

TECNICHE CHIRURGICHE

Anestesia

Il ruolo dell'anestesista durante il trapianto di polmone è di fondamentale importanza, soprattutto quando si considerino le differenze in fisiopatologia respiratoria e circolatoria secondarie alle diverse patologie che vengono trattate con il trapianto stesso, dalla ipertensione polmonare a malattie restrittive del polmone, da patologie di tipo ostruttivo ad altre con componente settica. Alla variabilità fisiopatologica si aggiunge poi la critica scelta di effettuare trapianto di polmone singolo o bilaterale per uno stesso tipo di patologia. Il professionista responsabile dell'anestesia durante un trapianto polmonare dovrà di conseguenza essere esperto in tecniche di anestesia cardiotoracica. In particolare sono indispensabili esperienze specifiche nelle tecniche di intubazione e ventilazione meccanica selettive, gestione intraoperatoria del paziente in circolazione extracorporea, tecniche di broncoscopia, ecocardiografia transesofagea⁽²⁾.

Tutti i pazienti sottoposti a trapianto di polmone richiedono monitoraggio intraoperatorio invasivo che si realizza tramite controllo continuo della pressione arteriosa sistemica attraverso catetere inserito in arteria radiale, un catetere venoso centrale e/o un catetere di Swan-Ganz vengono introdotti per il monitoraggio della pressione venosa centrale, delle pressioni cardiache destre e della gittata cardiaca, un catetere di Foley per il controllo della diuresi, si provvede inoltre a inserire in esofago una sonda ecocardiografica per monitoraggio della funzionalità cardiaca⁽²⁾ ⁽⁴¹⁾. Spesso è utile aggiungere un catetere in arteria femorale soprattutto se viene anticipato l'utilizzo della circolazione extracorporea⁽²⁾.

Il paziente necessita sempre di ventilazione meccanica selettiva che si realizza attraverso l'uso di tubi endotracheali a doppio lume o tubi a lume singolo provvisti di sistemi di occlusione bronchiale di Fogarty che consentono una ventilazione indipendente dei polmoni.

Il corretto posizionamento del tubo endotracheale viene confermato tramite broncoscopia dopo l'introduzione iniziale con paziente in posizione supina sul tavolo operatorio, e ricontrollato con una seconda broncoscopia dopo il posizionamento finale del paziente in posizione di decubito laterale⁽⁴¹⁾ ⁽²⁾.

In pazienti affetti da fibrosi cistica le secrezioni purulente tenaci e spesse intasano continuamente il lume bronchiale durante la manipolazione dei polmoni per l'estrazione e ciò rende necessario, prima di introdurre il tubo a doppio lume e iniziare la procedura, l'uso

di un tubo a singolo lume di grande calibro e di un broncoscopio a fibre ottiche flessibile per aspirare le secrezioni stesse⁽²⁾.

L'anestesia viene in generale indotta con etomidate e altri narcotici e viene poi mantenuta con una combinazione di fentanile o sufentanile a dosi variabili da moderate ad alte, e isoflurano a basse dosi. Miorilassanti vengono utilizzati in dosaggi adattati alla funzionalità renale del paziente⁽⁴¹⁾. Tutti i fluidi da somministrare per via endovenosa sono riscaldati⁽⁴¹⁾.

L'uso perioperatorio della compressione pneumatica sequenziale su entrambe le estremità inferiori si è rivelato molto utile nel ridurre l'incidenza di eventi tromboembolici⁽⁴¹⁾. La ventilazione viene effettuata con un volume corrente ("*tidal Volume*") di 12-15 ml/Kg. La concentrazione di O₂ inspirata è aggiustata in modo da ottenere un'adeguata ossigenazione arteriosa. Una lieve iperventilazione spesso viene utilizzata per mantenere i livelli di CO attorno a 30 mmHg con lo scopo di prevenire gli effetti della ipercapnia sulla pressione arteriosa polmonare⁽⁴¹⁾. Durante il periodo di ventilazione monopolmonare si utilizza un "*tidal volume*" ridotto a 10 ml/Kg e una frazione di O₂ ispirato di 1.0. Al completamento dell'impianto del polmone/polmoni da trapiantare si reinstaura la ventilazione bipolmonare e la frazione di O₂ inspirata è aggiustata per ottenere un livello di PO₂ superiore a 90-95 mmHg.

