⁰⁷ The endotracheal passage of the BB outside the ETT is also used.¹⁰⁸

BB use is specifically indicated when a difficult airway management is met or predicted.¹⁰⁹

We must remember that the Univent tube is contraindicated in nasal intubations, especially if FOB-guided, due to its remarkable size and stiff-

ness. It can also be problematic to insert in case of oral difficult intubations.¹¹⁰

BBs are frequently and variously used as reported in the literature;¹¹¹⁻¹¹⁵ particularly interesting is the lobar selective isolation, indicated for patients who poorly tolerate one lung's complete exclusion from ventilation.^{116, 117}

In Table VIII, the main features of the most commonly used BBs are reported.

A recent *in vitro* study reported that the pressures transmitted to a model of bronchial mucosa by the differently shaped cuffs (correctly inflated) of the most modern BBs were <30 mmHg.¹¹⁸

BBs employment involves considerable advantages and disadvantages, as compared with DLTs (Table IX).^{95, 96, 119}

The literature reports positive experiences in the use of BBs, regarding both the quality of the surgical exposure and the effectiveness of LS and

| FOB OD mm | | >5 | 4.2-4.7 | 3.5-3.9 | 2.8-3.2 | 1.8-2.5 |
|-------------|---------------------------|----|---------|---------|---------|---------|
| D L T | 41 Ch/Fr ID mm 5-6 | | | | | |
| | 39 Ch/Fr ID mm 4.8-5.5 | | | | | |
| | 37 Ch/Fr ID mm 4.5-5.1 | | | | | |
| | 35 Ch/Fr ID mm 4.2-4.8 | | | | | |
| | 32 Ch/Fr ID mm 3.4 | | | | | |
| | 28 Ch/Fr ID mm 3.1-3.8 | | | | | |
| | 26 Ch/Fr ID mm 3.4 | | | | | |

Impossible
 Difficult
 Easy

Figure 3.—Compatibility among FOB outer diameters (OD measured in millimeters) and differentially sized DLTs (OD measured in Charriere [Ch]/French [Fr] with the rough correspondence of each ID gauged in millimeters). FOB: fiberoptic bronchoscope; OD: outer diameter; ID: inner diameter; DLT: double lumen tube.

protection from contralateral pathologies. However, the risk of intraoperative displacement seems higher when compared with DLTs.¹²⁰⁻¹²² Therefore, in the case of absolute indication to LS, due to abscesses, hemorrhages, etc., the first choice must be the DLT.^{16, 95, 119, 123}

Fiber optic bronchoscope

The FOB is considered a necessary instrument when attending thoracic anesthesia: therefore, it must be available in the operating theatre.

In thoracic anesthesia, FOB allows both advisable routine control of the effectiveness of selective intubation and helps in correctly positioning left and right DLTs, BBs and every device used for LS. The knowledge and the experience in the use of the FOB should be acquired by all anesthesiologists working in this field where LS and OLV are always requested.¹²⁴

The learning curve for FOB correct use is rather long. It should be composed of theory regarding the primary instrument's main char-

TABLE XI.—Indications for the correct use of airway exchange catheters and introducer catheters.

1. Ensure, before use, the correct fitting between catheter outer diameter and tube inner diameter
2. Make sure that AEC and/or IC is sufficiently long
3. Never advance catheters against a resistance
4. Control the depth of catheter introduction: never exceed the limit of 26 cm because of the increased risk of subcardinal traumatic injuries
5. Ensure the availability of both jet ventilation and its ease of connectivity with the AEC/IC
6. Make tube passage easier upon the catheter by using the laryngoscope
7. Rotate the tube (90° counter clockwise) while introducing it through vocal folds in order to avoid arythenoidal impingement
8. Use the tube with the smallest size able to serve the patient's needs

AEC: airway exchange catheter; IC: introducer catheter.

acteristics, practical experience in different technical approaches and knowledge in servicing the instrument.¹²⁵⁻¹²⁹

Many scientific studies have considered this topic and stressed a general consensus on routine FOB use. However, it is important to emphasize that professional experience plays a fundamental role, and the strict application of clinical control and monitoring should always be carried out because they are never replaced, but supplemented by the use of a FOB.^{11, 12, 15, 16, 66-70, 130} In Table X, the advantages and disadvantages of routine FOB use during thoracic anesthesia are reported.

Correct FOB fitting with the inner lumen of the DLT or ETT should always be previously controlled (Figure 3).

Airway exchange catheter and introducer catheter

AECs are used to change for ETTs and DLTs, before or after surgery, while the introducer catheters (ICs), like the Frova Catheter, are helpful in case of difficult intubation and poor laryngoscopic view. Their use requires both theoretical considerations, mostly regarding the absolute indications to OLV and LS (and, therefore, to DLT intubation), and some suggestions of good clinical practice.^{7, 11, 15, 107, 123, 131-133}

In Table XI, the fundamental recommendations

| AEC (Exchanger) IC (Introducer) | DLT | | | | | | |
|--|----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| | 41 Ch/Fr ID 5-6 mm L 42 cm | 39 Ch/Fr ID 4.8-5.5 mm L 42 cm | 37 Ch/Fr ID 4.5-5.1 mm L 42 cm | 35 Ch/Fr ID 4.2-4.8 mm L 42 cm | 32 Ch/Fr ID 3.4 mm L 42 cm | 28 Ch/Fr ID 3.1-3.8 mm L 42 cm | 26 Ch/Fr ID 3.4 mm L 42 cm |
| 11 Fr OD 3.7 mm L 81-100 cm | | | | | | | |
| 14 Fr OD 4.7 mm L 81-100 cm | | | | | | | |
| 19 Fr OD 6.3 mm L 83 cm | | | | | | | |

| | | |
|------|-----------|------------|
| | | |
| Easy | Difficult | Impossible |

Figure 4.—Compatibility among OD of AECs or ICs with ID of differentially sized DLTs (Ch/Fr). OD: outer diameter; AEC: airway exchange catheter; IC: introducer catheter; ID: inner diameter; DLT: double lumen tube.

for the correct clinical use of AECs and ICs are reported.

Whenever DLTs have IDs and ODs from different manufacturers, an outline of the relationships among DLTs and AECs/ICs with regard to respective sizes and lengths can be of some aid and lead to a correct choice (Figure 4).^{15, 16}

The length of the AEC and IC must ensure the tracheal introduction of the DLT. The length of the AEC and IC must, therefore, at least be composed by the sum of three theoretical lengths:

1. distance between the teeth and mid-trachea is approximately 20 cm in adult patients;
2. total length of the DLT is approximately 42 cm;
3. distance necessary to manipulate the device at its proximal end, for DLT introduction, or near the mouth, for its removal is 5-8 cm.

The AEC/IC minimum length must, therefore, correspond to at least $1+2+3 = 20+42+8 = 70$ cm.

Extra glottis devices

When an extra glottis device (EGD) is used in thoracic anesthesia, it surely means that difficulties

in airway management have been encountered. In such a case, the EGD plays the role of “dedicated airway”, that is, a device dedicated to maintaining control of the airways and ensuring adequate oxygenation and ventilation; moreover, the EGD becomes the way through which intubation is performed according to expert and advanced airway management techniques.^{7, 134}

The inner lumen of the chosen EGD must allow the introduction of the FOB with an ETT or of an AEC/IC. This is not possible for all EGDs. Interesting and useful for this purpose is the Aintree Catheter, an IC that must be positioned inside the trachea through the FOB, on which it is mounted: several experiences with its use with some EGDs are reported.^{135, 136}

It is advisable not to perform blind intubation attempts through any EGD, but rather to utilize a direct endoscopic view.

In particular, the FOB is a useful instrument because it allows an evaluation of laryngo-tracheal structures, detects the possible traumatic lesions caused during previous intubation attempts and supplies a sure and directed guide for the introduction of the tube.

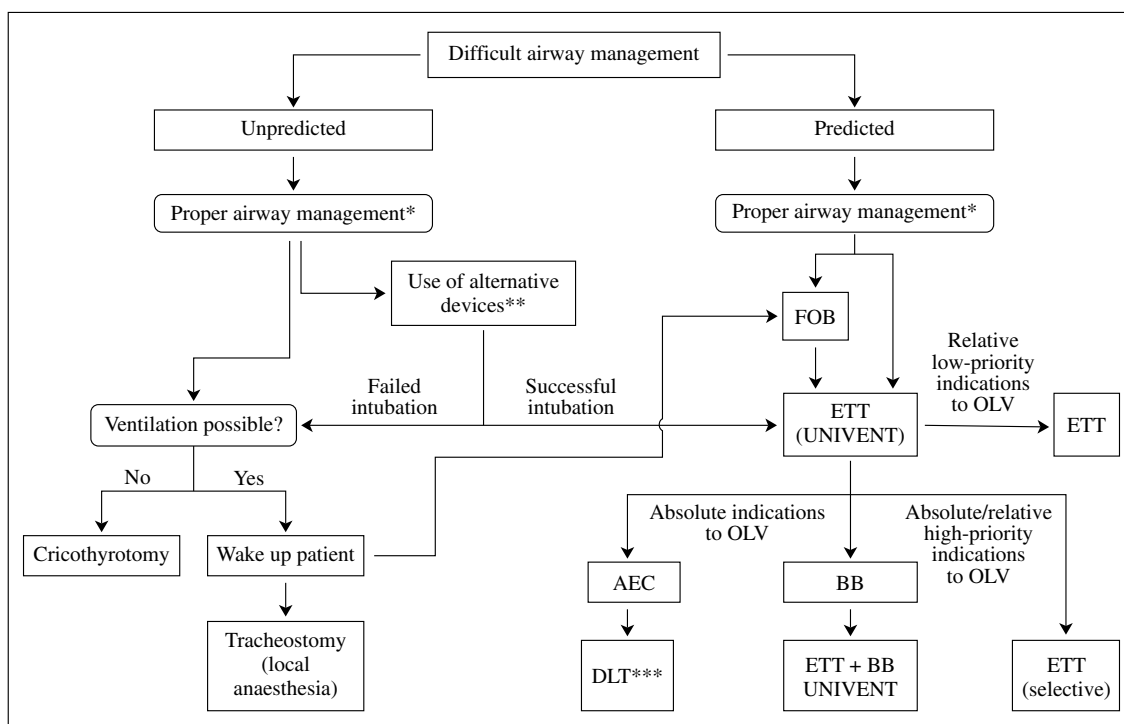


Figure 5.—Decisional algorithm for difficult airway management in thoracic anesthesia and lung separation during elective procedures. FOB: fiber optic bronchoscope; ETT: endotracheal tube; OLV: one lung ventilation; AEC: airway exchange catheter; BB: bronchial blocker; DLT: double lumen tube. *SIAARTI Recommendations, 2005⁷; **introducer catheter, EGDs, videolaryngoscopes, videostylets, etc.; ***mandatory only in case of BAL for pulmonary alveolar proteinosis.

Difficult airway management

The definition of a difficult airway is the same as indicated by the SIAARTI Recommendations for difficult airway management.⁷

These recommendations provide strategies and behavioral suggestions for difficult airway management in patients undergoing intubation and mechanical ventilation during general anesthesia, while they do not analyze specific settings, like thoracic anesthesia and LS.

It is important to emphasize that only few indications to LS and OLV can be identified as absolute. These include all situations in which a unilateral pulmonary pathology could diffuse to the contralateral lung, with or without risk of ventilation impairment (Table I).¹³⁷

Any other indication, mainly regarding surgical exposure and ensuring a better surgical field view, should now be considered as a relative indication.

We must never forget the principle that, in case

of difficult intubation, the absolute priority is to ensure adequate oxygenation and ventilation. In such conditions, OLV becomes a secondary objective whose risks and benefits should always be considered and balanced.^{11-15, 123, 138}

Therefore, in case of difficulties, it is not prudent to attempt intubation using a large and stiff tube like a DLT, which presents its own difficulties when introduced to and positioned in the trachea. On the contrary, a standard ETT should be the first choice in granting patient ventilation. Further strategies and techniques will then be evaluated according to clinical settings (elective, urgency or emergency conditions) and to absolute or relative indications to OLV.

Difficult airway management in elective conditions: decisional algorithm

Difficult airway management in elective conditions usually happens in operating rooms, in the

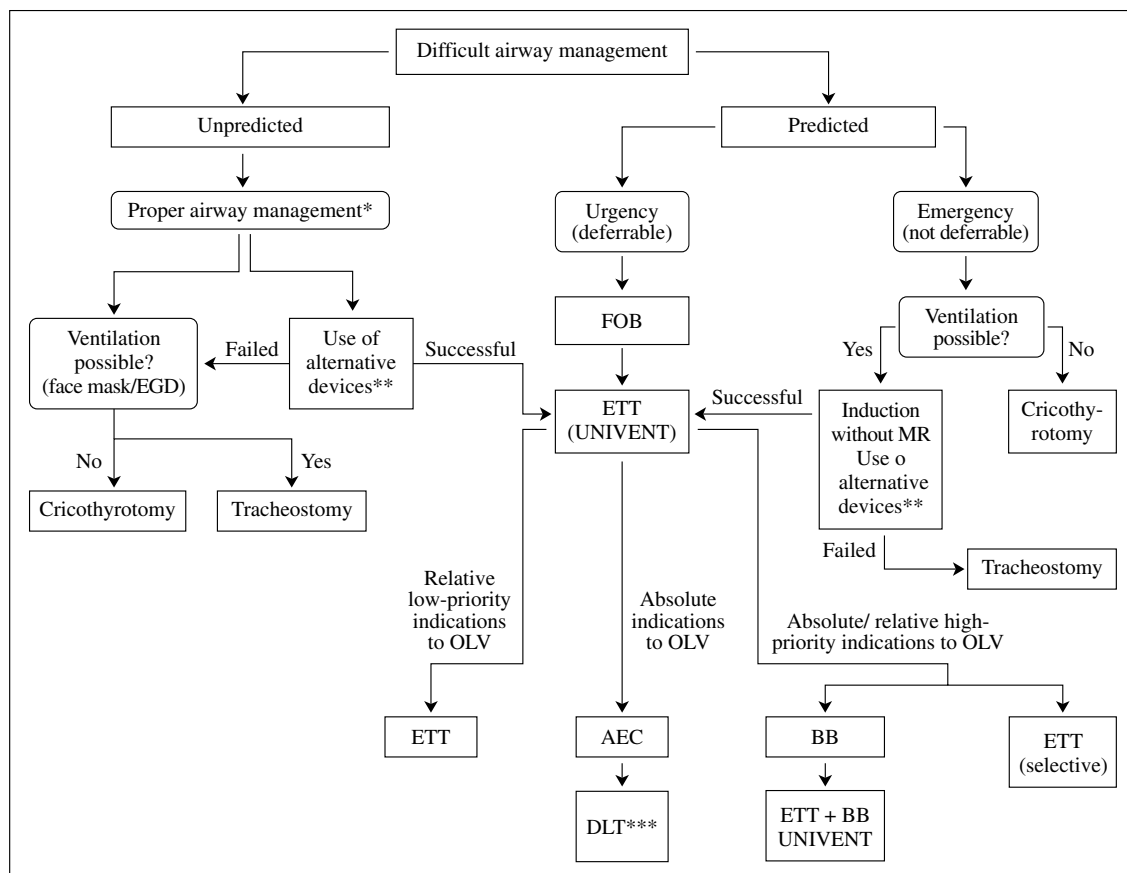


Figure 6.—Decisional algorithm for difficult airway management in thoracic anesthesia and lung separation during urgency-emergency procedures. FOB: fiberoptic bronchoscope; ETT: endotracheal tube; MR: muscle relaxants; OLV: one lung ventilation; AEC: airway exchange catheter; BB: bronchial blocker; DLT: double lumen tube. *SIAARTI Recommendations, 2005⁷; **introducer catheter, EGDs, videolaryngoscopes, videostylets, etc.; ***only when indication to LS is a life-threatening condition.

presence of expert anesthesiologists with specific skills in LS techniques.

Figure 5 shows the decisional algorithm in case of difficult airway management and LS during elective procedures.

ELECTIVE CONDITIONS: PREDICTED DIFFICULTIES

In case of predicted difficulties, the following options are available:

1) evaluate the grade of difficulty according to the SIAARTI Recommendations⁷ and follow the Recommendations algorithm in order to intubate with an ETT and ventilate the patient. FOB intubation in awake or sedated patients remains the recommended technique.^{16, 123, 139} Using a FOB, a Univent tube could also be positioned. In the

case of successful intubation and in the absence of mandatory indications to OLV, this technique prevents any need of further tube exchange. In any case, FOB intubation requires specific knowledge and skills;

2) consider the indications for OLV (Table I). In case of relative low-priority indications, evaluate the possibility of conducting anesthesia with the standard ETT;^{11, 95, 123, 137}

3) in case of absolute or relative high-priority indications to OLV, decide whether to use a BB or to substitute the ETT with a Univent tube through an AEC. In absence of any other devices, it could be possible to perform LS by selectively advancing a standard ETT;

4) among OLV absolute indications, only bron-

co-alveolar lavage, in patients affected by pulmonary alveolar proteinosis, requires the mandatory substitution of the standard ETT with a DLT, through an AEC. This maneuver is the best way to obtain an adequate LS, preventing contralateral lung inundation and thus allowing ventilation inside healthy lungs.^{95, 123}

ELECTIVE CONDITIONS: UNPREDICTED DIFFICULTIES

In case of unpredicted difficulties, the following options are available:

- 1) follow the SIAARTI Recommendations for difficult airway management;⁷ according to the grade of encountered difficulty, it is recommended to proceed as soon as possible to endotracheal intubation with a standard ETT;
- 2) in case of successful intubation (standard ETT), obtained through alternative devices or EGDs, follow the decisional algorithm according to OLV indications;
- 3) in the case of failed intubation, but in the absence of difficulty to ventilate, consider awakening the patient and delaying surgery. Plan FOB intubation, in awake or sedated patients, or surgical tracheostomy under local anesthesia;
- 4) in case of impossible intubation and impossible ventilation, both with Face Mask and EGDs (“cannot ventilate-cannot intubate”), proceed, as soon as possible, to emergency cricothyrotomy, as suggested by the SIAARTI algorithm.⁷

Difficult airway management in urgency-emergency conditions decisional algorithm

Two kinds of urgency/emergency situations require dedicated devices and techniques for LS and OLV:

- 1) surgical repair of intra-thoracic organ lesions (thoracic aorta aneurysm rupture and/or dissection, hemothorax following pulmonary vessels or lung parenchyma injuries, etc);
- 2) airway diseases requiring the exclusion of one lung in order to ensure contralateral lung ventilation and protection (endobronchial bleeding, bronco-pleural fistula, etc).

These situations could occur as emergencies even in non-specialist settings, where experi-

ence and skill in using the devices and the techniques dedicated to thoracic anesthesia are low or these devices and instruments could be lacking. Furthermore, difficulties in airway management can be increased by the presence of blood and secretions, which interfere with airway view and expose the patient to the risk of aspiration (Figure 6).

URGENCY-EMERGENCY CONDITIONS: PREDICTED DIFFICULTIES

In case of predicted difficulties, the following options are available:

- 1) in case of deferrable urgency, plan FOB intubation with a standard ETT, which is considered the safest technique. Then evaluate the possibility of tube exchange or use a BB, according to absolute or relative indications for OLV^{16, 95, 99, 110, 123, 137, 138} (Table I);
- 2) in case of non-deferrable emergency and difficult airways with real or predicted difficulty to ventilate, both with face mask or with an EGD, perform a cricothyrotomy or a tracheostomy under local anesthesia (in this last case, the patient is awake and spontaneously breathing). Then use either a conventional tracheostomic cannula and BB, or the Univent tube, a small DLT or a double lumen tracheostomic cannula (Tracheopart);^{11, 99, 101}
- 3) in case of emergency, if ventilation is possible, it is advisable to perform intubation under general anesthesia and mask ventilation or under deep sedation with spontaneous breathing. Alternative devices can be used. In this situation, ETT intubation is the recommended procedure;

4) success in standard ETT intubation ensures airway control and allows the evaluation of the subsequent strategies. It is important to emphasize that DLT, among LS devices, grants the best isolation and ensures adequate ventilation and effective suctioning in both lungs.^{16, 95, 123} These features contribute to the maintenance of better oxygenation. When the indication to LS is a life-threatening condition, the switch from ETT to DLT, with the aid of an AEC under laryngoscopic view, should be considered. In case of emergent massive bronchial bleeding, if the tube-exchange maneuver represents an unacceptable risk, selective ventilation could be obtained by advancing a stan-

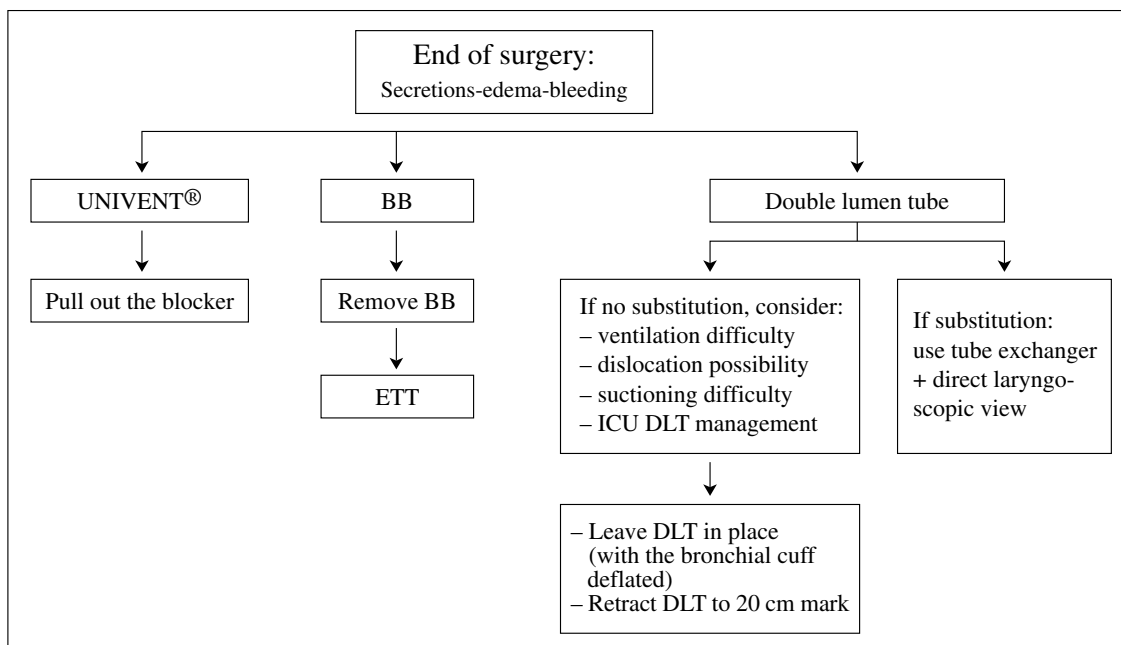


Figure 7.—End of surgery after one lung ventilation: decisional algorithm. BB: bronchial blocker; ETT: endotracheal tube; DLT: double lumen tube. [Modified from Cohen *et al.*¹⁵].

standard ETT in the main bronchus. It must be underscored that this can be easily obtained when the left lung is to be isolated and the right bronchus is selectively intubated. Otherwise, this maneuver could be difficult and require a FOB, but it is poorly effective in the case of massive bleeding;

5) in case of failed ETT intubation, the use of dedicated EGDs (ILMA, LMA C Trach) or of the Aintree Catheter through a suitable EGD can become the bridge to tracheal introduction of the ETT. The FOB view is always mandatory;

6) if these advanced techniques fail as well, emergent surgery can require the performance of a tracheostomy under local anesthesia.^{135, 136}

URGENCY-EMERGENCY CONDITIONS: UNPREDICTED DIFFICULTIES

In case of unpredicted difficulties, follow the SIAARTI Guidelines for airway control;⁷ also, in such a case, it is recommended to proceed to tracheal intubation with standard ETT. Urgent-emergent surgery conditions exclude the possibility of awakening the patient and delaying surgery. Advanced intubation techniques, such as FOB intubation through EGDs (ILMA, LMA C Trach,

Aintree Catheter plus FOB), could represent both an option in case of failed intubation with other alternative devices as well as a possible early choice in order to reduce traumatism. Moreover, advanced intubation techniques can ensure ventilation and allow tracheostomy performance in case of intubation failure. Emergent cricothyrotomy is the only option in the case of “cannot ventilate-cannot intubate” patients.

Extubation

Extubation always represents a critical phase of airway management, especially in cases of previous difficult intubation. The main causes of complications at extubation are due to the presence of tissue edema, airway mucosa bleeding and secretions that are difficult to expectorate. Acute hemorrhages of the tracheo-bronchial tree or intraoperative undiagnosed lesions could also occur and become evident after extubation. In any case, at the end of surgery, airways cannot be considered the same as before surgery and intubation.

In such a situation, re-intubation could be extremely difficult and, in some cases, impossi-

ble. Similarly, when mechanical ventilation is required after surgery, the exchange of the DLT with an ETT could be revealed as a critical and highly dangerous maneuver.^{16, 138}

It is useful at the end of surgery to follow a behavioral flow-chart, in order to ensure the most prudent approach to extubation in terms of timing and procedures (Figure 7).

Particular evidence is due to the following points:

a) in case of DLT intubation, when the patient requires postoperative mechanical ventilation, tube exchange with a standard ETT must be performed only through an AEC and under direct laryngoscopic view;

b) if the tube exchange maneuver is considered difficult or potentially dangerous, the DLT can be left inside with the bronchial cuff accurately deflated. Otherwise, the DLT can be withdrawn to the 19-20 cm mark, so that the endobronchial lumen is supercarinal and both lungs are ventilated with both lumens. DLT to ETT exchange will be performed later in safer conditions;

c) in case of intubation performed with the Univent tube or with an ETT plus BB, the endobronchial blocker can be fully retracted, or the BB can be removed and the ETT left in place;

d) at the end of surgery, when postoperative mechanical ventilation is not needed, if complications are suspected, the extubation should be safely performed as a "protected maneuver". After the application of endotracheal topical anesthesia, an AEC is properly inserted inside one DLT lumen. Thereafter, the tube is removed, and the AEC is maintained inside the trachea for a brief evaluation period (connected to oxygen flow) and, then, if possible, removed. It could soon become a useful aid in case of emergent re-oxygenation, and it could make a difficult reintubation possible.

Conclusions

Proper airway management in thoracic anesthesia and LS procedures requires that general knowledge of airway control recommendations is strictly linked to more specific experiences and skills.

LS and OLV have well-defined indications, which must be carefully evaluated according to the clinical situation of the patient and to the difficulties, predicted or unpredicted, in airway management.

Oxygenation remains the main priority to be safely carried out.

The prudent use of specific devices and the accuracy in controlling their proper positioning with the aid of instruments like a FOB are mandatory behaviors.

Extubation, especially when following a difficult intubation, can represent a potentially critical moment.

The management strategies must consider difficulties characterizing various clinical settings. According to specific surgical needs, management strategies must suggest the safest and most prudent manner of care in order to prevent further complications and/or injuries.

References

1. Henderson JJ, Popat MT, Latto IP, Pearce AC. Difficult Airway Society guidelines for management of the unanticipated difficult intubation. *Anaesthesia* 2004;59:675-94.
2. American Society of Anesthesiologists Task Force on Management of the Difficult Airway. Practice Guidelines for Management of the Difficult Airway. *Anesthesiology* 2003;98:1269-77.
3. Dunham CM, Barraco RD, Clark DE, Daley BJ, Davis FE, Gibbs MA *et al*. Guidelines for emergency tracheal intubation immediately after traumatic injury. *J Trauma* 2003;55:162-79.
4. Braun U, Goldmann K, Hempel V, Krier C. Airway management. Leitlinie der deutschen gesellschaft fur anesthesiologie und intensivmedizin. *Anaesthesiol Intensivmed* 2004;45:302-6.
5. Boisson-Bertrand D, Bourgain JL, Camboulives J, Crinquette V, Cros AM, Dubreuil M *et al*. Intubation difficile. Société française d'anesthésie et de réanimation. Expertise collective. *Ann Fr Anesth Rean* 1996;15:207-14.
6. Crosby ET, Cooper RM, Douglas MJ, Doyle DJ, Hung OR, Labrecque P *et al*. The unanticipated difficult airway with recommendation for management. *Can J Anaesth* 1998;45:757-76.
7. Gruppo di Studio SIAARTI "Vie Aeree Difficili", Task Force: Frova G, Guarino A, Petrini F, Merli G. Recommendations for airway control and difficult airway management. *Minerva Anestesiol* 2005;71:617-57.
8. Gruppo di Studio SIAARTI "Vie Aeree Difficili", Task Force: Frova G, Guarino A, Pettini F, Merli G, Sorbello M. Recommendations for airway control and difficult airway management in paediatric patients. *Minerva Anestesiol* 2006;72:723-48.
9. Sherry K. Management of patients undergoing oesophagectomy. In: Gray AJG, Hoile RW, Ingram GS, Sherry KM, editors. *The Report of the National Confidential Enquiry into Perioperative Deaths 1996/1997*. London: The National Confidential Enquiry into Perioperative Deaths; 1998.p.57-61.

10. Brodsky JB, Lemmens HJM. Left double-lumen tubes: clinical experience with 1170 patients. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2003;17:289-98.
11. Benumof JL. Difficult tubes and difficult airways. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1998;12:131-2.
12. Campos JH. Current techniques for perioperative lung isolation in adults. *Anesthesiology* 2002;97:1295-301.
13. Shah PL, Hansell D, Lawson PR, Reid KBM, Morgan C. Pulmonary alveolar proteinosis: clinical aspects and current concepts on pathogenesis. *Thorax* 2000;55:67-77.
14. Benumof JL. *Anaesthesia for thoracic surgery*. 2nd ed. Philadelphia: Saunders; 1995.
15. Cohen E, Benumof JL. Lung separation in a patient with a difficult airway. *Curr Opin Anaesthesiol* 1999;12:29-35.
16. Cohen E. Methods of lung separation. *Curr Opin Anaesthesiol* 2002;15:69-78.
17. Brodsky JB, Cohen E. Video-assisted thoracoscopic surgery. *Curr Opin Anaesthesiol* 2000;13:41-5.
18. Sihoe ADL, Ho KM, Sze TS, Lee TW, Yim APC. Selective lobar collapse for video-assisted thoracic surgery. *Ann Thorac Surg* 2004;77:278-83.
19. Zegdi R, Azorin J, Tremblay B, Destable MD, Lajos PS, Valeyre D. Videothoracoscopic lung biopsy in diffuse infiltrative lung diseases: a 5-year surgical experience. *Ann Thorac Surg* 1998;66:1170-3.
20. Pompeo E, Mineo D, Rogliani P, Sabato AF, Mineo TC. Feasibility and results of awake thoracoscopic resection of solitary pulmonary nodules. *Ann Thorac Surg* 2004;78:1761-8.
21. Georgiou GP, Stamler A, Sharoni E, Fichman-Horn S, Berman M, Vidne BA *et al*. Video-assisted thoracoscopic pericardial window for diagnosis and management of pericardial effusions. *Ann Thorac Surg* 2005;80:607-10.
22. Arlet V. Anterior thoracoscopic spine release in deformity surgery: a meta-analysis and review. *Eur Spine J* 2000;9 Suppl 1:S17-S23.
23. Gabor S, Prenner G, Wasler A, Schweiger M, Tscheliessnigg KH, Smolle-Juttner FM. A simplified technique for implantation of left ventricular epicardial leads for biventricular resynchronization using video-assisted thoracoscopy (VATS). *Eur J Cardiothorac Surg* 2005;28:797-800.
24. Srivastava S, Gadasalli S, Agusala M, Kolluru R, Naidu J, Shroff M *et al*. Use of bilateral internal thoracic arteries in CABG through lateral thoracotomy with robotic assistance in 150 patients. *Ann Thorac Surg* 2006;81:800-6.
25. Khogali SS, Miller M, Rajesh PB, Murray RG, Beattie JM. Video-assisted thoracoscopic sympathectomy for severe intractable angina. *Eur J Cardiothorac Surg* 1999;16 Suppl 1:S95-S98.
26. Liu HP, Chang CH, Lin PJ, Cheng KS, Wu YC, Liu YH. Emphysema surgery – loop ligation approach. *Eur J Cardiothorac Surg* 1999;16 Suppl 1:S40-S43.
27. Harris RJ, Kavuru MS, Rice TW, Kirby TJ. The diagnostic and therapeutic utility of thoracoscopy. *Chest* 1995;108:828-41.
28. Roviato GC, Maciocco M, Varoli F, Rebuffat C, Vergani C, Scarduelli A. Videothoracoscopic treatment of oesophageal leiomyoma. *Thorax* 1998;53:190-2.
29. Liu HP, Chang CH, Lin PJ, Chu JJ, Hsieh MJ. An alternative technique in the management of bullous emphysema. *Chest* 1997;111:489-93.
30. Krucylak PE, Naunheim KS, Keller CA, Baudendistel LJ. Anesthetic management of patients undergoing unilateral video-assisted lung reduction for treatment of end-stage emphysema. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1996;10:850-3.
31. Bandyopadhyay SK, Chowbey PK, Sharma A, Khullar R, Soni V, Baijal M. Abandoned endoscopic procedures. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech* 2004;14:9-14.
32. Elliott BA, Curry TB, Atwell TD, Brown MJ, Rose SH. Lung isolation, one-lung ventilation and continuous positive airway pressure with air for radiofrequency ablation of neoplastic pulmonary lesions. *Anesth Analg* 2006;103:463-4.
33. Partridge L, Russell WJ. The margin of safety of a left double-lumen tracheobronchial tube depends on the length of the bronchial cuff ant tip. *Anaesth Intensive Care* 2006;34:618-20.
34. Lohser J, Brodsky JB. Silbronco double-lumen tube. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2005;20:129-31.
35. ISO TC121. Technical Subcommittee 2. Draft ISO DIS 16628. Tracheobronchial tubes – sizing and marking. Geneva: International Standards Organization; 2007.
36. Campos JH, Kernstine HK. A comparison of a left-sided broncho-cat with the torque control blocker Univent and the wire-guided blocker. *Anesth Analg* 2003;96:283-9.
37. Campos JH, Massa FC. Is there a better right-sided tube for one-lung ventilation? A comparison of the right-sided double-lumen tube with the single-lumen tube with right-sided enclosed bronchial blocker. *Anesth Analg* 1998;86:696-700.
38. Benumof JL, Partridge BL, Salvatierra C, Keating J. Margin of safety in positioning modern double-lumen endotracheal tubes. *Anesthesiology* 1987;67:729-38.
39. Russell WJ. A logical approach to the selection and insertion of double-lumen tubes. *Curr Opin Anaesthesiol* 2008;21:37-40.
40. Hannallah MS, Benumof JL, Ruttimann UE. The relationship between left mainstem bronchial diameter and patient size. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1995;9:119-21.
41. Brodsky JB, Macario A, Mark JBD. Tracheal diameter predicts double-lumen tube size: a method for selecting left double-lumen tubes. *Anesth Analg* 1996;82:861-4.
42. Chow MYH, Liam BL, Lew TWK, Chelliah RY, Ong BC. Predicting the size of a double-lumen endobronchial tube based on tracheal diameter. *Anesth Analg* 1998;87:158-60.
43. Brodsky JB, Malott K, Angst M, Fitzmaurice BG, Kee SP, Logan L. The relationship between tracheal width and left bronchial width: implications for left-sided double-lumen tube selection. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2001;15:216-7.
44. Brodsky JB, Lemmens HJM. Tracheal width and left double-lumen tube size: a formula to estimate left-bronchial width. *J Clin Anesth* 2005;17:267-70.
45. Slinger P. Choosing the appropriate double-lumen tube: a glimmer of science comes to a dark art. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1995;9:117-8.
46. Hannallah M, Benumof JL, Silverman PM, Kelly LC, Lea D. Evaluation of an approach to choosing a left double-lumen tube size based on chest computer tomographic scan measurement of left mainstem bronchial diameter. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1997;11:168-71.
47. Chow MY, Liam BL, Thng CH, Chong BK. Predicting the size of a double-lumen endobronchial tube using computed tomographic scan measurements of the left main bronchus diameter. *Anesth Analg* 1999;88:302-5.
48. Eberle B, Weiler N, Vogel N, Kauczor HU, Heinrichs W. Computed tomography-based tracheobronchial image reconstruction allows selection of the individually appropriate double-lumen tube size. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1999;13:532-7.
49. Fitzmaurice BG, Brodsky JB. Airway rupture from double-lumen tubes. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1999;13:322-9.
50. Slinger P. A view of and through double-lumen tubes. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2003;17:287-8.
51. Amar D, Desiderio DP, Heerd PM, Kolker AC, Zhang H, Thaler HT. Practice patterns in choice of left double-lumen tube size for thoracic surgery. *Anesth Analg* 2008;106:379-83.
52. Hernandez AA, Wong DH. Using a Glidescope for intubating with a double lumen endotracheal tube. *Can J Anaesth* 2005;52:658-9.
53. Chen A, Lai HY, Lin PC, Chen TY, Shyr MH. Glidescope-assisted double-lumen endobronchial tube placement in a patient with an unanticipated difficult airway. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2008;22:170-2.
54. Shulman GB, Connelly NR. Double lumen tube placement with the Bullard Laryngoscope. *Can J Anesth* 1999;46:232-4.