Trapianto di polmone singolo

Generalmente si preferisce eseguire il trapianto del polmone la cui funzionalità è maggiormente deteriorata, in altre parole in casi di trapianto di polmone singolo si preserva il polmone nativo con migliore funzionalità⁽²⁾. In alcuni casi il lato del trapianto è determinata dalla disponibilità dell'organo donato, se l'unico polmone disponibile è un polmone sinistro necessariamente si effettuerà un trapianto sinistro.

Un'eventuale pervietà del dotto arterioso può essere corretta indipendentemente dal lato in cui si esegue il trapianto⁽²⁾.

Il paziente è inizialmente posizionato supino sul tavolo operatorio per l'intubazione con tubo endotracheale a doppio lume. Non appena il tubo viene assicurato, il paziente viene posizionato in decubito laterale per la toracotomia.⁽⁴¹⁾

L'incisione preferita per il trapianto di polmone singolo è l'incisione anterolaterale lungo il 5° spazio intercostale. Se necessario migliorare l'esposizione la sesta costa può essere divisa posteriormente vicino all'inserzione costo vertebrale o può essere rimossa.⁽²⁾

La circolazione extracorporea è indicata per i pazienti con evidenze di instabilità emodinamica, ipercapnia con acidosi o ipossia con una PO_2 inferiore a 50 mmHg, ed è comunque maggiormente indicata in pazienti con malattie polmonari restrittive in fase avanzata e con ipertensione polmonare primitiva, mentre in genere non lo è per pazienti con malattie polmonari ostruttive. ⁽⁴¹⁾

Qualora si preveda di utilizzare la circolazione extracorporea per il trapianto singolo del polmone destro può essere preferibile praticare l'incisione nel 4° spazio intercostale che consente un più agevole accesso all'aorta ascendente e all'atrio destro.⁽²⁾ Sempre per trapianti singoli del polmone destro si utilizza a volte una incisione sternotomica mediana se all'intervento di trapianto risulta necessario associare la correzione di difetti cardiaci.⁽²⁾

Per i trapianti del lato sinistro il bypass cardiopolmonare può essere eseguito attraverso la vena e l'arteria femorale, in tal caso i pazienti sono spesso posizionati con l'inguine ipsilaterale nel campo operatorio per eseguire l'incannulazione femorale, anche se l'incannulazione intratoracica consente di evitare l'incisione inguinale e la successiva riparazione dell'arteria e vena femorale dopo la decannulazione.^{(2) (41)} In alternativa per i trapianti del lato sinistro l'incisione anterolaterale può essere estesa fino allo sterno per consentire di incannulare l'aorta e l'atrio destro.⁽⁴¹⁾

Pneumonectomia del Ricevente

L'intervento di pneumonectomia del ricevente prevede, dopo l'incisione toracotomica, la divisione di eventuali aderenze pleuriche, tali aderenze possono essere particolarmente abbondanti, tenaci e vascolarizzate in pazienti con malattie fibrotiche o settiche, mentre sono generalmente assenti o poco importanti in pazienti con enfisema e ipertensione polmonare primitiva.^{(2) (41)}

Il passo successivo è costituito dalla divisione del legamento polmonare inferiore. Si comincia quindi la dissezione delle strutture mediastiniche che va effettuata con grande attenzione soprattutto in presenza di aderenze o processi infiammatori. L'arteria polmonare destra o sinistra, a seconda del lato da trapiantare, viene quindi isolata, e circondata con una fettuccia. Le vene polmonari superiori ed inferiori vengono isolate al di fuori del pericardio.⁽⁴¹⁾

A questo punto per aiutare a decidere se sarà necessario utilizzare o meno la circolazione extracorporea si pratica un breve periodo di occlusione dell'arteria polmonare destra o sinistra, isolando così il polmone da rimuovere dalla circolazione polmonare.