55. Smith CE, Kareti M. Fiberoptic laryngoscopy (WuScope) for double-lumen endobronchial tube placement in two difficult-intubation patients. *Anesthesiology* 2000;93:906-7.
56. O'Connor CJ, O'Connor TA. Use of lighted stylets to facilitate insertion of double-lumen endobronchial tubes in patients with difficult airway anatomy. *J Clin Anesth* 2006;18:616-9.
57. Lieberman D, Littleford J, Unruh H. Placement of left double-lumen endobronchial tubes with or without a stylet. *Can J Anaesth* 1996;43:238-42.
58. Benumof JL. Separation of the two lungs (double-lumen tubes, bronchial blockers and endobronchial single-lumen tubes). In: Benumof JL, editor. *Airway management: principles and practice*. St Louis: Mosby; 1996.p.412-43.
59. Bahk JH, Oh YS. Prediction of double-lumen tracheal tube depth (letter). *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1999;13:370-1.
60. Chow MYH, Goh MH, Ti LK. Predicting the depth of insertion of left-sided double-lumen endobronchial tubes. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2002;16:456-8.
61. Takita K, Morimoto Y, Kemmotsu O. The height-based formula for prediction of left-sided double-lumen tracheal tube depth. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2003;17:412-3.
62. Cheong KF, Koh KF. Placement of left-sided double-lumen endobronchial tubes: comparison of clinical and fiberoptic-guided placement. *Br J Anaesth* 1999;82:920-1.
63. Boucek CD, Landreneau R, Freeman JA, Strollo D, Bircher NG. A comparison of techniques for placement of double-lumen endobronchial tubes. *J Clin Anesth* 1998;10:557-60.
64. Bahk JH, Lim YJ, Kim CS. Positioning of a double-lumen endobronchial tube without the aid of any instruments: an implication for emergency management. *J Trauma* 2000;49:899-902.
65. Araki K, Nomura R, Urushibara R, Yoshikawa Y, Hatano Y. Displacement of double-lumen endobronchial tube can be detected by bronchial cuff pressure change. *Anesth Analg* 1997;84:1349-53.
66. Cohen E. Double-lumen tube position should be confirmed by fiberoptic bronchoscopy. *Curr Opin Anaesthesiol* 2004;17:1-6.
67. Brodsky JB. Fiberoptic bronchoscopy need not be a routine part of double-lumen tube placement. *Curr Opin Anaesth* 2004;17:7-11.
68. Klein U, Karzai W, Bloos F, Wohlfarth M, Gottschall R, Fritz H *et al*. Role of fiberoptic bronchoscopy in conjunction with the use of double-lumen tubes for thoracic anesthesia: a prospective study. *Anesthesiology* 1998;88:346-50.
69. Seymour AH, Prasad B, McKenzie RJ. Audit of double-lumen endobronchial intubation. *Br J Anaesth* 2004;93:525-7.
70. Pennefather SH, Russell GN. Placement of double lumen tubes – time to shed light on an old problem. *Br J Anaesth* 2000;84:308-10.
71. Alliaume B, Coddens J, Deloof T. Reliability of auscultation in positioning of double-lumen endobronchial tubes. *Can J Anaesth* 1992;39:687-90.
72. Bardoczky GI, deFrancquen P, Engelman E, Capello M. Continuous monitoring of pulmonary mechanics with the sidestream spirometer during lung transplantation. *J Cardiothor Vasc Anesth* 1992;6:731-4.
73. Bardoczky GI, Levarlet M, Engelman E, deFrancquen P. Continuous spirometry for detection of double-lumen endobronchial tube displacement. *Br J Anaesth* 1993;70:499-502.
74. Simon BA, Hurford WE, Alfille PH, Haspel K, Behringer EC. An aid in the diagnosis of malpositioned double-lumen tubes. *Anesthesiology* 1992;76:862-3.
75. Nunn JF. *Applied respiratory physiology*. 3rd ed. London: Butterworths; 1987.
76. Gilbert TB, Goodsell CW, Krasna MJ. Bronchial rupture by a double-lumen endobronchial tube during staging thoracoscopy. *Anesth Analg* 1999;88:1252-3.
77. Ayed AK, Al-Shawaf E. Diagnosis and treatment of traumatic intrathoracic major bronchial disruption. *Injury Int J Care Injured* 2004;35:494-9.
78. Le Corre A, Cantois JL, Veber B, Dureuil B. Rupture trachéale masquée initialement par une intubation bronchique accidentelle. *Ann Fr Anesth Réanim* 1999;18:909-12.
79. Lampl L. Tracheobronchial injuries. Conservative treatment. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2004;3:401-5.
80. Roth JV. Another potential factor that may cause bronchial rupture by a double-lumen endobronchial tube. *Anesth Analg* 1999;89:1591.
81. Sivalingam P, Tio R. Tension pneumothorax, pneumomediastinum, pneumoperitoneum and subcutaneous emphysema in a 15-year-old Chinese girl after a double-lumen tube intubation and one-lung ventilation. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1999;13:312-5.
82. Hofmann HS, Rettig G, Radke J, Neef H, Silber RE. Iatrogenic ruptures of the tracheobronchial tree. *Eur J Cardiothorac Surg* 2002;21:649-52.
83. Mikuni I, Suzuki A, Takahata O, Fujita S, Otorino S, Iwasaki H. Arytenoid cartilage dislocation caused by a double-lumen endobronchial tube. *Br J Anaesth* 2006;96:136-8.
84. Massard G, Rougé C, Dabbagh A, Kessler R, Hentz JG, Roeslin R *et al*. Tracheobronchial lacerations after intubation and tracheostomy. *Ann Thorac Surg* 1996;61:1483-7.
85. Spaggiari L, Rusca M, Carbognani P, Solli P. Tracheobronchial laceration after double-lumen intubation for thoracic procedures. *Ann Thorac Surg* 1998;65:1837-8.
86. Massard G, Hentz JG, Wihlm JM. Tracheobronchial laceration after double-lumen intubation for thoracic procedures. Reply. *Ann Thorac Surg* 1998;65:1838-9.
87. Prakash U. Iatrogenic ruptures of the tracheobronchial tree. *J Bronchol* 2003;10:85-6.
88. Marty-Ané CH, Picard E, Jonquet O, Mary H. Membranous tracheal rupture after endotracheal intubation. *Ann Thorac Surg* 1995;60:1367-71.
89. Ross HM, Grant FG, Wilson RS, Burt ME. Nonoperative management of tracheal laceration during endotracheal intubation. *Ann Thorac Surg* 1997;63:240-2.
90. Inoue S, Nishimine N, Kitaguchi K, Furuya H, Taniguchi S. Double lumen tube location predicts tube malposition and hypoxaemia during one lung ventilation. *Br J Anaesth* 2004;92:195-201.
91. Roush TF, Crawford AH, Berlin RE, Wolf RK. Tension pneumothorax as a complication of video-assisted thoracoscopic surgery for anterior correction of idiopathic scoliosis in an adolescent female. *Spine* 2001;26:448-50.
92. Sucato DJ, Girgis M. Bilateral pneumothoraces, pneumomediastinum, pneumoperitoneum, pneumoretroperitoneum and subcutaneous emphysema following intubation with a double-lumen endotracheal tube for thoracoscopic anterior spinal release and fusion in a patient with idiopathic scoliosis. *J Spinal Disord Techniques* 2002;15:133-8.
93. Cohen E, Neustein SM, Goldofsky S, Camunas JL. Incidence of malposition of polyvinylchloride and red rubber left-sided double-lumen tubes and clinical sequelae. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1995;9:122-7.
94. Conacher ID, Velasquez H, Morrice DJ. Endobronchial tubes – a case for re-evaluation. *Anaesthesia* 2006;61:587-90.
95. Campos JH. An update on bronchial blockers during lung separation techniques in adults. *Anesth Analg* 2003;97:1266-74.
96. Cohen E. The Cohen Flextip Endobronchial Blocker: an alternative to a double lumen tube. *Anesth Analg* 2005;101:1877-9.
97. Wald SH, Mahajan A, Kaplan B, Atkinson JB. Experience with the Arndt paediatric bronchial blocker. *Br J Anaesth* 2005;94:92-4.
98. Tobias JD. Variations on one-lung ventilation. *J Clin Anesth* 2001;13:35-9.
99. Campos JH, Kernstine KH. Use of the wire-guided endobronchial blocker for one-lung anesthesia in patients with airway abnormalities. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2003;17:352-4.
100. Kraenzler EJ, Insler SR, Grubb G. A new bronchial block-

- er tube for one-lung ventilation. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1999;13:40-1.
101. Ransom ES, Carter SL, Mund GD. Univent tube: a useful device in patient with difficult airways. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1995;9:725-7.
 102. Arndt GA, DeLessio ST, Kranner PW, Orzepowski W, Ceranski B, Valtysson B. One-lung ventilation when intubation is difficult – presentation of a new endobronchial blocker. *Acta Anaesthesiol Scand* 1999;43:356-8.
 103. Arndt GA, Kranner PW, Rusy DA, Love R. Single-lung ventilation in a critically ill patient using a fiberoptically directed wire-guided endobronchial blocker. *Anesthesiology* 1999;90:1484-6.
 104. Matthews AJ, Sanders DJ. Single-lung ventilation via a tracheostomy using a fiberoptically-directed “steerable” endobronchial blocker. *Anaesthesia* 2001;56:492.
 105. Veit AM, Allen RB. Single-lung ventilation in a patient with a freshly placed percutaneous tracheostomy. *Anesth Analg* 1996;82:1292-3.
 106. Kraenzler EJ, Rice TW, Stein SL, Insler SR. Bilateral bronchial blockers for bilateral pulmonary resections in a patient with a previous laryngectomy. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1997;11:201-2.
 107. Takata M, Benumof JL, Ozaki GT. Confirmation of endotracheal intubation over a Jet Stylet: *in vitro* studies. *Anesth Analg* 1995;80:800-5.
 108. Munir MA, Albataineh JI, Jaffar M. An alternative way to use Fogarty balloon catheter for perioperative lung isolation. *Anesthesiology* 2003;99:240-1.
 109. Arndt GA, Buchika S, Kranner PW, DeLessio ST. Wire-guided endobronchial blockade in a patient with a limited mouth opening. *Can J Anesth* 1999;46:87-9.
 110. Harvey SC, Alpert CC, Fishman RL. Independent placement of a bronchial blocker for single-lung ventilation: an alternative method for the difficult airway. *Anesth Analg* 1996;83:1330-1.
 111. Ender J, Bury AM, Raumanns J, Schlunken S, Kiefer H, Bellinghausen W *et al.* The use of a bronchial blocker compared with a double-lumen tube for single-lung ventilation during minimally invasive direct coronary artery bypass surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2002;16:452-5.
 112. Nino M, Body SC, Hartigan PM. The use of a bronchial blocker to rescue an ill-fitting double-lumen endotracheal tube. *Anesth Analg* 2000;90:1370-1.
 113. Culp WC, Kinsky MP. Sequential one-lung isolation using a double Arndt bronchial blocker technique. *Anesth Analg* 2004;99:945-6.
 114. Ho A. Bronchial blocker placement through the lumen of an *in situ* tracheal tube. *J Trauma* 1999;47:423-5.
 115. Grocott HP, Darrow TR, Whiteheart DL, Glower DD, Stafford Smith M. Lung isolation during port-access cardiac surgery: double-lumen endotracheal tube *versus* single-lumen endotracheal tube with a bronchial blocker. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2003;17:725-7.
 116. Ng JM, Hartigan PM. Selective lobar bronchial blockade following contralateral pneumonectomy. *Anesthesiology* 2003;98:268-70.
 117. Ruiz P. Sequential lobar-lung-lobar isolation using a deflecting tip bronchial blocker. *J Clin Anesth* 2006;18:620-3.
 118. Roscoe A, Kanellakos GW, McRae K, Slinger P. Pressures exerted by endobronchial devices. *Anesth Analg* 2007;104:655-8.
 119. Campos JH. Which device should be considered the best for lung isolation: double-lumen endotracheal tube *versus* bronchial blockers. *Curr Opin Anaesthesiol* 2007;20:27-31.
 120. Campos J, Reasoner DK, Moyers JR. Comparison of a modified double-lumen endotracheal tube with a single-lumen tube with enclosed bronchial blocker. *Anesth Analg* 1996;83:1268-72.
 121. Bauer C, Winter C, Hentz G, Ducrocq X, Steib A, Dupeyron JP. Bronchial blocker compared to double-lumen tube for one-lung ventilation during thoracoscopy. *Acta Anaesthesiol Scand* 2001;45:250-4.
 122. Sandberg WS. Endobronchial blocker dislodgment leading to pulseless electrical activity. *Anesth Analg* 2005;100:1728-30.
 123. Hagihira S, Takashina M, Mori T, Yoshiya I. One-lung ventilation in patients with difficult airways. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1998;12:186-8.
 124. Ovassapian A. *Fiberoptic endoscopy and the difficult airway*. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott; 1996.
 125. Ernst A, Silvestri GA, Johnstone D. Interventional pulmonary procedure. Guidelines from the American College of Chest Physicians. *Chest* 2003;123:1693-717.
 126. Mehta AC, Prakash UBS, Garland R, Haponik E, Moses L, Schaffner W *et al.* Prevention of flexible bronchoscopy-associated infection. American College of Chest Physicians and American Association for Bronchology Consensus Statement. *Chest* 2005;128:1742-55.
 127. Honeybourne D, Babb J, Bowie P, Brewin A, Fraise A, Garrard C *et al.* British Thoracic Society guidelines on diagnostic flexible bronchoscopy. *Thorax* 2001;56:1-21.
 128. Masters IB, Cooper P. Paediatric flexible bronchoscopy. *J Paediatr Child Health* 2002;38:555-9.
 129. Martin KM, Larsen PD, Segal R, Marsland CP. Effective nonanatomical endoscopy training produces clinical airway endoscopy proficiency. *Anesth Analg* 2004;99:938-44.
 130. Slinger P. Audit of double-lumen endobronchial intubation. *Br J Anaesth* 2005;94:861-6.
 131. Latto IP, Stacey M, Mecklenburgh J, Vaughan RS. Survey of the use of the gum elastic bougie in clinical practice. *Anaesthesia* 2002;57:379-84.
 132. Asai T, Shingu K. Difficulty in advancing a tracheal tube over a fiberoptic bronchoscope: incidence, causes and solutions. *Br J Anaesth* 2004;92:870-81.
 133. Johnson DM, From AM, Smith RB, From RP, Maktabi MA. Endoscopic study of mechanisms of failure of endotracheal tube advancement into the trachea during awake fiberoptic orotracheal intubation. *Anesthesiology* 2005;102:910-4.
 134. Charters P, O’Sullivan E. The “dedicated airway”: a review of the concept and an update of current practice. *Anaesthesia* 1999;54:778-86.
 135. Higgs A, Clark E, Premraj K. Low-skill fiberoptic intubation: use of the Aintree Catheter with the classic LMA. *Anaesthesia* 2005;60:915-20.
 136. Cook TM, Silsby J, Simpson TP. Airway rescue in acute upper airway obstruction using a ProSeal Laryngeal mask airway and an Aintree Catheter: a review of the ProSeal Laryngeal mask airway in the management of the difficult airway. *Anaesthesia* 2005;60:1129-36.
 137. Wilson WC, Benumof JL. *Anaesthesia for thoracic surgery*. In: Miller RD, editor. *Miller’s anaesthesia*. Philadelphia: Churchill Livingstone ed.; 2005. p.1847-940.
 138. Cohen E. Methods of lung separation. *Minerva Anesthesiol* 2004;70:313-8.
 139. Patane PS, Shell BA, Mahala ME. Awake fiberoptic endobronchial intubation. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1990;4:229-31.

Received on January 17, 2008. Accepted for publication on October 6, 2008.

Corresponding author: A. Guarino, MD, Department of Anaesthesiology and Intensive Care Medicine, Villa Scassi Hospital, C.so Scassi 1, 16149 Genova, Italy. E-mail: arturo.guarino@villascassi.it

Raccomandazioni per il controllo delle vie aeree e la gestione delle difficoltà in anestesia toracica e separazione polmonare

G. MERLI, A. GUARINO, G. DELLA ROCCA, G. FROVA, F. PETRINI, M. SORBELLO, C. COCCIA

in cooperation with SIAARTI Studying Group on Difficult Airway*

*A. ACCORSI, E. ADRARIO, F. AGRO, G. AMICUCCI, M. ANTONELLI, F. AZZERI, S. BARONCINI, G. BETTELLI, F. BIOLCATI, C. CAFAGGI, D. CATTANO, E. CHINELLI, T. COLLAVO, U. CORBANESE, R. CORSO, G. DELLA ROCCA, A. DI FILIPPO, I. DI GIACINTO, P. DONATO, E. FACCO, R. FAVARO, F. FERRARO, G. FINCO, G. FROVA, D. GALANTE, L. GATTINONI, F. GIUNTA, G. GIURATI, F. GIUSTI, A. GUARINO, E. IANNUZZI, G. IVANI, G. LEDDA, A. MARCHI, V. MATTIOLI, M. MENARINI, G. MERLI, L. MICELI, E. MONDELLO, M. MOROSI, M. OLIGERI, F. PALA, B. PESETTI, F. PETRINI, A. PIGNA, G. PITTONI, D. RIPAMONTI, G. ROSA, R. ROSI, I. SALVO, E. SANTANGELO, A. SARTI, M. SCOPONI, G. SERAFINI, M. SORBELLO, F. TANA, R. TUFANO, S. VESCONI, A. VILLANI, M. ZAULI

La gestione delle vie aeree difficili è un argomento di grande interesse per gli anestesisti rianimatori ed è stato oggetto di linee guida da parte delle diverse Società Scientifiche Internazionali¹⁻⁶ e, recentemente, in Italia, di pubblicazioni di “Raccomandazioni per il Controllo delle Vie Aeree e la Gestione delle Difficoltà”, sia per il paziente adulto che pediatrico, a cura del Gruppo di Studio SIAARTI “Vie Aeree Difficili”^{7, 8}.

L'identificazione di principi generali di valutazione delle difficoltà e la conoscenza di schemi comportamentali comuni, nati dall'esperienza e dal consenso di esperti, costituiscono un fondamento culturale indispensabile per una corretta pratica anestesiológica. È interessante, inoltre, rilevare che a ogni approccio specialistico vengono affrontate problematiche specifiche, le cui risoluzioni integrano e completano i principi generali già conosciuti. L'anestesia in chirurgia toracica non fa eccezione: in questo settore, le tecniche di separazione polmonare (*lung separation*, LS) e ventilazione monopolmonare (*one lung ventilation*, OLV), l'utilizzo di presidi dedicati, le modificazioni fisiopatologiche indotte per effettuare interventi chirurgici a torace aperto o chiuso amplificano le difficoltà e richiedono applicazioni avanzate delle procedure di gestione delle vie aeree. È pertanto evidente che, in anestesia toracica, il controllo delle vie aeree sia di base difficile e debba essere effettuato con adeguata perizia, soprattutto se affrontato saltuariamente. Questo approccio tecnico elaborato, in quanto di base complesso, non raramente viene ulteriormente complicato nei pazienti con caratteristiche di “vie aeree difficili”.

Lo scopo di questa pubblicazione è quello di esaminare tutte le opzioni di gestione delle vie aeree in anestesia toracica e LS, sia durante un normale iter clinico sia in condizioni di difficoltà. In questo settore, la *evidence based medicine* non permette la stesura di Linee Guida dedicate: vengono pertanto esaminate differenti strategie comportamentali e approcci clinici specialistici, basati su conoscenze ampiamente accettate e su specifiche esperienze maturate nell'applicazione delle tecnologie e nell'utilizzo dei presidi oggi disponibili.

Dimensioni del problema

La letteratura che analizza l'incidenza di difficoltà di gestione delle vie aeree in ambito generale o in alcuni cam-

pi specialistici (come in ostetricia) è ampia, anche se con lavori difficilmente confrontabili tra loro. Sono invece rari gli studi che analizzano la frequenza di questi eventi in anestesia toracica.

Il “National Confidential Enquiry into Perioperative Deaths” riporta, nei casi di pazienti sottoposti a esofagogastrectomia e deceduti, un'incidenza del 30% di problematiche legate alla gestione del tubo doppio lume (*double lumen tube*, DLT) con riscontro di periodi prolungati di ipossiemia e ipoventilazione e mancato utilizzo di strumenti avanzati, come il broncoscopio a fibre ottiche (*fiber optics bronchoscope*, FOB)⁹.

Nella maggiore casistica riportata in letteratura, 1 170 pazienti consecutivi sottoposti a intubazione con DLT, si sono riscontrate difficoltà di intubazione nel 2,6% dei pazienti¹⁰.

L'intubazione con un DLT o il posizionamento di un bloccatore bronchiale (*bronchial blocker*, BB) è manovra complessa a causa di vari fattori¹¹:

- i presidi utilizzati per l'intubazione, in particolare i DLT e i BB, hanno caratteristiche intrinseche che rendono il loro utilizzo più complesso e più esposto a particolari complicanze: richiedono, quindi, uno specifico iter di formazione e di esperienza;

- il controllo e il monitoraggio delle vie aeree richiedono conoscenze specialistiche e capacità di utilizzo di strumentazioni avanzate, fra le quali il FOB è basilare;

- allo stato attuale la letteratura non fornisce evidenze sufficienti a permettere l'elaborazione di Linee Guida o di indicazioni assolute.

Indicazioni alla ventilazione monopolmonare

La OLV è indicata sia per favorire l'accesso chirurgico a strutture toraciche altrimenti difficilmente raggiungibili, sia per proteggere il polmone sano dalla contaminazione di patologie controlaterali¹².

Il ricorso alla OLV costituisce un'indicazione assoluta quando è indispensabile per prevenire complicanze rischiose per la vita del paziente, come ad esempio emorragie massive, diffusione di materiali contaminanti o massive perdite aeree¹²⁻¹⁶. L'esposizione chirurgica di per sé viene considerata un'indicazione di carattere relativo, anche se nume-

TABELLA I. — *Indicazioni alla ventilazione monopolmonare: classificazione secondo classi di priorità.*

| | |
|---|--|
| <p>Assolute: prevenzione di complicanze quoad vitam</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Protezione di un polmone dalla patologia controlaterale <ul style="list-style-type: none"> — emorragie massive — infezioni 2. Controllo della distribuzione della ventilazione <ul style="list-style-type: none"> — fistola broncopleurica — fistola bronco-pleuro-cutanea — apertura chirurgica di vie aeree maggiori — cisti o bolle giganti polmonari monolaterali — lesioni gravi dell'albero tracheobronchiale — ipossia potenzialmente letale per pneumopatia unilaterale 3. Lavaggio broncopolmonare monolaterale <ul style="list-style-type: none"> — proteinosi alveolare polmonare | <p>Relative: necessità di esposizione chirurgica</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Esposizione chirurgica - alta priorità <ul style="list-style-type: none"> — toracosopia video-assistita — aneurismectomia dell'aorta toracica — pneumonectomia — lobectomia superiore destra — esposizione mediastinica 2. Esposizione chirurgica - bassa priorità <ul style="list-style-type: none"> — lobectomie medie e inferiori, resezioni subsegmentali — chirurgia esofagea — chirurgia colonna vertebrale dorsale 3. Rimozione di emboli polmonari totalmente occludenti |
|---|--|

TABELLA II. — *Presidi indispensabili per la gestione delle vie aeree in anestesia toracica e ventilazione monopolmonare.*

| | |
|---|--|
| <p>Raccomandazioni SIAARTI (2005): presidi indispensabili</p> <ul style="list-style-type: none"> — Laringoscopio rigido convenzionale con lama curva in versione media e lunga — Tubi tracheali cuffiati di misura variabile — Mandrino corto malleabile — Introduttore tracheale (preferibilmente cavo) — Pinza di Magill — LMA™ o altro presidio extra-glottico (EGD) in base all'esperienza individuale — Agocannula per puntura cricotiroidea di almeno 15 G — Set per cricotirotonomia percutanea (preferibilmente con tecnica di Seldinger) <p>Gestione delle vie aeree per ventilazione monopolmonare: presidi aggiuntivi, considerati indispensabili</p> <ul style="list-style-type: none"> — Tubi doppio lume: varie misure — Bloccatori bronchiali e/o tubo Univent — Mandrino corto malleabile (per ventilazione bipolmonare) — Scambiatubi misura 11-14 Fr — Introduttore tracheale cavo in versione lunga — Broncoscopio a fibre ottiche con fonte di luce | <ul style="list-style-type: none"> — rigidità; — cuffie a basso volume-alta pressione e con forma asimmetrica; — lume di forma ovoidale e di piccole dimensioni (a forma di "D" nei Robertshaw); — elevata traumaticità sulle strutture anatomiche; — presenza di componenti in lattice. <p>La rigidità del materiale costruttivo, la presenza di uncino carenale, anch'esso rigido (Carlens e White) e le elevate pressioni esercitate dalle cuffie sulla mucosa sono causa di potenziale traumaticità. Inoltre, le caratteristiche costruttive sono responsabili della presenza di lumi interni di calibro non costante per tutta la lunghezza del tubo e, comunque, di un calibro eccessivamente ridotto rispetto alla sezione di superficie: ciò comporta elevate resistenze al flusso aereo e difficoltà all'aspirazione endoluminale.</p> <p>I moderni DLT (sinistro, destro, con o senza uncino carenale) sono monouso e caratterizzati da:</p> <ul style="list-style-type: none"> — PVC come materiale costruttivo; — lume trasparente (blu la cuffia del lume bronchiale); — lume più ampio (rapporto diametro interno [<i>inner diameter</i>, ID]/diametro esterno [<i>outer diameter</i>, OD] favorevole) con sezione a forma di "D"; — cuffie ad alto volume-bassa pressione di forma variabile (rotonde, fusiformi, a botte, ecc.). <p>Sono prodotti in varie misure (26, 28, 32, 35, 37, 39, 41 Ch/Fr) con piccole differenze tra i vari produttori (Mallinkrodt-Tyco, Portex-Smiths, Rusch-Teleflex, Hudson-Teleflex) ¹⁶.</p> <p>Le dimensioni dei DLT sono espresse in Charriere (Ch) o in French (Fr) che sono misure di circonferenza e non di diametro. Nei prodotti in commercio si riscontrano differenze significative nei rispettivi OD, se espressi in Ch/Fr o in millimetri (formula di conversione: Ch/3,14 o French/3 = OD espresso in mm). Questo è verosimilmente legato alla forma non perfettamente circolare dei DLT, che presentano un diametro latero-laterale superiore a quello antero-posteriore.</p> <p>Esistono variazioni anche nella distanza fra cuffia e punta del tubo fra DLT, pur di medesimo calibro, di differenti aziende produttrici ^{33, 34}.</p> <p>L'ISO, Organizzazione Internazionale per la</p> |
|---|--|

rosi altri fattori possono rientrare nella globalità della valutazione clinica e contribuire a modificare le priorità ¹⁷⁻³² (Tabella I).

Presidi e gestione di base delle vie aeree

I materiali e gli strumenti per il controllo delle vie aeree considerati indispensabili dalle Raccomandazioni SIAARTI devono essere integrati da presidi specifici per il controllo delle vie aeree per la LS (Tabella II).

Tubi doppio lume

I DLT in gomma rossa (Carlens, White e Robertshaw) sono sterilizzabili e possono essere riutilizzati, ma sono oggi considerati obsoleti a causa delle loro caratteristiche intrinseche:

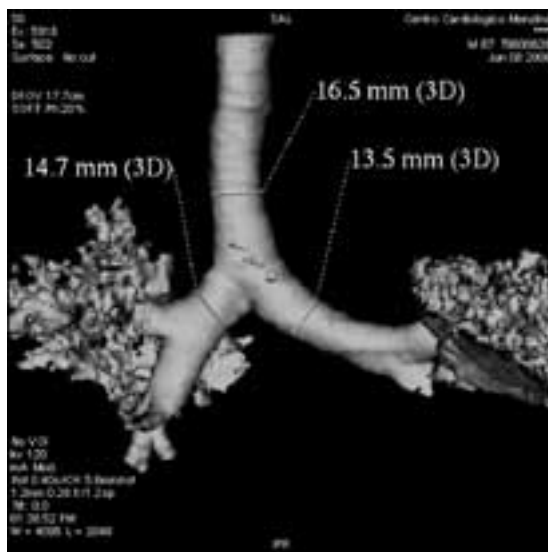


Figura 1.—Immagine TAC con ricostruzione tridimensionale dell'albero tracheobronchiale e misura diretta dei diametri della trachea e dei bronchi principali.

Standardizzazione, sta attualmente creando degli standard per i DLT, con l'obiettivo di ottenere dai produttori specifiche affidabili e comuni su dimensioni e lunghezze dei tubi ³⁵.

Esiste una cannula tracheotomica doppio-lume, sia sinistro che destro, in PVC (Tracheopart®, Rusch-Teleflex) da impiegare nei pazienti tracheotomizzati o laringectomizzati.

SCELTA DEL TUBO

Per le ragioni esposte precedentemente, al momento attuale, i DLT in PVC costituiscono la scelta preferibile nell'uso clinico routinario.

Vi è, inoltre, la tendenza a preferire, tra i DLT in PVC, i tubi privi di uncino carenale allo scopo di ridurre il potenziale traumatismo che questo comporta durante la manovra di intubazione e/o estubazione.

La maggior parte degli Autori ^{10, 12, 16} sceglie preferenzialmente un DLT sinistro per procedure che coinvolgono

sia il polmone sinistro sia quello destro, riservando l'uso del DLT destro a poche patologie interessanti il bronco principale sinistro:

- lacerazioni;
- ostruzione intrinseca (tumori) ed estrinseca (tumori, aneurismi aorta toracica discendente);
- procedure chirurgiche coinvolgenti il tratto prossimale del bronco principale sinistro.

Le ragioni di una scelta a sfavore del DLT destro, nonostante numerosi esperti ne sottolineino un buon grado di sicurezza ^{36, 37}, sono giustificate da vari fattori:

- minor lunghezza del bronco principale destro rispetto al sinistro e più piccolo margine medio di sicurezza del bronco destro (<9 mm) rispetto al sinistro (16-19 mm) ³⁸. Il margine di sicurezza è definito come la lunghezza di un segmento dell'albero tracheobronchiale, lungo il quale un DLT possa essere mosso o posizionato senza causare ostruzione di una via aerea;
- origine del bronco lobare superiore destro prossima alla carena con una elevata incidenza di anomalie anatomiche (aumentato rischio di ostruzione e atelettasia del lobo superiore destro);
- posizionamento più complesso;
- più elevata incidenza di dislocazioni durante l'utilizzo;
- necessità assoluta di sostituzione in caso di assistenza ventilatoria postoperatoria.

DIMENSIONI DEL TUBO

Una scelta logica di un DLT di corrette dimensioni richiede buona conoscenza dell'anatomia delle vie aeree del paziente con particolare riferimento alla dimensione della trachea, nonché alla dimensione e lunghezza del bronco principale da intubare selettivamente ³⁹.

Il DLT di dimensioni ottimali è il tubo di calibro maggiore che passi atraumaticamente attraverso la glottide, avanzi facilmente lungo la trachea ed entri nel bronco principale senza difficoltà: una piccola fuga d'aria deve essere presente quando la cuffia è sgonfia. Tubi più grossi possono lesionare le vie aeree, tubi più piccoli possono più facilmente dislocarsi, ostruire un lobo, di solito il superiore, o non isolare efficacemente ¹⁰.

Non esistendo protocolli univoci, sono stati proposti vari metodi per determinare la dimensione corretta di un DLT:

TABELLA III. — *Indicazioni per la scelta di un DLT sinistro sulla base delle dimensioni di trachea e bronco principale sinistro.*

| ID trachea (mm) | ID bronco sinistro (mm) | DLT (Ch/Fr) | OD DLT tracheale (mm) | OD DLT bronchiale sinistro (mm) |
|-----------------|-------------------------|-------------|-----------------------|---------------------------------|
| ≥18 | ≥12,2 | 41 | 14-15 | 10,6 |
| ≥16 | ≥10,9 | 39 | 13-14 | 10,1 |
| ≥15 | ≥10,2 | 37 | 13-14 | 10 |
| ≥14 | ≥9,5 | 35 | 12-13 | 9,5 |
| ≥12,5 | ≥ 8,5 | 32 | 10-11 | 8,3 |
| ≥11 | ≥7,5 | 28 | 9,4 | 7,4 |

DLT (double lumen tube): tubo doppio lume; ID (inner diameter): diametro interno; OD (outer diameter): diametro esterno.

TABELLA IV. — Parametri di riferimento per la scelta di un tubo doppio lume.

| Sesso | Altezza (cm) | DLT (Ch/Fr) |
|---------|--------------|-------------|
| Femmine | <150 | 32 |
| | <160 | 35 |
| | >160 | 37 |
| Maschi | <160 | 37 |
| | <170 | 39 |
| | >170 | 41 |

DLT (double lumen tube): tubo doppio lume.

TABELLA V. — Formule utilizzate per calcolare la corretta profondità di inserimento di un DLT.

| Altezza del paziente (cm) | Profondità di inserimento del DLT (cm) |
|---------------------------|--|
| 170±10 cm | 28-29±1-1,5 cm |

Profondità di inserimento del DLT (cm) = 12,5 + [0,1 x altezza (cm)]

DLT (double lumen tube): tubo doppio lume.

Metodi radiologici.—Misura diretta del diametro della trachea e/o del bronco principale sinistro esaminati tramite Rx postero-anteriore o TAC del torace, eseguiti su un asse interclavare e/o sottocarenale⁴⁰⁻⁴² (Figura 1).

La correlazione tra diametro di trachea e bronco principale sinistro è stata confermata da recenti studi TAC, che hanno evidenziato un coefficiente di 0,75 per il sesso maschile e di 0,77 per quello femminile⁴³.

Un altro studio radiologico ha ulteriormente confermato questa correlazione ed elaborato una formula per il calcolo del diametro bronchiale quando solo quello tracheale è disponibile⁴⁴:

$$\text{ID bronco sin in mm} = (0,45 \times \text{ID trachea in mm}) + 3,3 \text{ mm.}$$

L'analisi delle immagini TAC non è generalmente utilizzata come ausilio alla gestione routinaria delle vie aeree; tuttavia, questo aspetto dovrebbe essere tenuto in maggior considerazione e potrebbe essere incluso in protocolli clinici di valutazione radiologica preoperatoria⁴⁵. Infatti, questo approccio può rappresentare un metodo efficace per lo studio della morfologia e della pervietà del bronco principale sinistro⁴⁶⁻⁴⁸.

Nella Tabella III sono riportati i ID di trachea e bronco principale sinistri a OD dei DLT⁴⁹.

Applicazione di formule secondo caratteristiche di altezza e sesso del paziente.—Incostante è il riscontro di correlazione tra parametri antropometrici e il diametro tracheale. Uno studio ha recentemente riscontrato una debole ma significativa correlazione tra altezza e diametro bronchiale sia per il sesso maschile che per quello femminile⁴⁴.

Viene proposto un metodo (Tabella IV) che si adatta alla maggioranza della popolazione e che si basa sul rilievo del-

TABELLA VI. — Raccomandazioni per il corretto posizionamento di un tubo doppio lume.

- Scegliere il DLT in PVC di dimensione maggiore che entri nella via aerea
- Rimuovere il mandrino bronchiale al passaggio della punta oltre le corde vocali
- Avere estrema cautela nei pazienti affetti da patologie tracheo-bronchiali, leucemia, terapia steroidea, ipoperfusione
- Introdurre il DLT secondo l'appropriata distanza, basata sull'altezza del paziente
- Gonfiare entrambe le cuffie lentamente
- Utilizzare una siringa da 3 ml per gonfiare la cuffia bronchiale (in tal modo, limitare il volume di aria inseribile nella cuffia bronchiale)
- Non sovradiendere mai le cuffie: in particolare, se si è scelto un DLT di dimensioni adeguate, introdurre meno di 3 mL di aria nella cuffia bronchiale; se è necessaria più aria, ricontrollare la posizione del DLT clinicamente e con FOB
- Utilizzare il FOB per il controllo di corretto posizionamento del DLT
- Se si utilizza il N₂O, misurare frequentemente la pressione della cuffia e abbassarla periodicamente, se necessario, riportando il volume di inflazione a quello originale: mantenere la pressione delle cuffie, soprattutto quella bronchiale <30 cmH₂O
- Ridurre il volume di entrambe le cuffie prima di spostare il paziente
- Ridurre il volume della cuffia bronchiale quando l'isolamento polmonare o la ventilazione selettiva non sono necessari
- Durante chirurgia esofagea, considerare la parziale deflazione della cuffia quando le manovre chirurgiche si avvicinano alla posizione delle cuffie

DLT (double lumen tube): tubo doppio lume; FOB (fiber optics bronchoscope): broncoscopio a fibre ottiche; LS (lung separation): separazione polmonare; OLV (one lung ventilation): ventilazione monopolmonare.

l'altezza dei pazienti di sesso maschile e femminile⁵⁰. Un altro studio di recente pubblicazione suggerisce che l'utilizzo di DLT di calibro più piccolo rispetto a quanto convenzionalmente utilizzato potrebbe avere simili esiti intraoperatori e ripropone il tema del DLT di calibro ottimale⁵¹.

TECNICA DI INTUBAZIONE

La tecnica di intubazione con DLT prevede, generalmente, l'impiego del laringoscopio a lama curva di Macintosh, che assicura un ampio spazio di visuale in orofaringe. Esistono in letteratura descrizioni di intubazione con DLT mediante l'utilizzo di altre tipologie di laringoscopi, come il GlideScope^{52, 53}, il Laringoscopio di Bullard⁵⁴, il WuScope⁵⁵ o con l'ausilio di alcuni videostiletti⁵⁶.

Il mandrino standard, se utilizzato, deve essere obbligatoriamente rimosso appena la punta del DLT supera le corde vocali, nonostante siano riportati in letteratura comportamenti discordanti⁵⁷. A questo punto, la tecnica di intubazione può prevedere differenti tipi di manovre a seconda della tipologia di DLT utilizzato ed è accuratamente descritta in letteratura^{39, 58}.

La corretta profondità di inserimento del DLT è direttamente proporzionale all'altezza del paziente^{10, 59, 60} e la

formula più semplice per calcolare la giusta distanza è riportata nella Tabella V^{10, 61}.

Si deve considerare che le variazioni di profondità di inserimento, abitualmente di 1 cm, possono essere di 1,5 cm in caso di soggetti di bassa statura (ad es. popolazione asiatica)⁶⁰.

L'inserimento del DLT fino a quando si avverta una moderata resistenza può portare a malposizionamenti, soprattutto se il calibro del tubo scelto è piccolo.

La tecnica di intubazione con DLT non può quindi prescindere da alcune fondamentali raccomandazioni atte a coniugare il miglior risultato con il minor tasso di complicanze (Tabella VI). L'impiego del FOB durante l'inserimento di un DLT o il controllo con FOB dopo il posizionamento del DLT possono essere considerati un *gold standard* nell'intubazione selettiva.

La scelta di una delle tecniche di intubazione con DLT (alla cieca o sotto visione diretta) è dipendente dall'operatore e dalla sua esperienza, è effettuata dopo attenta valutazione del paziente e può essere influenzata da condizioni cliniche di elezione o urgenza/emergenza⁶²⁻⁶⁴.

CONTROLLO DI CORRETTO POSIZIONAMENTO

La valutazione di corretto posizionamento di un DLT deve sempre comprendere sia il controllo clinico sia il controllo strumentale: è indispensabile che questi vengano sempre effettuati dopo l'intubazione, dopo l'eventuale posizionamento del paziente in decubito laterale, all'inizio dell'intervento e ogni volta in cui si verifichi un'alterazione dell'omeostasi respiratoria.

Controllo clinico.—Ispezione e auscultazione.