Durante questo periodo di occlusione (5 min. circa) vengono controllati la pressione arteriosa polmonare e sistemica, la frequenza cardiaca, il grado di saturazione d'ossigeno e i valori emogasanalitici.⁽⁴¹⁾

Se questi parametri non sono accettabili, con conseguente instabilità emodinamica si renderà necessario utilizzare la circolazione extracorporea. Nella maggioranza dei casi di trapianto di polmone singolo il bypass cardiopolmonare non è necessario in quanto il polmone nativo controlaterale consente scambi gassosi e condizioni emodinamiche accettabili nel periodo di ventilazione monopolmonare relativamente breve (45-60 minuti) necessario per effettuare l'impianto del polmone donato.⁽²⁾

La prima branca dell'arteria polmonare viene legata e sezionata, l'arteria polmonare appena distalmente a questa branca viene doppiamente cucita tramite l'uso di una suturatrice meccanica e quindi sezionata tra le due linee di cucitura.

In maniera analoga le vene polmonari vengono sezionate in prossimità dell'ilo polmonare tra due linee di cucitura eseguita tramite suturatrice meccanica o tra legature.⁽²⁾

Si dirige quindi l'attenzione al bronco principale situato nella parte posteriore del mediastino e facilmente accessibile una volta che si siano divise l'arteria e le vene polmonari, la dissezione attorno al bronco deve comunque essere quanto minore possibile per preservarne la vascolarizzazione.⁽⁴¹⁾

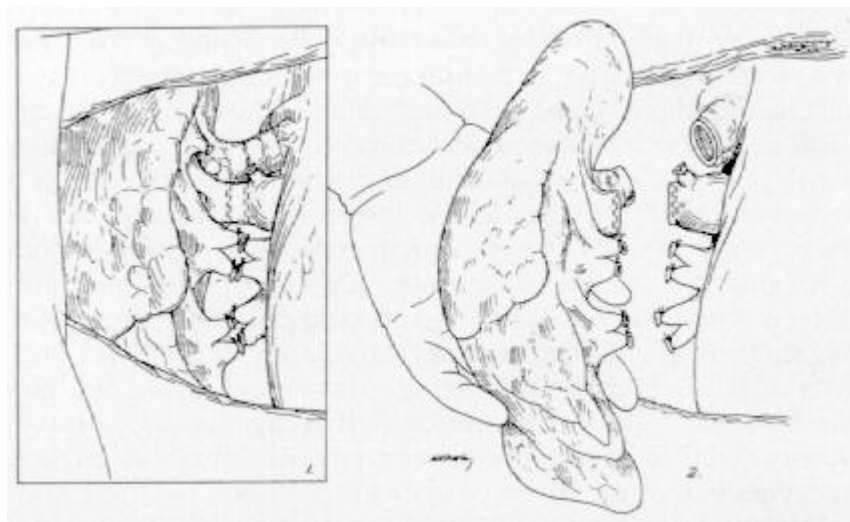


Figura 1. Pneumectomia del ricevente

Il bronco principale viene sezionato appena prossimalmente all'origine del bronco lobare superiore, i monconi sezionati delle le arterie bronchiali vengono occlusi tramite elettrocoagulazione o clips metalliche.⁽²⁾ Il polmone nativo può essere così escisso e inviato al laboratorio di patologia. Durante l'intera procedura di pneumonectomia del ricevente bisogna porre molta attenzione a non ledere il nervo frenico e i nervi laringei ricorrenti.⁽²⁾

Impianto del Nuovo Organo

Mentre si completa la pneumonectomia del ricevente, uno dei chirurghi del team procede a rimuovere in modo sterile il polmone donato dal contenitore in cui è stato trasportato e prepararlo per l'impianto. Il bronco viene sezionato due o tre anelli cartilaginei prossimalmente all'origine del bronco lobare superiore, le secrezioni bronchiali vengono rimosse e poste in coltura, e il bronco viene gentilmente irrigato con soluzione fisiologica sterile. Il moncone dell'arteria polmonare viene esaminato attentamente, tagliato alla appropriata lunghezza ed irrigato per rimuovere eventuali trombi.⁽⁴¹⁾

A pneumonectomia del ricevente completata il polmone del donatore, avvolto in una garza umida e a bassa temperatura, viene posto nella porzione posteriore della cavità pleurica.⁽²⁾ Durante l'impianto il polmone viene mantenuto freddo grazie all'uso di ghiaccio sterile tritato per consentire di protrarre il periodo di conservazione fredda anche durante l'esecuzione delle anastomosi.⁽²⁾ Durante l'intera procedura di impianto è estremamente importante ridurre al minimo la manipolazione del polmone donato che, essendo ischemico, è esposto al rischio di sviluppo di emorragie intraparenchimali.

L'impianto vero e proprio del polmone da trapiantare comincia con il confezionamento dell'anastomosi bronchiale.

Tale anastomosi viene sempre costruita per prima perché il moncone bronchiale del ricevente è delle strutture da rianastomizzare la più posteriore e profonda nel mediastino, creare per prime le anastomosi dell'arteria o delle vene polmonari renderebbe impossibile la visualizzazione adeguata dei monconi bronchiali.^{(2) (41)}

Inizialmente i due monconi bronchiali del donatore e del ricevente vengono revisionati e accorciati in modo tale da prevenire una ridondanza eccessiva del bronco ricostruito che potrebbe causare fenomeni di angolazione. L'anastomosi bronchiale vera e propria può essere effettuata con tecnica termino-terminale oppure con tecnica "a telescopio". In ambedue i casi il primo passo è l'anastomosi della parete posteriore

membranosa che viene effettuata con tecnica di sutura continua usando un materiale assorbibile solitamente di dimensione 4-0.^{(2) (41)} La porzione cartilaginea del bronco viene invece ricostruita con punti di sutura interrotti semplici non assorbibili in caso di tecnica termino-terminale. Per la tecnica telescopica i punti di sutura utilizzati sono interrotti "ad 8" o interrotti orizzontali da materassaio, il materiale utilizzato è sempre non riassorbibile, solitamente polipropilene 4-0.^{(2) (41)}

La tecnica a telescopio fu introdotta allo scopo di consentire di invaginare il moncone bronchiale di diametro minore, in genere quello del donatore, all'interno di quello a diametro maggiore, ottenendo quindi un bronco a due strati a livello dell'anastomosi dove il rischio di ischemia, necrosi e deiscenza è massimo. L'anastomosi vera e propria viene ulteriormente protetta ricoprendola con il tessuto connettivo peribronchiale. Alcuni chirurghi anziché tessuto connettivo preferiscono usare lembi di pleura, lembi di pericardio o, più di rado, lembi muscolari vascolarizzati solitamente intercostali.