L'ispezione permette di osservare la simmetrica espansione del torace durante ventilazione bipolmonare (*double lung ventilation*, DLV) e l'asimmetria tra i due emitoraci dopo il clampaggio selettivo durante OLV.

L'auscultazione toracica va sempre effettuata sia all'apice che lateralmente, durante DLV e durante OLV.

Se l'esame obiettivo durante DLV è normale, si procede al clampaggio selettivo, a partire dal lato da escludere, e quindi alla OLV: dovrebbe scomparire il murmure vescicolare dal lato escluso e mantenersi controlateralmente.

Un'asimmetrica auscultazione tra apice e base, con assenza dei rumori respiratori in sede apicale, può essere dovuta ad un'eccessiva introduzione del DLT sinistro, che va quindi gradualmente ritirato. In caso di impiego di un DLT destro tale riscontro auscultatorio è verosimilmente causato da un posizionamento non simmetrico che non permette la ventilazione del lobo superiore.

Controllo strumentale.—ETCO₂, ispezione con FOB e ulteriori monitoraggi.

Il monitoraggio dell'ETCO₂ è obbligatorio durante qualsiasi anestesia in sala operatoria e deve essere regolarmente effettuato. Infatti, è indice di avvenuta intubazione, consente una corretta impostazione e regolazione della ventilazione artificiale meccanica, coadiuva il monitoraggio emodinamico, ecc. Questo parametro e le sue variazioni non sono però considerati adeguatamente efficienti nel rilevare un malposizionamento o una dislocazione del DLT⁶⁵.

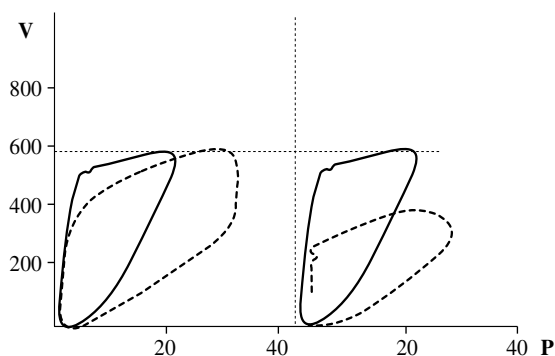


Figura 2.—Variazione del loop pressione/volume dopo clampaggio del lume bronchiale in caso di corretto posizionamento e in caso di dislocazione del DLT. P: pressione; V: volume.

L'ispezione con il FOB è oggi da considerare indispensabile in anestesia toracica e LS, anche se non sostituisce l'esame clinico, che va conosciuto e comunque sempre effettuato^{10, 12, 16, 66-71}.

La broncoscopia attraverso il lume tracheale consente di riconoscere le strutture anatomiche come la carena tracheale e i bronchi principali e di verificare il corretto posizionamento della porzione bronchiale del DLT e della sua cuffia.

Quando il FOB è inserito nel lume bronchiale, è possibile verificare l'assenza di ostruzione del ramo bronchiale del DLT, il suo allineamento rispetto al bronco principale, il corretto gonfiaggio della cuffia bronchiale senza erniazioni ostruenti.

Il FOB può essere utilizzato per riposizionare un DLT non correttamente inserito o successivamente dislocato.

Ulteriore aiuto alla valutazione clinica è fornito dal rilievo dei volumi e delle pressioni inspiratorie ed espiratorie. Si dovrebbe avere solamente un modesto incremento della pressione di insufflazione nel passaggio da DLV a OLV, mantenendo i medesimi volumi insufflati. La pressione di picco all'insufflazione non dovrebbe mai superare il valore di 40 cmH₂O¹⁶.

Se la pressione di picco delle vie aeree è eccessivamente alta dopo il clampaggio del lume bronchiale e la OLV, è verosimile che il DLT non sia sufficientemente inserito nel bronco e la cuffia bronchiale sia parzialmente ostruente in trachea: in tal caso si dovrebbe introdurre il DLT di 0,5 cm alla volta fino a normalizzazione delle pressioni. Se la pressione di picco è troppo alta dopo il clampaggio del lume tracheale, è verosimile che il DLT sia eccessivamente profondo e il ramo bronchiale sia distalmente ostruente: il DLT deve essere ritirato 0,5 cm alla volta.

Interessante è l'utilizzo della spirometria e in particolare del loop volume-pressione come indicatore di corretto posizionamento del DLT. In caso di dislocazione del DLT, la conseguente perdita aerea è evidenziata dall'apertura del loop, mentre il carico di lavoro resistivo, conseguenza dell'effetto di parziale ostruzione esercitato dalla cuffia bronchiale nel lume tracheale, è mostrato dallo spostamento verso il basso e verso destra della curva (Figura 2)^{65, 72-75}.

Il monitoraggio manometrico della pressione delle cuffie è utile perché riduce l'incidenza di possibili lesioni del-

TABELLA VII. — *Complicanze associate all'utilizzo dei tubi doppio lume.*

| Complicanze | Possibili cause |
|--|---|
| | Laringoscopia difficile (secondo le Raccomandazioni SIAARTI 7) Intubazione difficile (secondo le Raccomandazioni SIAARTI 7) |
| Difficoltà di intubazione | Difficoltà di introduzione — DLT di calibro eccessivo — Difficoltoso passaggio glottico dell'uncino carenale — Ostruzione in-estrinseca della via aerea Difficoltà di corretto posizionamento — Insufficiente avanzamento nel bronco — Eccessivo avanzamento nel bronco — Torsione del DLT — Posizionamento nel bronco sbagliato — Erniazione/lacerazione della cuffia bronchiale e/o tracheale — Ripiegamento punta lume bronchiale Scorretta gestione del DLT — Inadeguato fissaggio del tubo — Inadeguato gonfiaggio delle cuffie — Sovradistensione della cuffia bronchiale |
| Dislocazione | Spostamenti del paziente — Posizionamento in decubito laterale — Flesso-estensione del capo Manipolazione chirurgica durante — Trazione sull'ilo polmonare — Chirurgia in sede carenale — Pneumonectomia — Trapianto di polmone |
| Traumi | Trauma diretto legato a: — Laringoscopia inadeguata — Utilizzo di mandrini, introduttori, scambiatubi — DLT eccessivamente rigidi (gomma rossa) — DLT di calibro inadeguato — Presenza di uncino carenale — Sovradistensione cuffia tracheale e/o bronchiale Trauma diretto facilitato da debolezza delle strutture tracheo-bronchiali legate a presenza di: — Aneurismi arteria aorta toracica discendente e arteria polmonare — Tumori polmonari e mediastinici — Tracheomalacia — Terapie steroidee croniche |
| Ipossipemia, disventilazione | Malposizionamento DLT Dislocazione intraoperatoria Lesione vie aeree |
| Contaminazione polmonare | Malposizionamento DLT Dislocazione |
| Interferenza con l'intervento chirurgico | Inadeguata tenuta cuffie Compressione/ostruzione durante le manovre chirurgiche Lume bronchiale suturato con il bronco o i vasi polmonari |

DLT (double lumen tube): tubo doppio lume.

la mucosa acute (rottura da sovradistensione) o croniche (stenosi da ischemia). Inoltre, può rappresentare un indice clinico di possibile dislocazione del DLT⁶⁵.

COMPLICANZE

Le complicanze più comuni nell'utilizzo dei DLT sono i traumi e il malposizionamento (Tabella VII), ma numerose altre complicanze sono riportate dalla letteratura e dal-

l'esperienza clinica quotidiana. Due esempi sono le interferenze della parte endobronchiale con le manovre chirurgiche o la difficoltà di rimozione del DLT per trafissione del tubo da parte della sutura chirurgica.

L'incidenza dei traumatismi da DLT è di 0,5-2/1 000 casi di intubazione.

Fattori favorevoli possono essere l'utilizzo del N₂O o un'intrinseca debolezza della parete tracheo-bronchiale, ma l'imperizia può giocare un ruolo fondamentale. Infatti, l'ab-

TABELLA VIII. — *Principali caratteristiche dei bloccatori bronchiali di maggior impiego clinico.*

| Bloccatore | Dimensioni | Lunghezza | Cuffia | Volume cuffia | Lume centrale |
|---|--|----------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|------------------|
| Fogarty Embolectomy Catheter | Adulti OD 6-8 Fr Children OD 2-5 Fr | 80 cm | HP-LV sferica | 0.2-3 mL | NO |
| Univent Torque Control Blocker | Adulti ID 6-9 mm OD 9,7- 14,5 mm Bambini >6 years ID 3,5-4,5 mm OD 7,5-9 mm | ETT Standard | HP-LV sferica | 1-2 mL LB 4-8 mL MB 1-3 mL | ID 2 mm - |
| Arndt Wire-guided Endobronchial Blocker | Adulti OD 7-9 Fr Bambini OD 5 Fr | 65-78 cm | HV-LP sferica | 2-3 mL LB 5-8 mL MB | ID 1.4 mm |
| | | 65 cm | ellittica | 1-3 mL 5-8 mL | ID 0.7 mm |
| Cohen Flextip Endobronchial Blocker | OD 9 Fr | 65 cm (3 cm flextip) | HV-LP a pera | 5-8 mL | ID 1.6 mm |
| HS Endoblocker | OD 9 Fr Punta angolata | 60 cm | HV-LP sferica | 5-8 mL | ID 2 mm |
| Coopdech Endobronchial Blocker Tube | OD 9 Fr Punta angolata | 60 cm | HV-LP "a botte" fusiforme | 5-8 mL | ID 2 mm |
| Uniblocker | Adulti OD 9 Fr Punta angolata OD 4,5 Fr Punta angolata | 66.5 cm | HV-LP sferica | 1-3 mL | ID 2 mm - |

OD (outer diameter): diametro esterno; ID (inner diameter): diametro interno; HP (high pressure): pressione alta; HV (high volume): volume alto; LP (low pressure): pressione bassa; LV (low volume): volume basso; LB (lobar bronchus): bronco lobare; MB (main bronchus): bronco principale; ETT (endotracheal tube): tubo endotracheale monolume.

bandono quasi totale dei tubi di gomma rossa non ha eliminato l'incidenza di traumatismo, che è legato per lo più a scelte di DLT di dimensioni non corrette.

La sovradistensione della cuffia può avere conseguenze deleterie sulla mucosa tracheobronchiale.

Una lesione a carico delle vie aeree si presenta con perdita aerea, enfisema sottocutaneo, emorragia nella via aerea, instabilità emodinamica causata dall'eventuale pneumotorace iperteso. In caso di lacerazione incompleta, l'aria può dis-

secare nell'avventizia producendo una dilatazione aneurismatica della pars membranacea. Il N₂O può ulteriormente espandere la raccolta aerea. I segni della lesione possono non essere evidenti per diverse ore dal trauma iniziale e manifestarsi quando insorgono pneumomediastino o pneumotorace.

In caso di sospetta lesione dell'albero tracheobronchiale, l'utilizzo diagnostico del FOB è indispensabile per decidere se avviare il paziente a un'immediata riparazione chirurgica.

TABELLA IX. — *Vantaggi e svantaggi del bloccatore bronchiale nei confronti del tubo doppio lume.*

| Vantaggi | Svantaggi |
|---|--|
| — Paziente intubato che necessita di ventilazione monopolmonare | — Tempo di posizionamento più lungo rispetto a quanto necessario per un tubo DLT inserito senza difficoltà |
| — Paziente tracheotomizzato che necessita di ventilazione monopolmonare | — Uso esperto del fibroscopio flessibile |
| — Intubazione nasotracheale | — Tempo più prolungato per attuare il collasso polmonare monolaterale: in letteratura è riportato l'utilizzo di aspirazione selettiva |
| — Paziente con vie aeree difficili che necessita di ventilazione monopolmonare | — Difficoltà nell'aspirazione delle secrezioni |
| — Necessità di rapid sequence induction/intubation in paziente che richieda ventilazione monopolmonare | — Mancanza di sicurezza in caso di emorragia intraoperatoria inattesa ed improvvisa in cui si osservi passaggio di sangue nell'albero tracheo-bronchiale (o pus) |
| — Non necessaria la sostituzione postoperatoria del tubo in caso di assistenza ventilatoria o di condizioni che rendano rischiosa l'estubazione (ed es. edema postoperatorio dei tessuti molli, ecc.) | — Dislocazione |
| — Bronchi di piccole dimensioni | |
| — Blocco lobare selettivo | |
| — Permettono la separazione polmonare nel paziente pediatrico piccolo per il quale non esistono adeguati DLT | |

OLV (one lung ventilation): ventilazione monopolmonare; DLT (double lumen tube): tubo doppio lume; FOB (fiber optics bronchoscope): broncoscopio a fibre ottiche; LS (lung separation): separazione polmonare.

gica, operazione spesso necessaria per una prognosi favorevole. Sono possibili, tuttavia, anche trattamenti conservativi in casi selezionati.

La broncoscopia può essere un importante ausilio per una diagnosi precoce di lesione delle vie aeree.

Il malposizionamento può anche essere causato da ulteriori fattori indipendenti dalla tecnica di intubazione. Tra questi la manipolazione chirurgica e la sovradistensione della cuffia bronchiale possono causare uno spostamento prossimale del tubo, mentre la flessione-estensione della testa e del collo può causare spostamenti della punta del DLT, sia in direzione craniale che caudale, di una media di 2,7 cm (flessione) e di 3,5 cm (estensione) ^{12, 16, 45, 49, 76-93}.

Tubi endobronchiali monoluma

I tubi endobronchiali (*endobronchial tubes*, EBT) sono tubi dotati di singolo lume e doppia cuffia ed erano utilizzati in passato per effettuare la LS. Sono attualmente quasi scomparsi dall'utilizzo clinico, sostituiti da DLT e tubi endobronchiali monoluma (*endotracheal tube*, ETT) con BB.

Le loro principali caratteristiche sono: presenza di un singolo lume come un ETT standard, forma precurvata, sinistra o destra, presenza di una cuffia tracheale e di una bronchiale.

Sono disponibili commercialmente EBT in PVC (Rusch-Teleflex, Fuji-Phycon).

Questi presidi hanno poche indicazioni nell'attuale pratica anestesiológica.

È stata recentemente proposta una rivalutazione del loro ruolo almeno limitatamente a particolari situazioni cliniche. Infatti, la presenza di un lume singolo e di ampia dimensione può favorire il passaggio di un FOB o di un catetere scambiabile (*airway exchange catheter*, AEC) durante complesse manovre di gestione delle vie aeree, ad esempio nel-

la chirurgia della trachea distale o dei bronchi principali. Inoltre, nel paziente che presenta vie aeree difficili, soprattutto se in condizioni di emergenza, un EBT potrebbe rendere la manovra di intubazione più semplice di quanto sia con un DLT e garantire migliore protezione polmonare rispetto a un BB ⁹⁴.

Bloccatori bronchiali

I BB sono presidi utilizzati, in alternativa ai DLT, per permettere la LS e la OLV.

Specifici per questo impiego sono Univent Torque Control Blocker (Fuji SC), Arndt Wire-guided Endobronchial Blocker (Cook), Cohen Flextip Endobronchial Blocker (Cook), HS Endo-Blocker (Hospital Service), Coopdech Endobronchial Blocker Tube (Portex-Smiths) e Uniblocker (Fuji SC).

Sono stati, però, ampiamente utilizzati in veste di BB anche presidi creati per altro scopo come il catetere da embolectomia Fogarty, il catetere da arteria polmonare Swan-Ganz, il catetere vescicale Foley ^{12, 15, 16, 36, 37, 95-103}. Questi strumenti non rivestono più alcun ruolo nella moderna anestesia toracica.

A parte l'Univent, gli altri BB raggiungono la loro sede endobronchiale attraverso il lume di un ETT inserito dalla bocca o dal naso oppure attraverso una cannula tracheotomica ¹⁰⁴⁻¹⁰⁶.

L'Arndt Wire-guided Endobronchial Blocker viene agganciato al FOB tramite un apposito filo-guida che scorre nel lume del BB e che viene rimosso dopo il posizionamento.

Il Cohen Flextip Endobronchial Blocker è dotato di una punta flessibile lunga 3 cm, che permette il corretto posizionamento del BB grazie a movimenti di flessione e rotazione controllabili da un'apposita rotella esterna.

L'Univent Torque Control Blocker è un ETT dotato di

TABELLA X. — *Vantaggi e svantaggi dell'uso routinario del broncoscopio a fibre ottiche in anestesia toracica.*

| Vantaggi | Svantaggi |
|---|--|
| — Controllo posizione DLT | — Disponibilità e costo strumento |
| — Posizionamento DLT destro e sinistro | — Disponibilità strumenti adeguati ai piccoli calibri pediatrici |
| — Posizionamento preciso in situazioni cliniche particolari (fistole, tumori, ecc.) | — Curva di apprendimento |
| — Posizionamento BB | — Lesioni mucosa |
| — Monitoraggio e diagnostica intraoperatoria | — Infezioni |
| — Aspirazione secrezioni e sangue | |
| — Controllo postoperatorio di eventuali lesioni tracheobronchiali | |
| — Ausilio se poca esperienza clinica | |
| — Training nell'uso del fibroscopio utile per affrontare difficoltà | |

DLT (double lumen tube): tubo doppio lume; BB (bronchial blocker): bloccatore bronchiale; FOB (fiber optics bronchoscope): broncoscopio a fibre ottiche.

BB che scorre in un piccolo lume aggiuntivo, incorporato nella parete del tubo, nel quale può essere reintrodotto completamente o avanzato fino a circa 10 cm oltre la punta del tubo.

Va sottolineato come l'utilizzo di un FOB sia indispensabile per posizionare i BB in sede corretta (circa 0,5-1 cm endobronchiale oltre il piano carenale) e per controllare l'assenza di dislocazione intraoperatoria (dovuti ai cambiamenti di decubito, alle manipolazioni chirurgiche, ecc.).

Prima di procedere al posizionamento del BB bisogna controllare *in vitro* che le sue dimensioni, associate a quelle del FOB, passino agevolmente nel lume dell'ETT lasciando uno spazio libero endoluminale di almeno 4-5 mm per consentire un'adeguata ventilabilità e la rilevazione di $ETCO_2$ ¹⁰⁷. In alternativa, è riportato il passaggio del BB in trachea al di fuori dell'ETT¹⁰⁸.

I BB trovano una specifica indicazione quando sono previste o si incontrano difficoltà di gestione delle vie aeree¹⁰⁹.

È bene ricordare che le notevoli dimensioni e la rigidità dell'Univent lo controindicano per un'intubazione nasotracheale in AL con FOB e, in condizioni di difficoltà, possono rendere poco agevole anche l'intubazione con laringoscopia¹¹⁰.

Numerosi sono gli utilizzi dei BB riportati in letteratura¹¹¹⁻¹¹⁵; fra questi particolarmente interessante è l'occlusione lobare selettiva, indicata per interventi localizzati su pazienti che tollerano male l'esclusione completa di un polmone dalla ventilazione^{116, 117}.

Nella Tabella VIII sono riportate le principali caratteristiche dei BB di maggior utilizzo.

Un recente studio effettuato *in vitro* ha evidenziato che le pressioni trasmesse a un modello di mucosa bronchiale da parte delle cuffie differentemente conformate (purché correttamente gonfiate) dei più moderni BB sono <30 mmHg¹¹⁸.

L'impiego dei BB comporta, rispetto ai DLT, vantaggi e svantaggi (Tabella IX)^{95, 96, 119}.