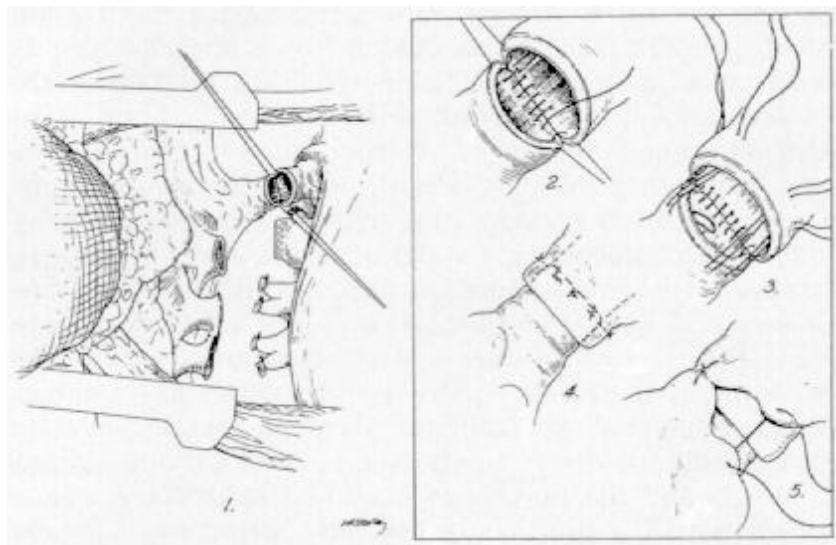


Figura 2. Anastomosi bronchiale con tecnica "a telescopio". (Vedi anche figura 3)

Storicamente la prima tecnica di anastomosi bronchiale prevedeva l'omentopessia: la protezione dell'anastomosi bronchiale vera e propria con un lembo peduncolato vascolarizzato di omento che veniva attratto in cavità pleurica attraverso una piccola breccia diaframmatica.^{(2) (41)} Lo scopo di tale metodica era di favorire l'arivascularizzazione del bronco ricostruito e, in caso di necrosi e deiscenza dell'anastomosi, di contenere l'infezione prevenendone la diffusione mediastinica.

Attualmente tale tecnica è stata rimpiazzata dalla tecnica telescopica che raggiunge gli stessi scopi in maniera più semplice.

Una volta completata l'anastomosi bronchiale la sua tenuta viene verificata sommerkendo il bronco con soluzione fisiologica, ripristinando per breve tempo la ventilazione e pressurizzando il bronco ad una pressione di circa 30 cmH₂O per identificare eventuali aree di non perfetta approssimazione dell'anastomosi stessa che necessitino di punti di sutura di rinforzo.⁽⁴¹⁾

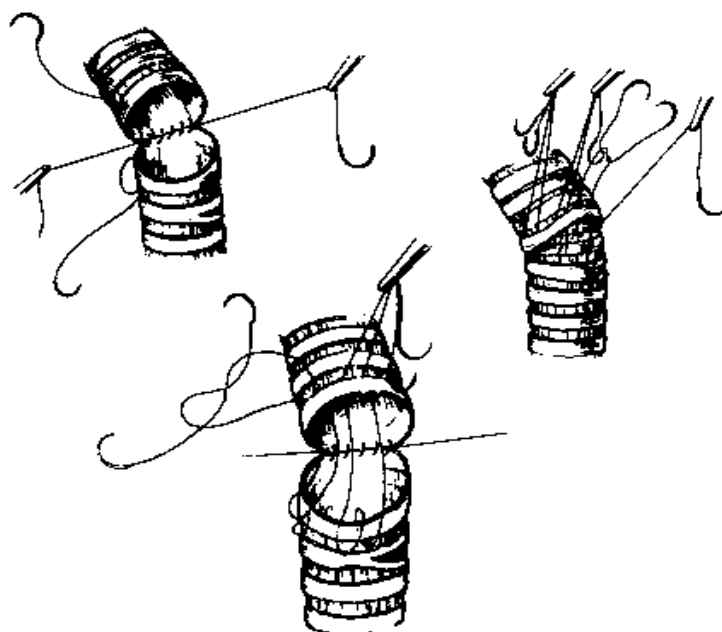


Figura 3. Sutura a materassaio modificata, utilizzata per invaginare il bronco più piccolo in quello più grande.