La letteratura riporta esperienze positive nell'utilizzo dei BB, sia per quanto riguarda la qualità dell'esposizione chirurgica sia per l'efficacia della LS e la protezione da patologie controlaterali. Tuttavia, il rischio di dislocazione intraoperatoria appare più elevato rispetto ai DLT¹²⁰⁻¹²². Quindi,

in caso di indicazione assoluta alla LS per ascessi, emorragie, ecc., la prima scelta deve essere il DLT^{16, 95, 119, 123}.

Broncoscopio a fibre ottiche

In anestesia toracica, il FOB è considerato uno strumento indispensabile: deve quindi essere sempre disponibile in sala operatoria.

Il FOB permette un routinario quanto necessario controllo dell'efficacia dell'intubazione selettiva e aiuta a posizionare correttamente il DLT, sinistro o destro, il BB e ogni presidio utilizzato per la LS.

La conoscenza e l'esperienza nell'uso del FOB dovrebbero essere pratica comune a tutti gli anestesisti che affrontano interventi in cui è richiesta la LS e la OLV¹²⁴.

La curva di apprendimento dell'uso corretto del FOB è piuttosto lunga e richiede l'acquisizione di conoscenze teoriche sulle principali caratteristiche dello strumento e di esperienza pratica in diverse tecniche di utilizzo nonché nella manutenzione di routine¹²⁵⁻¹²⁹.

Numerosi studi hanno affrontato questo argomento e l'unanime consenso all'utilizzo routinario del FOB appare evidente, nonostante sia importante sottolineare che l'esperienza individuale giochi un ruolo fondamentale e l'applicazione corretta del controllo e del monitoraggio clinico vadano sempre effettuati, poiché non sono sostituiti bensì integrati dal controllo fibroscopico^{11, 12, 15, 16, 66-70, 130}.

Nella Tabella X sono riportati i vantaggi e gli svantaggi legati all'impiego del FOB in anestesia toracica.

Anche per il FOB è necessaria la valutazione preventiva di compatibilità tra il calibro dello strumento e il lume dei DLT che si utilizzano (Figura 3).

Scambiatubi e introductorii

Gli AEC sono utilizzati per la sostituzione di un ETT con un DLT, o viceversa, sia prima di una procedura chirurgica che al termine della stessa, mentre i cateteri introductorii (*introducer catheters*, IC), come l'introdotto di Frova, trovano indicazione in caso di difficoltà di visione laringoscopica e di intubazione.

| FOB OD mm | | >5 | 4.2-4.7 | 3.5-3.9 | 2.8-3.2 | 1.8-2.5 |
|-------------|---------------------------|----|---------|---------|---------|---------|
| D L T | 41 Ch/Fr ID mm 5-6 | | | | | |
| | 39 Ch/Fr ID mm 4.8-5.5 | | | | | |
| | 37 Ch/Fr ID mm 4.5-5.1 | | | | | |
| | 35 Ch/Fr ID mm 4.2-4.8 | | | | | |
| | 32 Ch/Fr ID mm 3.4 | | | | | |
| | 28 Ch/Fr ID mm 3.1-3.8 | | | | | |
| | 26 Ch/Fr ID mm 3.4 | | | | | |

Impossibile
 Difficoltoso
 Semplice

Figura 3.—Tabella di compatibilità tra il calibro dei FOB (OD espresso in millimetri) e l'ID di DLT di varie misure (esprese in Charriere [Ch]/French [Fr] con l'approssimativa corrispondenza in millimetri dell'ID). FOB (*fiber optics bronchoscopy*): broncoscopia a fibre ottiche; OD (*outer diameter*): diametro esterno; ID (*inner diameter*): diametro interno; DLT (*double lumen tube*): tubo doppio lume.

Il loro uso richiede alcune considerazioni teoriche, anche riguardanti le indicazioni assolute alla OLV e alla LS, e quindi al posizionamento di un DLT, e alcuni suggerimenti pratici sul corretto utilizzo di questi presidi ^{11, 15, 107, 123, 131-133}.

Nella Tabella XI sono riportate le raccomandazioni fondamentali per un corretto utilizzo clinico di AEC e IC.

Poiché i DLT presentano ID e OD lievemente variabili a seconda delle aziende produttrici, uno schema riassuntivo sui rapporti tra calibro e lunghezza di DLT e AEC/IC può essere di ausilio per una scelta corretta (Figura 4) ^{15, 16}.

La lunghezza di AEC e IC deve essere tale da consentire l'introduzione del DLT. Si deve, quindi, almeno raggiungere la somma di tre lunghezze teoriche:

- 1) la distanza denti-trachea media è circa 20 cm nel paziente adulto;
- 2) l'intera lunghezza del DLT è circa 42 cm;
- 3) l'adeguato margine per afferrare con sicurezza lo strumento sia alla rima buccale per la rimozione sia al suo estremo prossimale per l'introduzione del DLT è 5-8 cm.

La lunghezza corretta deve pertanto corrispondere a: 20+42+8 = almeno 70 cm.

Presidi extra glottici

Il ricorso a un presidio extra glottico (*extra glottis device*, EGD) in anestesia toracica implica quasi sicuramente

TABELLA XI.—Raccomandazioni per un corretto utilizzo di cateteri scambiatubi e cateteri introduttori.

1. Controllare prima dell'uso la compatibilità fra OD di AEC/IC e ID del tubo
2. Controllare che l'AEC/IC siano di lunghezza adeguata
3. Non inserire l'AEC/IC se si riscontra una resistenza
4. Controllare la profondità di inserimento del catetere: non superare mai il limite di 26 cm che incrementerebbe il rischio di trauma subcarenale
5. Assicurare la disponibilità di apparato per jet ventilation e la connessione con l'AEC/IC
6. Utilizzare il laringoscopia per facilitare il passaggio del tubo sul catetere
7. Ricorrere ad opportune rotazioni del tubo (90° antioraria) al passaggio delle corde vocali per evitare l'impegno delle cartilagini aritenoidi
8. Utilizzare il tubo con il calibro minore purché adatto alle necessità del paziente

AEC (airway exchange catheter): catetere scambiatubi; IC (introducer catheter): catetere introduttore.

il riscontro di una difficoltà di intubazione e/o di ventilazione. L'EGD funge in tal caso da *dedicated airway*, cioè da presidio dedicato a mantenere il controllo della via aerea e ad assicurare la ventilazione; inoltre, mediante l'utilizzo di tecniche avanzate e complesse, l'EGD diviene il presidio attraverso cui si può procedere all'intubazione ¹³⁴.

Nel lume dell'EGD scelto deve essere consentito il passaggio sia del FOB con un ETT che di un AEC/IC, operazione non consentita da tutti gli EGD. Interessante e utile a tal proposito è il catetere di Aintree, un IC che viene posizionato in trachea con l'ausilio del FOB, su cui è montato: esistono specifiche esperienze di suo utilizzo attraverso EGD ^{135, 136}.

È consigliabile che l'intubazione attraverso un EGD non sia effettuata alla cieca, bensì sotto visione endoscopica. L'impiego del FOB si rivela utile perché permette una valutazione delle strutture laringo-tracheali e delle eventuali lesioni apportate durante i precedenti tentativi di intubazione e fornisce una guida sicura e diretta all'introduzione del tubo.

Gestione delle vie aeree difficili

Per la definizione di via aerea difficile e sua gestione si fa riferimento alle Raccomandazioni SIAARTI ⁷ per il controllo delle vie aeree.

Queste Raccomandazioni forniscono delle indicazioni comportamentali per la gestione delle difficoltà di controllo delle vie aeree nei pazienti da sottoporre a intubazione e ventilazione artificiale meccanica. Le indicazioni fornite dalle Linee Guida non si addentrano nell'ambito specifico dell'anestesia toracica e delle procedure di LS.

È necessario ricordare, come già in precedenza segnalato, che esistono solo poche indicazioni assolute alla LS e alla OLV. Queste comprendono tutte le situazioni in cui una patologia polmonare monolaterale possa diffondere con-

| AEC (Exchanger) IC (Introducer) | DLT | | | | | | |
|--|----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| | 41 Ch/Fr ID 5-6 mm L 42 cm | 39 Ch/Fr ID 4.8-5.5 mm L 42 cm | 37 Ch/Fr ID 4.5-5.1 mm L 42 cm | 35 Ch/Fr ID 4.2-4.8 mm L 42 cm | 32 Ch/Fr ID 3.4 mm L 42 cm | 28 Ch/Fr ID 3.1-3.8 mm L 42 cm | 26 Ch/Fr ID 3.4 mm L 42 cm |
| 11 Fr OD 3.7 mm L 81-100 cm | | | | | | | |
| 14 Fr OD 4.7 mm L 81-100 cm | | | | | | | |
| 19 Fr OD 6.3 mm L 83 cm | | | | | | | |

| | | |
|--------|--------------|-------------|
| | | |
| Facile | Difficoltoso | Impossibile |

Figura 4.—Compatibilità tra l'OD di AEC e IC con l'ID di DLT di differente calibro (espresso in Charriere [Ch]/French [Fr]). OD (*outer diameter*): diametro esterno; AEC (*airway exchange catheter*): catetere scambiatubi; IC (*introducer catheter*): catetere introduttore; ID (*inner diameter*): diametro interno; DLT (*double lumen tube*): tubo doppio lume.

tolateralmente con o senza rischio di impedimento della ventilazione (Tabella I) ¹³⁷.

Tutte le altre indicazioni, che riguardano principalmente l'esposizione chirurgica e una migliore visualizzazione del campo operatorio, dovrebbero oggi essere considerate relative.

Non si deve mai dimenticare il principio che, di fronte a una difficoltà d'intubazione, la priorità assoluta è riuscire a ventilare e ossigenare adeguatamente il paziente. In tali condizioni, la OLV diviene un obiettivo secondario di cui si devono sempre valutare rischi e benefici ^{11, 15, 123, 138}.

In presenza di difficoltà non è, quindi, prudente tentare di intubare il paziente con un tubo rigido e di grandi dimensioni, come il DLT, che offre di per sé difficoltà di introduzione e di posizionamento. Al contrario, è consigliabile utilizzare, come prima scelta, un ETT per assicurare la ventilabilità del paziente. La successiva strategia è valutata sulla base dello scenario clinico, delle condizioni di elezione o di urgenza-emergenza e delle indicazioni assolute o relative alla OLV.

Gestione delle vie aeree difficili in ambito di elezione: algoritmo decisionale

La gestione delle difficoltà in condizioni di elezione generalmente avviene in sala operatoria alla presenza di anestesisti esperti e dotati di specifica conoscenza delle tecniche di LS.

Nella Figura 5 è riportato l'algoritmo decisionale in caso di via aerea difficile e LS in ambito di elezione.

ELEZIONE: DIFFICOLTÀ PREVISTA

In caso di difficoltà prevista sono disponibili le seguenti opzioni:

1) valutare il grado di difficoltà secondo le Linee Guida SIAARTI ⁷ e seguire le Raccomandazioni al fine di posizionare un ETT e ventilare il paziente. Si raccomanda di eseguire l'intubazione mediante FOB in anestesia locale o sedazione ^{16, 123, 139}. Tale procedura può consentire anche l'introduzione di un tubo Univent. In caso di successo e in assenza di indicazione assoluta alla OLV, questa procedura previene ogni necessità di ulteriori sostituzioni. In ogni caso, l'intubazione con FOB richiede specifiche conoscenze ed esperienza;

2) valutare l'indicazione alla OLV (Tabella I). In caso di indicazione relativa con bassa priorità, considerare l'opportunità di condurre l'intervento con l'ETT standard ^{11, 95, 123, 137};

3) in caso di indicazione assoluta o relativa con alta priorità alla OLV decidere se utilizzare un BB o se sostituire l'ETT con un tubo Univent mediante AEC. Nella impossibilità di garantire la OLV con altri mezzi è possibile intubare selettivamente il bronco principale con un ETT;

4) tra le indicazioni assolute alla OLV, solo il lavaggio broncoalveolare, in pazienti con proteinosi alveolare polmonare, giustifica la sostituzione di un ETT con un DLT, mediante AEC. Ciò, infatti, garantisce una migliore separazione dei due emisistemi polmonari evitando l'inondamento del bronco e permettendo la ventilazione del polmone non interessato dal lavaggio ^{95, 123}.

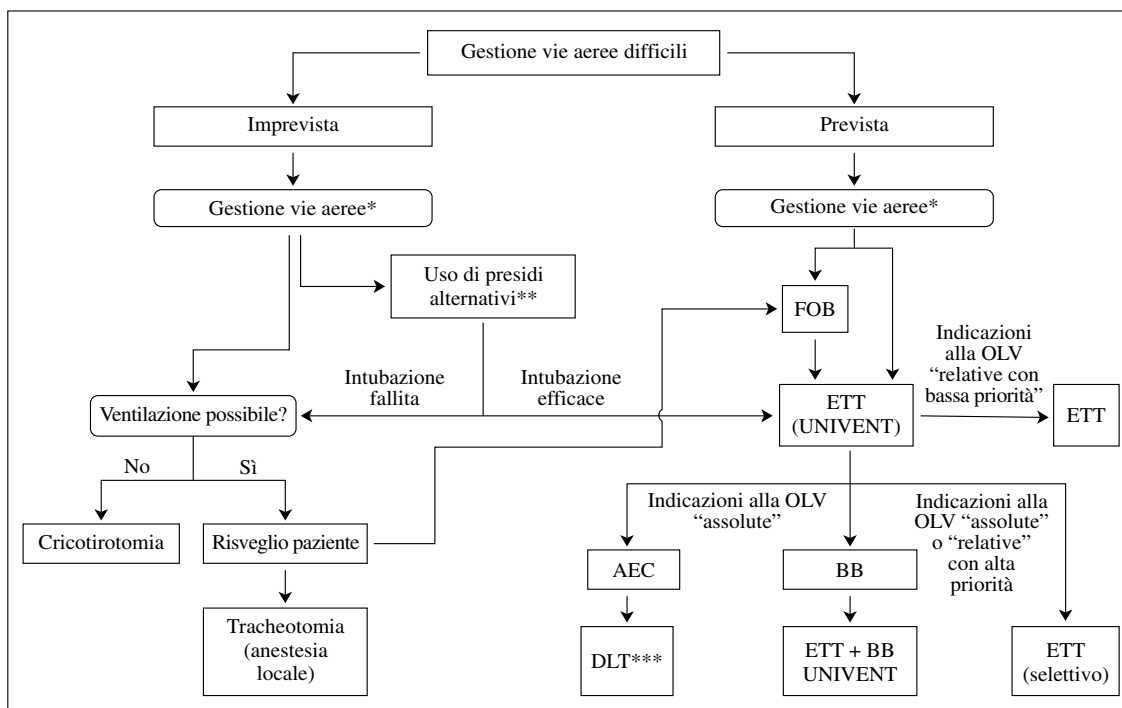


Figura 5.—Algoritmo decisionale in caso di difficoltà di gestione delle vie aeree in anestesia toracica in condizioni di elezione. FOB (*fiber optics bronchoscopy*): broncoscopia a fibre ottiche; ETT (*endotracheal tube*): tubo endotracheale monolumen; OLV (*one lung ventilation*): ventilazione monopolmonare; AEC (*airway exchange catheter*): catetere scambiatubi; BB (*bronchial blocker*): bloccatore bronchiale; DLT (*double lumen tube*): tubo doppio lume. *Raccomandazioni SIAARTI, 2005⁷; **introduttore, EGD, videolaringoscopi, videostiletti, ecc.; ***obbligatorio solo in caso di BAL per proteinosi alveolare polmonare.

ELEZIONE: DIFFICOLTÀ IMPREVISTA

In caso di difficoltà imprevista le opzioni sono:

- 1) seguire le Raccomandazioni SIAARTI per il controllo delle vie aeree⁷. Sulla base del grado di difficoltà riscontrato si consiglia di procedere precocemente all'intubazione tracheale mediante un ETT;
- 2) in caso di successo nel posizionare un ETT con presidi alternativi, seguire l'algoritmo decisionale in relazione alla necessità della OLV, come descritto precedentemente (vedi difficoltà prevista).
- 3) in caso di difficoltà a intubare, ma in assenza di difficoltà a ventilare, si consiglia di prendere in considerazione la possibilità di risvegliare il paziente e rinviare l'intervento. Programmare, quindi, l'intubazione in sicurezza mediante FOB o una tracheotomia in anestesia locale;
- 4) in caso di intubazione impossibile e impossibilità alla ventilazione sia con maschera facciale sia con un EGD ("cannot ventilate, cannot intubate"), si deve precocemente procedere alla cricotirotomia d'urgenza, come suggerito dalle Raccomandazioni SIAARTI⁷.

Gestione delle vie aeree difficili in ambito di urgenza-emergenza: algoritmo decisionale

Esistono due tipi di urgenza-emergenze che richiedono l'uso di presidi dedicati e tecniche di LS e OLV:

- 1) interventi urgenti in seguito a lesioni di organi intratoracici (rottura e/o dissezione di un aneurisma dell'aorta toracica, emotorace per lesione dei vasi polmonari o del parenchima polmonare, ecc.);
 - 2) patologie delle vie aeree che richiedono l'esclusione di un polmone per assicurare la ventilazione di quello controlaterale (sanguinamento endobronchiale, fistola bronco-pleurica, ecc.).
- Queste situazioni possono avere i caratteri di vere emergenze e possono verificarsi anche in ambienti non specialistici dove l'esperienza e l'abilità nell'utilizzare i presidi specifici dell'anestesia toracica sono minori o dove i presidi necessari possono non essere tutti presenti. La difficoltà di gestione delle vie aeree può inoltre essere ulteriormente aumentata dalla presenza di sangue e/o secrezioni che ostacola la visualizzazione delle vie aeree ed espone il paziente al rischio di inalazione (Figura 6).

URGENZA-EMERGENZA: DIFFICOLTÀ PREVISTA

In caso di difficoltà prevista le opzioni sono:

- 1) se l'urgenza è differibile, organizzare un'intubazione con ETT e FOB, che costituisce la tecnica più sicura. Poi, considerare l'eventualità di sostituire il tubo o usare il BB in relazione all'indicazione assoluta o relativa di eseguire la OLV^{16,95,99,110,123,137,138} (Tabella I);

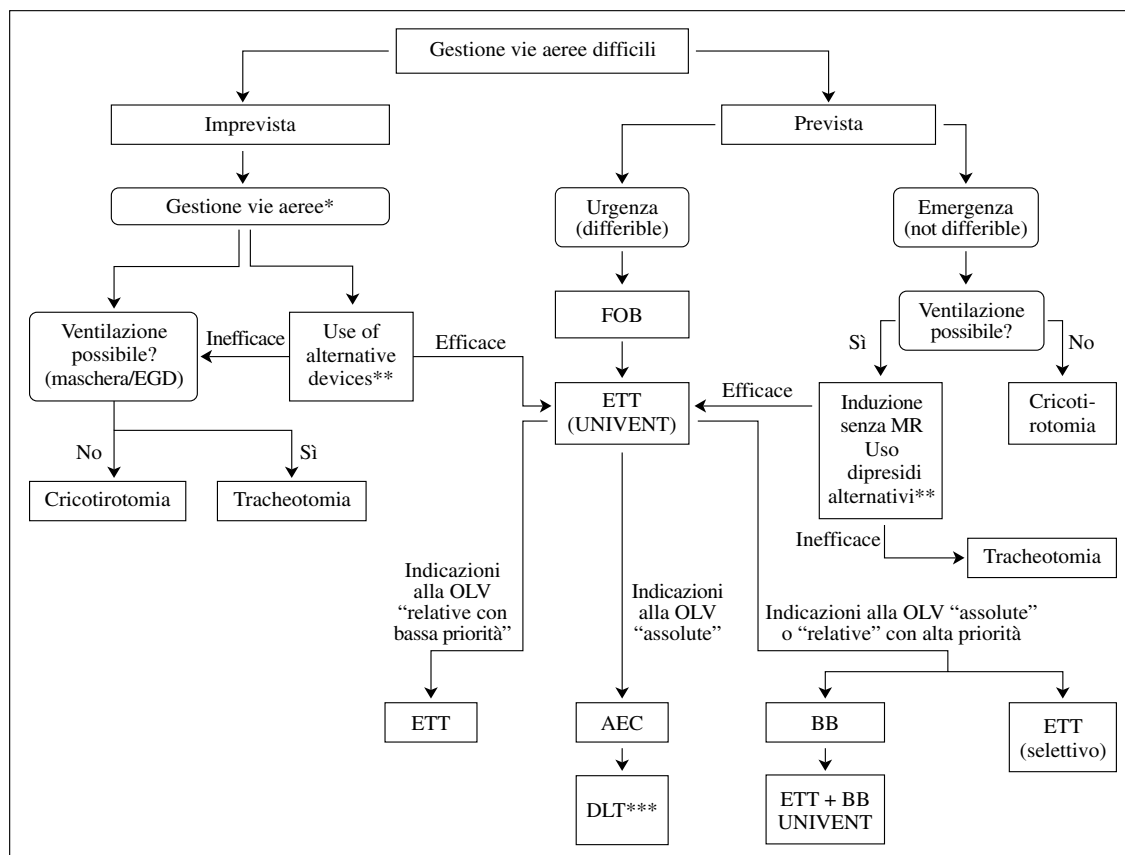


Figura 6.—Algoritmo decisionale in caso di difficoltà di gestione delle vie aeree in anestesia toracica in condizioni di urgenza-emergenza. FOB (*fiber optics bronchoscopy*): broncoscopia a fibre ottiche; ETT (*endotracheal tube*): tubo endotracheale monolume; MR: miolirasciamento; OLV (*one lung ventilation*): ventilazione monopulmonare; AEC (*airway exchange catheter*): catetere scambiatubi; BB (*bronchial blocker*): bloccatore bronchiale; DLT (*double lumen tube*): tubo doppio lume. *Raccomandazioni SIAARTI, 20057; **introduttore, EGD, videolaringoscopi, videostiletti, ecc.; ***solo quando l'indicazione alla LS è una condizione a rischio "quoad vitam".

2) in caso di emergenza non dilazionabile e via aerea difficile, in presenza di reale o prevista difficoltà a ventilare in maschera e/o con EGD, eseguire una cricotirotomia d'urgenza o una tracheotomia in anestesia locale (in quest'ultimo caso con paziente sveglio e in respiro spontaneo). Posizionare, quindi, una cannula tracheostomica con un BB, o un tubo Univent o un DLT di calibro adeguato o una cannula tracheostomica a doppio lume (Tracheopart) 11, 99, 101;

3) in caso di emergenza, ma con possibilità di ventilare il paziente, è consigliabile eseguire un'intubazione in anestesia generale e ventilazione in maschera o in sedazione profonda, mantenendo la respirazione spontanea, e con l'eventuale impiego di presidi alternativi. In questa situazione, la procedura consigliata è quella di utilizzare un ETT;

4) il successo nell'intubazione con ETT consente di garantire il controllo della via aerea e di valutare la successiva strategia comportamentale. È importante sottolineare che, tra i presidi per la LS, il DLT garantisce il migliore isolamento e assicura adeguata ventilazione ed efficace aspirazione in entrambi i polmoni 16, 95, 123. Queste caratteristiche garantiscono il mantenimento di una migliore ossi-

genazione. Solo in caso di indicazione assoluta e inderogabile (*quoad vitam*) alla LS si deve considerare la possibilità di sostituzione dell'ETT con DLT mediante AEC sotto visione laringoscopica. In presenza di un'emergenza con sanguinamento massivo, se la manovra di sostituzione dell'ETT con un DLT comporta un rischio eccessivo, si può assicurare la ventilazione facendo avanzare l'ETT in modo selettivo nel bronco principale. Si deve, però, ricordare che ciò può essere ottenuto facilmente se il polmone da escludere è quello sinistro con intubazione selettiva del bronco di destra. In caso contrario, questa manovra può presentare notevoli difficoltà e richiede comunque l'uso del FOB, che in caso di sanguinamento massivo può essere di ridotta efficacia;

5) in caso di insuccesso nell'intubazione con ETT, l'uso di EGD specifici per l'intubazione (ILMA, cTRACH) o l'uso del catetere di Aintree attraverso un EGD idoneo a consentirne il passaggio, può permettere l'introduzione di un ETT. L'impiego del FOB è, in questi casi, sempre necessario;

6) in caso di insuccesso anche di queste procedure avanzate, la necessità dell'intervento chirurgico in urgenza-emer-

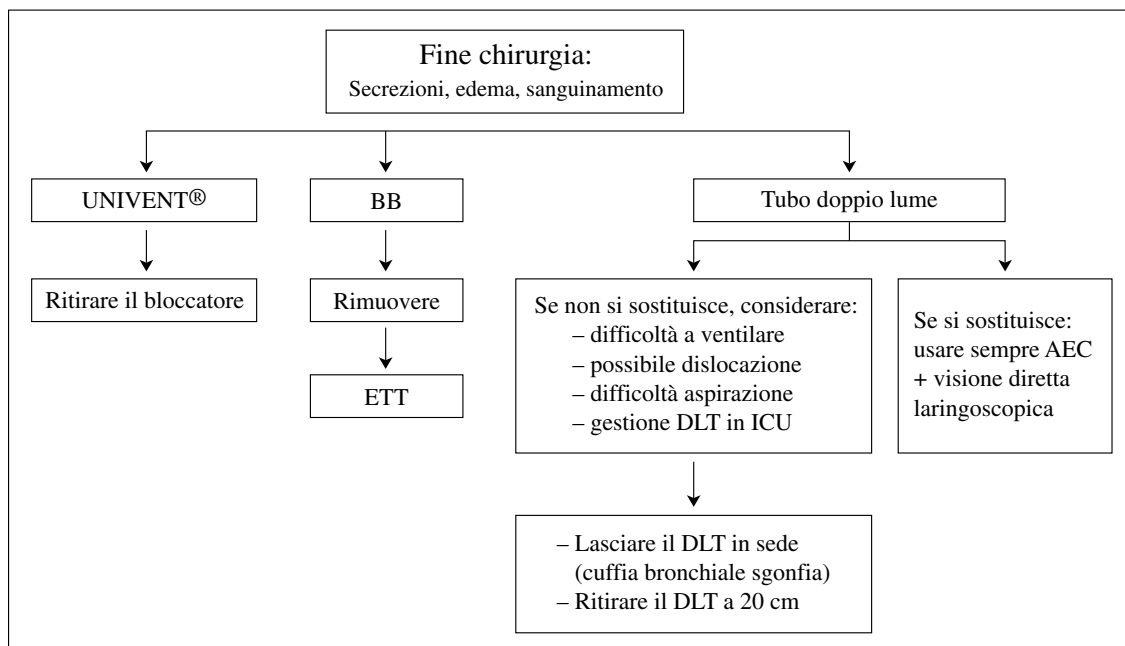


Figura 7.—Fine intervento chirurgico dopo OLV. Algoritmo decisionale. BB (*bronchial blocker*): bloccatore bronchiale; ETT (*endotracheal tube*): tubo endotracheale monolume; DLT (*double lumen tube*): tubo doppio lume. [Modificato da Cohen *et al.*¹⁵].

genza può rendere necessaria l'esecuzione di una tracheotomia in anestesia locale^{135, 136}.

URGENZA-EMERGENZA: DIFFICOLTÀ IMPREVISTA

In presenza di difficoltà imprevista seguire le Raccomandazioni SIAARTI per il controllo delle vie aeree⁷; anche in questo caso è consigliabile procedere all'intubazione tracheale mediante un ETT standard. Le condizioni di urgenza-emergenza chirurgica escludono, in tale contesto, la possibilità del risveglio del paziente e il rinvio dell'intervento. Il ricorso a tecniche avanzate di intubazione, come l'utilizzo del FOB e di EGD (ILMA, c-TRACH, EGD+Aintree+FOB), costituisce un'opzione a seguito del fallimento dell'intubazione con i comuni presidi alternativi (IC, mandrino standard, ecc.), ma può considerarsi anche una strategia di impiego precoce per ridurre il traumatismo, garantire la ventilabilità e consentire l'esecuzione di una tracheotomia in caso di insuccesso nell'intubazione. La crico-tirotomia d'urgenza rimane l'unica possibilità in caso di paziente non intubabile e non ventilabile.

Estubazione

L'estubazione è sempre un momento critico soprattutto se si sono incontrate difficoltà durante le manovre di intubazione. Le principali cause di complicanze all'estubazione sono rappresentate dalla presenza di edema tissutale, di sanguinamento a carico delle mucose delle vie aeree e di secrezioni che il paziente non è in grado di espettorare. Possono,

però, insorgere anche emorragie acute o evidenziarsi lesioni dell'albero tracheo-bronchiale intraoperatorie misconosciute.

Le vie aeree, a fine intervento, sono differenti rispetto a come erano al momento dell'intubazione.

In tali condizioni, l'eventuale reintubazione potrebbe rivelarsi una manovra estremamente difficoltosa e in alcuni casi impossibile. Analogamente critica e per nulla esente da rischi può essere la sostituzione del DLT con un ETT, qualora sia necessaria una ventilazione meccanica postoperatoria^{16, 138}.

È utile considerare uno schema comportamentale da seguire a fine intervento chirurgico, per assicurare il migliore e più prudente approccio clinico all'estubazione sia in termini di tempi che di procedure (Figura 7).

Si possono evidenziare i seguenti punti:

a) in caso di intubazione con DLT, se il paziente necessita di ventilazione meccanica postoperatoria, sostituire il DLT con un ETT solo per mezzo di un AEC e sotto visione diretta;

b) se la manovra di sostituzione del tubo è considerata difficoltosa o potenzialmente pericolosa, mantenere in sede il DLT con la cuffia bronchiale accuratamente sgonfiata. In alternativa, è anche possibile ritirare il DLT fino al limite dei 19-20 cm, in modo che la porzione bronchiale sia sopra-arenale ed entrambi i polmoni siano ventilati dai due lumi. La sostituzione del DLT con un ETT sarà effettuata in un secondo tempo in condizioni di maggior sicurezza;

c) in caso di intubazione con tubo Univent o con BB associato a ETT, se il paziente necessita di ventilazione meccanica postoperatoria, ritirare il bloccatore dell'Univent nella sua guida o rimuovere il BB e lasciare in sede l'ETT;

d) se a fine intervento non vi è necessità di ventilazione meccanica, ma esiste il sospetto di possibili complicanze, l'estubazione dovrebbe essere effettuata come "manovra protetta". Previa anestesia topica endotracheale inserire correttamente un AEC in uno dei lumi del DLT e, quindi, rimuovere quest'ultimo. Lasciare l'AEC in sede endotracheale per un breve periodo di valutazione (eventualmente connesso a una fonte di ossigeno). In assenza di segni acuti di difficoltà respiratoria, rimuovere anche l'AEC. In caso contrario, l'AEC potrebbe rapidamente diventare un utile ausilio per riossigenare il paziente, prevenire e rendere possibile una difficile reintubazione.

Conclusioni

La corretta gestione delle vie aeree in anestesia toracica e LS richiede che le conoscenze generali sul controllo delle vie aeree siano integrate da più specifiche conoscenze ed esperienze.

La LS e la OLV hanno ben definite indicazioni, che devono essere attentamente valutate a seconda delle condizioni cliniche del paziente e delle difficoltà, previste o imprevisse, nella gestione delle vie aeree.

L'ossigenazione rimane sempre la priorità da perseguire in sicurezza.

L'utilizzo prudente di presidi specifici e l'accuratezza nel controllo del loro corretto posizionamento, mediante strumenti come il FOB, sono obbligatori.

L'estubazione, specialmente dopo un'intubazione difficile, può rappresentare un momento potenzialmente critico.

Corrette strategie comportamentali devono prevedere la valutazione delle difficoltà a seconda dei differenti scenari clinici e delle necessità chirurgiche, devono suggerire le modalità di trattamento più prudenti e sicure, devono essere di ausilio nel prevenire ulteriori complicanze o lesioni.

Bibliografia

- Henderson JJ, Popat MT, Latto IP, Pearce AC. Difficult Airway Society guidelines for management of the unanticipated difficult intubation. *Anaesthesia* 2004;59:675-94.
- American Society of Anesthesiologists Task Force on Management of the Difficult Airway. Practice Guidelines for Management of the Difficult Airway. *Anesthesiology* 2003;98:1269-77.
- Dunham CM, Barraco RD, Clark DE, Daley BJ, Davis FE, Gibbs MA *et al.* Guidelines for emergency tracheal intubation immediately after traumatic injury. *J Trauma* 2003;55:162-79.
- Braun U, Goldmann K, Hempel V, Krier C. Airway management. Leitlinie der deutschen gesellschaft für anesthesiologie und intensivmedizin. *Anaesthesiol Intensivmed* 2004;45:302-6.
- Boisson-Bertrand D, Bourgain JL, Camboulives J, Crinquette V, Cros AM, Dubreuil M *et al.* Intubation difficile. Société française d'anesthésie et de réanimation. Expertise collective. *Ann Fr Anesth Rean* 1996;15:207-14.
- Crosby ET, Cooper RM, Douglas MJ, Doyle DJ, Hung OR, Labrecque P *et al.* The unanticipated difficult airway with recommendation for management. *Can J Anaesth* 1998;45:757-76.
- Gruppo di Studio SIAARTI "Vie Aeree Difficili", Task Force: Frova G, Guarino A, Pettini F, Merli G. Recommendations for airway control and difficult airway management. *Minerva Anesthesiol* 2005;71:617-57.
- Gruppo di Studio SIAARTI "Vie Aeree Difficili", Task Force: Frova G, Guarino A, Pettini F, Merli G, Sorbello M. Recommendations for airway control and difficult airway management in paediatric patients. *Minerva Anesthesiol* 2006;72:723-48.
- Sherry K. Management of patients undergoing oesophagectomy. In: Gray AJG, Hoile RW, Ingram GS, Sherry KM, editors. *The Report of the National Confidential Enquiry into Perioperative Deaths 1996/1997*. London: The National Confidential Enquiry into Perioperative Deaths; 1998. p.57-61.
- Brodsky JB, Lemmens HJM. Left double-lumen tubes: clinical experience with 1170 patients. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2003;17:289-98.
- Benumof JL. Difficult tubes and difficult airways. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1998;12:131-2.
- Campos JH. Current techniques for perioperative lung isolation in adults. *Anesthesiology* 2002;97:1295-301.
- Shah PL, Hansell D, Lawson PR, Reid KBM, Morgan C. Pulmonary alveolar proteinosis: clinical aspects and current concepts on pathogenesis. *Thorax* 2000;55:67-77.
- Benumof JL. Anaesthesia for thoracic surgery. 2nd ed. Philadelphia: Saunders; 1995.
- Cohen E, Benumof JL. Lung separation in a patient with a difficult airway. *Curr Opin Anaesthesiol* 1999;12:29-35.
- Cohen E. Methods of lung separation. *Curr Opin Anaesthesiol* 2002;15:69-78.
- Brodsky JB, Cohen E. Video-assisted thoracoscopic surgery. *Curr Opin Anaesthesiol* 2000;13:41-5.
- Sihoe ADL, Ho KM, Sze TS, Lee TW, Yim APC. Selective lobar collapse for video-assisted thoracic surgery. *Ann Thorac Surg* 2004;77:278-83.
- Zegdi R, Azorin J, Tremblay B, Destable MD, Lajos PS, Valeyre D. Videothoracoscopic lung biopsy in diffuse infiltrative lung diseases: a 5-year surgical experience. *Ann Thorac Surg* 1998;66:1170-3.
- Pompeo E, Mineo D, Rogliani P, Sabato AF, Mineo TC. Feasibility and results of awake thoracoscopic resection of solitary pulmonary nodules. *Ann Thorac Surg* 2004;78:1761-8.
- Georghiou GP, Stampler A, Sharoni E, Fichman-Horn S, Berman M, Vidne BA *et al.* Video-assisted thoracoscopic pericardial window for diagnosis and management of pericardial effusions. *Ann Thorac Surg* 2005;80:607-10.
- Arlet V. Anterior thoracoscopic spine release in deformity surgery: a meta-analysis and review. *Eur Spine J* 2000;9 Suppl 1:S17-S23.
- Gabor S, Prenner G, Wasler A, Schweiger M, Tscheliessnigg KH, Smolle-Juttner FM. A simplified technique for implantation of left ventricular epicardial leads for biventricular resynchronization using video-assisted thoracoscopy (VATS). *Eur J Cardiothorac Surg* 2005;28:797-800.
- Srivastava S, Gadasalli S, Agusala M, Kolluru R, Naidu J, Shroff M *et al.* Use of bilateral internal thoracic arteries in CABG through lateral thoracotomy with robotic assistance in 150 patients. *Ann Thorac Surg* 2006;81:800-6.
- Khogali SS, Miller M, Rajesh PB, Murray RG, Beattie JM. Video-assisted thoracoscopic sympathectomy for severe intractable angina. *Eur J Cardiothorac Surg* 1999;16 Suppl 1:S95-S98.
- Liu HP, Chang CH, Lin PJ, Cheng KS, Wu YC, Liu YH. Emphysema surgery – loop ligation approach. *Eur J Cardiothorac Surg* 1999;16 Suppl 1:S40-S43.
- Harris RJ, Kavuru MS, Rice TW, Kirby TJ. The diagnostic and therapeutic utility of thoracoscopy. *Chest* 1995;108:828-41.
- Roviaro GC, Maciocco M, Varoli F, Rebuffat C, Vergani C, Scarduelli A. Videothoracoscopic treatment of oesophageal leiomyoma. *Thorax* 1998;53:190-2.
- Liu HP, Chang CH, Lin PJ, Chu JJ, Hsieh MJ. An alterna-

- tive technique in the management of bullous emphysema. *Chest* 1997;111:489-93.
30. Krucylak PE, Naunheim KS, Keller CA, Baudendistel LJ. Anesthetic management of patients undergoing unilateral video-assisted lung reduction for treatment of end-stage emphysema. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1996;10:850-3.
 31. Bandyopadhyay SK, Chowbey PK, Sharma A, Khullar R, Soni V, Bajjal M. Abandoned endoscopic procedures. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech* 2004;14:9-14.
 32. Elliott BA, Curry TB, Atwell TD, Brown MJ, Rose SH. Lung isolation, one-lung ventilation and continuous positive airway pressure with air for radiofrequency ablation of neoplastic pulmonary lesions. *Anesth Analg* 2006;103:463-4.
 33. Partridge L, Russell WJ. The margin of safety of a left double-lumen tracheobronchial tube depends on the length of the bronchial cuff ant tip. *Anaesth Intensive Care* 2006;34:618-20.
 34. Lohser J, Brodsky JB. Silbronco double-lumen tube. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2005;20:129-31.
 35. ISO TC121. Technical Subcommittee 2. Draft ISO DIS 16628. Tracheobronchial tubes – sizing and marking. Geneva: International Standards Organization; 2007.
 36. Campos JH, Kernstine HK. A comparison of a left-sided broncho-cat with the torque control blocker Univent and the wire-guided blocker. *Anesth Analg* 2003;96:283-9.
 37. Campos JH, Massa FC. Is there a better right-sided tube for one-lung ventilation? A comparison of the right-sided double-lumen tube with the single-lumen tube with right-sided enclosed bronchial blocker. *Anesth Analg* 1998;86:696-700.
 38. Benumof JL, Partridge BL, Salvatierra C, Keating J. Margin of safety in positioning modern double-lumen endotracheal tubes. *Anesthesiology* 1987;67:729-38.
 39. Russell WJ. A logical approach to the selection and insertion of double-lumen tubes. *Curr Opin Anaesthesiol* 2008;21:37-40.
 40. Hannallah MS, Benumof JL, Ruttimann UE. The relationship between left mainstem bronchial diameter and patient size. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1995;9:119-21.
 41. Brodsky JB, Macario A, Mark JBD. Tracheal diameter predicts double-lumen tube size: a method for selecting left double-lumen tubes. *Anesth Analg* 1996;82:861-4.
 42. Chow MYH, Liam BL, Lew TWK, Chelliah RY, Ong BC. Predicting the size of a double-lumen endobronchial tube based on tracheal diameter. *Anesth Analg* 1998;87:158-60.
 43. Brodsky JB, Malott K, Angst M, Fitzmaurice BG, Kee SP, Logan L. The relationship between tracheal width and left bronchial width: implications for left-sided double-lumen tube selection. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2001;15:216-7.
 44. Brodsky JB, Lemmens HJM. Tracheal width and left double-lumen tube size: a formula to estimate left-bronchial width. *J Clin Anesth* 2005;17:267-70.
 45. Slinger P. Choosing the appropriate double-lumen tube: a glimmer of science comes to a dark art. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1995;9:117-8.
 46. Hannallah M, Benumof JL, Silverman PM, Kelly LC, Lea D. Evaluation of an approach to choosing a left double-lumen tube size based on chest computer tomographic scan measurement of left mainstem bronchial diameter. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1997;11:168-71.
 47. Chow MY, Liam BL, Thng CH, Chong BK. Predicting the size of a double-lumen endobronchial tube using computed tomographic scan measurements of the left main bronchus diameter. *Anesth Analg* 1999;88:302-5.
 48. Eberle B, Weiler N, Vogel N, Kauczor HU, Heinrichs W. Computed tomography-based tracheobronchial image reconstruction allows selection of the individually appropriate double-lumen tube size. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1999;13:532-7.
 49. Fitzmaurice BG, Brodsky JB. Airway rupture from double-lumen tubes. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1999;13:322-9.
 50. Slinger P. A view of and through double-lumen tubes. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2003;17:287-8.
 51. Amar D, Desiderio DP, Heerd PM, Kolker AC, Zhang H, Thaler HT. Practice patterns in choice of left double-lumen tube size for thoracic surgery. *Anesth Analg* 2008;106:379-83.
 52. Hernandez AA, Wong DH. Using a Glidescope for intubating with a double lumen endotracheal tube. *Can J Anaesth* 2005;52:658-9.
 53. Chen A, Lai HY, Lin PC, Chen TY, Shyr MH. Glidescope-assisted double-lumen endobronchial tube placement in a patient with an unanticipated difficult airway. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2008;22:170-2.
 54. Shulman GB, Connelly NR. Double lumen tube placement with the Bullard Laryngoscope. *Can J Anesth* 1999;46:232-4.
 55. Smith CE, Kareti M. Fiberoptic laryngoscopy (WuScope) for double-lumen endobronchial tube placement in two difficult-intubation patients. *Anesthesiology* 2000;93:906-7.
 56. O'Connor CJ, O'Connor TA. Use of lighted stylets to facilitate insertion of double-lumen endobronchial tubes in patients with difficult airway anatomy. *J Clin Anesth* 2006;18:616-9.
 57. Lieberman D, Littleford J, Unruh H. Placement of left double-lumen endobronchial tubes with or without a stylet. *Can J Anaesth* 1996;43:238-42.
 58. Benumof JL. Separation of the two lungs (double-lumen tubes, bronchial blockers and endobronchial single-lumen tubes). In: Benumof JL, editor. *Airway management: principles and practice*. St Louis: Mosby; 1996.p.412-43.
 59. Bahk JH, Oh YS. Prediction of double-lumen tracheal tube depth (letter). *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1999;13:370-1.
 60. Chow MYH, Goh MH, Ti LK. Predicting the depth of insertion of left-sided double-lumen endobronchial tubes. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2002;16:456-8.
 61. Takita K, Morimoto Y, Kemmotsu O. The height-based formula for prediction of left-sided double-lumen tracheal tube depth. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2003;17:412-3.
 62. Cheong KF, Koh KF. Placement of left-sided double-lumen endobronchial tubes: comparison of clinical and fiberoptic-guided placement. *Br J Anaesth* 1999;82:920-1.
 63. Boucek CD, Landreneau R, Freeman JA, Strollo D, Bircher NG. A comparison of techniques for placement of double-lumen endobronchial tubes. *J Clin Anesth* 1998;10:557-60.
 64. Bahk JH, Lim YJ, Kim CS. Positioning of a double-lumen endobronchial tube without the aid of any instruments: an implication for emergency management. *J Trauma* 2000;49:899-902.
 65. Araki K, Nomura R, Urushibara R, Yoshikawa Y, Hatano Y. Displacement of double-lumen endobronchial tube can be detected by bronchial cuff pressure change. *Anesth Analg* 1997;84:1349-53.
 66. Cohen E. Double-lumen tube position should be confirmed by fiberoptic bronchoscopy. *Curr Opin Anaesthesiol* 2004;17:1-6.
 67. Brodsky JB. Fiberoptic bronchoscopy need not be a routine part of double-lumen tube placement. *Curr Opin Anaesth* 2004;17:7-11.
 68. Klein U, Karzai W, Bloos F, Wohlfarth M, Gottschall R, Fritz H *et al*. Role of fiberoptic bronchoscopy in conjunction with the use of double-lumen tubes for thoracic anesthesia: a prospective study. *Anesthesiology* 1998;88:346-50.
 69. Seymour AH, Prasad B, McKenzie RJ. Audit of double-lumen endobronchial intubation. *Br J Anaesth* 2004;93:525-7.
 70. Pennefather SH, Russell GN. Placement of double lumen tubes – time to shed light on an old problem. *Br J Anaesth* 2000;84:308-10.
 71. Alliaume B, Coddens J, Deloof T. Reliability of auscultation in positioning of double-lumen endobronchial tubes. *Can J Anaesth* 1992;39:687-90.
 72. Bardoczky GI, deFrancquen P, Engelman E, Capello M. Continuous monitoring of pulmonary mechanics with the sidestream spirometer during lung transplantation. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1992;6:731-4.
 73. Bardoczky GI, Levarlet M, Engelman E, deFrancquen P. Continuous spirometry for detection of double-lumen endobronchial tube displacement. *Br J Anaesth* 1993;70:499-502.

74. Simon BA, Hurford WE, Alfille PH, Haspel K, Behringer EC. An aid in the diagnosis of malpositioned double-lumen tubes. *Anesthesiology* 1992;76:862-3.
75. Nunn JF. *Applied respiratory physiology*. 3rd ed. London: Butterworths; 1987.
76. Gilbert TB, Goodsell CW, Krasna MJ. Bronchial rupture by a double-lumen endobronchial tube during staging thoracoscopy. *Anesth Analg* 1999;88:1252-3.
77. Ayed AK, Al-Shawaf E. Diagnosis and treatment of traumatic intrathoracic major bronchial disruption. *Injury Int J Care Injured* 2004;35:494-9.
78. Le Corre A, Cantois JL, Veber B, Dureuil B. Rupture trachéale masquée initialement par une intubation bronchique accidentelle. *Ann Fr Anesth Réanim* 1999;18:909-12.
79. Lampl L. Tracheobronchial injuries. Conservative treatment. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2004;3:401-5.
80. Roth JV. Another potential factor that may cause bronchial rupture by a double-lumen endobronchial tube. *Anesth Analg* 1999;89:1591.
81. Sivalingam P, Tio R. Tension pneumothorax, pneumomediastinum, pneumoperitoneum and subcutaneous emphysema in a 15-year-old Chinese girl after a double-lumen tube intubation and one-lung ventilation. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1999;13:312-5.
82. Hofmann HS, Rettig G, Radke J, Neef H, Silber RE. Iatrogenic ruptures of the tracheobronchial tree. *Eur J Cardiothorac Surg* 2002;21:649-52.
83. Mikuni I, Suzuki A, Takahata O, Fujita S, Otoro S, Iwasaki H. Arytenoid cartilage dislocation caused by a double-lumen endobronchial tube. *Br J Anaesth* 2006;96:136-8.
84. Massard G, Rougé C, Dabbagh A, Kessler R, Hentz JG, Roeslin R *et al*. Tracheobronchial lacerations after intubation and tracheostomy. *Ann Thorac Surg* 1996;61:1483-7.
85. Spaggiari L, Rusca M, Carbognani P, Solli P. Tracheobronchial laceration after double-lumen intubation for thoracic procedures. *Ann Thorac Surg* 1998;65:1837-8.
86. Massard G, Hentz JG, Wihlm JM. Tracheobronchial laceration after double-lumen intubation for thoracic procedures. Reply. *Ann Thorac Surg* 1998;65:1838-9.
87. Prakash U. Iatrogenic ruptures of the tracheobronchial tree. *J Bronchol* 2003;10:85-6.
88. Marty-Ané CH, Picard E, Jonquet O, Mary H. Membranous tracheal rupture after endotracheal intubation. *Ann Thorac Surg* 1995;60:1367-71.
89. Ross HM, Grant FG, Wilson RS, Burt ME. Nonoperative management of tracheal laceration during endotracheal intubation. *Ann Thorac Surg* 1997;63:240-2.
90. Inoue S, Nishimine N, Kitaguchi K, Furuya H, Taniguchi S. Double lumen tube location predicts tube malposition and hypoxaemia during one lung ventilation. *Br J Anaesth* 2004;92:195-201.
91. Roush TF, Crawford AH, Berlin RE, Wolf RK. Tension pneumothorax as a complication of video-assisted thoracoscopic surgery for anterior correction of idiopathic scoliosis in an adolescent female. *Spine* 2001;26:448-50.
92. Sucato DJ, Giris M. Bilateral pneumothoraces, pneumomediastinum, pneumoperitoneum, pneumoretroperitoneum and subcutaneous emphysema following intubation with a double-lumen endotracheal tube for thoracoscopic anterior spinal release and fusion in a patient with idiopathic scoliosis. *J Spinal Disord Techniques* 2002;15:133-8.
93. Cohen E, Neustein SM, Goldofsky S, Camunas JL. Incidence of malposition of polyvinylchloride and red rubber left-sided double-lumen tubes and clinical sequelae. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1995;9:122-7.
94. Conacher ID, Velasquez H, Morrice DJ. Endobronchial tubes – a case for re-evaluation. *Anaesthesia* 2006;61:587-90.
95. Campos JH. An update on bronchial blockers during lung separation techniques in adults. *Anesth Analg* 2003;97:1266-74.
96. Cohen E. The Cohen Flextip Endobronchial Blocker: an alternative to a double lumen tube. *Anesth Analg* 2005;101:1877-9.
97. Wald SH, Mahajan A, Kaplan B, Atkinson JB. Experience with the Arndt paediatric bronchial blocker. *Br J Anaesth* 2005;94:92-4.
98. Tobias JD. Variations on one-lung ventilation. *J Clin Anesth* 2001;13:35-9.
99. Campos JH, Kernstine KH. Use of the wire-guided endobronchial blocker for one-lung anesthesia in patients with airway abnormalities. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2003;17:352-4.
100. Kraenzler EJ, Insler SR, Grubb G. A new bronchial blocker tube for one-lung ventilation. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1999;13:40-1.
101. Ransom ES, Carter SL, Mund GD. Univent tube: a useful device in patient with difficult airways. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1995;9:725-7.
102. Arndt GA, DeLessio ST, Kranner PW, Orzepowski W, Ceranski B, Valtysson B. One-lung ventilation when intubation is difficult – presentation of a new endobronchial blocker. *Acta Anaesthesiol Scand* 1999;43:356-8.
103. Arndt GA, Kranner PW, Rusy DA, Love R. Single-lung ventilation in a critically ill patient using a fiberoptically directed wire-guided endobronchial blocker. *Anesthesiology* 1999;90:1484-6.
104. Matthews AJ, Sanders DJ. Single-lung ventilation via a tracheostomy using a fiberoptically-directed “steerable” endobronchial blocker. *Anaesthesia* 2001;56:492.
105. Veit AM, Allen RB. Single-lung ventilation in a patient with a freshly placed percutaneous tracheostomy. *Anesth Analg* 1996;82:1292-3.
106. Kraenzler EJ, Rice TW, Stein SL, Insler SR. Bilateral bronchial blockers for bilateral pulmonary resections in a patient with a previous laryngectomy. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1997;11:201-2.
107. Takata M, Benumof JL, Ozaki GT. Confirmation of endotracheal intubation over a Jet Stylet: *in vitro* studies. *Anesth Analg* 1995;80:800-5.
108. Munir MA, Albataineh JI, Jaffar M. An alternative way to use Fogarty balloon catheter for perioperative lung isolation. *Anesthesiology* 2003;99:240-1.
109. Arndt GA, Buchika S, Kranner PW, DeLessio ST. Wire-guided endobronchial blockade in a patient with a limited mouth opening. *Can J Anesth* 1999;46:87-9.
110. Harvey SC, Alpert CC, Fishman RL. Independent placement of a bronchial blocker for single-lung ventilation: an alternative method for the difficult airway. *Anesth Analg* 1996;83:1330-1.
111. Ender J, Bury AM, Raumanns J, Schlunken S, Kiefer H, Bellinghausen W *et al*. The use of a bronchial blocker compared with a double-lumen tube for single-lung ventilation during minimally invasive direct coronary artery bypass surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2002;16:452-5.
112. Nino M, Body SC, Hartigan PM. The use of a bronchial blocker to rescue an ill-fitting double-lumen endotracheal tube. *Anesth Analg* 2000;90:1370-1.
113. Culp WC, Kinsky MP. Sequential one-lung isolation using a double Arndt bronchial blocker technique. *Anesth Analg* 2004;99:945-6.
114. Ho A. Bronchial blocker placement through the lumen of an in situ tracheal tube. *J Trauma* 1999;47:423-5.
115. Grocott HP, Darrow TR, Whiteheart DL, Glower DD, Stafford Smith M. Lung isolation during port-access cardiac surgery: double-lumen endotracheal tube *versus* single-lumen endotracheal tube with a bronchial blocker. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2003;17:725-7.
116. Ng JM, Hartigan PM. Selective lobar bronchial blockade following controlateral pneumonectomy. *Anesthesiology* 2003;98:268-70.
117. Ruiz P. Sequential lobar-lung-lobar isolation using a deflecting tip bronchial blocker. *J Clin Anesth* 2006;18:620-3.

118. Roscoe A, Kanellakos GW, McRae K, Slinger P. Pressures exerted by endobronchial devices. *Anesth Analg* 2007;104:655-8.
119. Campos JH. Which device should be considered the best for lung isolation: double-lumen endotracheal tube *versus* bronchial blockers. *Curr Opin Anaesthesiol* 2007;20:27-31.
120. Campos J, Reasner DK, Moyers JR. Comparison of a modified double-lumen endotracheal tube with a single-lumen tube with enclosed bronchial blocker. *Anesth Analg* 1996;83:1268-72.
121. Bauer C, Winter C, Hentz G, Ducrocq X, Steib A, Dupeyron JP. Bronchial blocker compared to double-lumen tube for one-lung ventilation during thoracoscopy. *Acta Anaesthesiol Scand* 2001;45:250-4.
122. Sandberg WS. Endobronchial blocker dislodgment leading to pulseless electrical activity. *Anesth Analg* 2005;100:1728-30.
123. Hagihira S, Takashina M, Mori T, Yoshiya I. One-lung ventilation in patients with difficult airways. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1998;12:186-8.
124. Ovassapian A. *Fiberoptic endoscopy and the difficult airway*. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott; 1996.
125. Ernst A, Silvestri GA, Johnstone D. Interventional pulmonary procedure. Guidelines from the American College of Chest Physicians. *Chest* 2003;123:1693-717.
126. Mehta AC, Prakash UBS, Garland R, Haponik E, Moses L, Schaffner W *et al*. Prevention of flexible bronchoscopy-associated infection. American College of Chest Physicians and American Association for Bronchology Consensus Statement. *Chest* 2005;128:1742-55.
127. Honeybourne D, Babb J, Bowie P, Brewin A, Fraise A, Garrard C *et al*. British Thoracic Society guidelines on diagnostic flexible bronchoscopy. *Thorax* 2001;56:1-21.
128. Masters IB, Cooper P. Paediatric flexible bronchoscopy. *J Paediatr Child Health* 2002;38:555-9.
129. Martin KM, Larsen PD, Segal R, Marsland CP. Effective nonanatomical endoscopy training produces clinical airway endoscopy proficiency. *Anesth Analg* 2004;99:938-44.
130. Slinger P. Audit of double-lumen endobronchial intubation. *Br J Anaesth* 2005;94:861-6.
131. Latto IP, Stacey M, Mecklenburgh J, Vaughan RS. Survey of the use of the gum elastic bougie in clinical practice. *Anaesthesia* 2002;57:379-84.
132. Asai T, Shingu K. Difficulty in advancing a tracheal tube over a fiberoptic bronchoscope: incidence, causes and solutions. *Br J Anaesth* 2004;92:870-81.
133. Johnson DM, From AM, Smith RB, From RP, Maktabi MA. Endoscopic study of mechanisms of failure of endotracheal tube advancement into the trachea during awake fiberoptic orotracheal intubation. *Anesthesiology* 2005;102:910-4.
134. Charters P, O'Sullivan E. The "dedicated airway": a review of the concept and an update of current practice. *Anaesthesia* 1999;54:778-86.
135. Higgs A, Clark E, Premraj K. Low-skill fiberoptic intubation: use of the Aintree Catheter with the classic LMA. *Anaesthesia* 2005;60:915-20.
136. Cook TM, Silsby J, Simpson TP. Airway rescue in acute upper airway obstruction using a ProSeal Laryngeal mask airway and an Aintree Catheter: a review of the ProSeal Laryngeal mask airway in the management of the difficult airway. *Anaesthesia* 2005;60:1129-36.
137. Wilson WC, Benumof JL. *Anaesthesia for thoracic surgery*. In: Miller RD, editor. *Miller's anesthesia*. Philadelphia: Churchill Livingstone ed.; 2005.p.1847-940.
138. Cohen E. Methods of lung separation. *Minerva Anesthesiol* 2004;70:313-8.
139. Patane PS, Shell BA, Mahala ME. Awake fiberoptic endobronchial intubation. *J Cardiothor Vasc Anesth* 1990;4:229-31.

Ricevuto il 17 gennaio 2008 - Accettato il 6 ottobre 2008.

Autore di contatto: Dr. A. Guarino, Servizio di Anestesia e Rianimazione, Ospedale Villa Scassi, C.so Scassi 1, 16149 Genova, Italia.
E-mail: arturo.guarino@villascassi.it