Si procede quindi a costruire le anastomosi vascolari. Alcuni chirurghi preferiscono procedere prima all'anastomosi dell'arteria polmonare, altri all'anastomosi delle vene polmonari. Per l'anastomosi dell'arteria polmonare una clamp vascolare viene applicata quanto più prossimale possibile sull'arteria polmonare principale del ricevente la cui estremità distale alla clamp viene quindi rimossa, i due monconi delle arterie polmonari del donatore e del ricevente vengono revisionati per renderli di dimensioni e lunghezza appropriati, affrontati e anastomizzati con tecnica termino-terminale continua utilizzando materiale non assorbibile 5-0.^{(2) (41)} E' molto importante mantenere il giusto orientamento tra i due monconi dell'arteria polmonare che si va ricostruendo per evitare fenomeni di angolazione o compromissione del lume arterioso.⁽²⁾

La ricostruzione del ritorno venoso del polmone trapiantato prevede non l'anastomosi individuale di ciascuna delle due vene polmonari ma l'anastomosi di una cuffia di atrio sinistro del donatore che includa l'origine delle due vene polmonari all'atrio sinistro del ricevente. Tale tecnica fu sviluppata dopo che i primi esperimenti animali di trapianto polmonare dimostrarono che l'anastomosi individuale delle vene polmonari era complicata con grande frequenza da trombosi delle vene stesse. La tecnica di anastomosi delle cuffie atriali sinistre prevede inizialmente il posizionamento di una clamp vascolare angolata sull'atrio sinistro del ricevente intorno all'origine delle vene polmonari che erano state legate e divise precedentemente al momento della pneumonectomia del ricevente.⁽²⁾ I monconi delle due vene polmonari del ricevente vengono quindi amputati e il ponte di tessuto posto tra le due vene viene inciso in modo da creare un'adeguata cuffia di atrio sinistro del ricevente che ben si adatti per dimensioni all'analoga cuffia atriale sinistra del donatore.^{(2) (41)} L'anastomosi delle due cuffie atriali viene eseguita con sutura continua di polipropilene 4-0 o 5-0.

L'anastomosi atriale viene completata ma non annodata, prima di legare la sutura è infatti necessario procedere alla rimozione dell'aria presente all'interno dei vasi del polmone appena impiantato. A questo scopo il polmone viene gentilmente ventilato, la clamp sull'arteria polmonare viene temporaneamente rimossa mentre la clamp atriale sinistra rimane serrata, in tal modo si ripristina la circolazione attraverso il polmone che rimuove eventuali bolle d'aria dai vasi polmonari, aria che quindi viene evacuata attraverso la sutura atriale sinistra che è ancora non stagna in quanto non annodata, dopo 1 o 2 minuti la sutura atriale viene stretta e annodata e le clamp vascolari vengono rimosse.⁽²⁾
⁽⁴¹⁾ Le due anastomosi vascolari vengono quindi attentamente ispezionate per assicurarsi della loro emostasi, e se necessario vengono rinforzate.

Immediatamente prima del ripristino della perfusione del polmone trapiantato al paziente viene somministrata per via endovenosa una dose di 500mg-1gr di metilprednisolone. Alcuni gruppi a questo punto danno inizio anche ad una infusione continua di PGE₁ allo scopo di promuovere una perfusione omogenea del polmone e di prevenire episodi di ipertensione polmonare.⁽²⁾

Contemporaneamente al ripristino della circolazione nel polmone trapiantato l'anestesista procede a reinstaurare la ventilazione bipolmonare assicurandosi di mantenere, almeno inizialmente, pressioni inspiratorie massime moderate. Se durante l'impianto del polmone trapiantato è stato necessario utilizzare la circolazione

extracorporea dopo qualche minuto di riperfusione e ventilazione il paziente può esserne svezzato, di solito senza particolari difficoltà.⁽²⁾

Due o più drenaggi vengono lasciati nella cavità pleurica per drenare l'ematoma e l'incisione toracotomica viene chiusa a strati utilizzando suture di materiale assorbibile.⁽²⁾
(41)

Il tubo endotracheale a doppio lume può essere a questo punto sostituito con un tubo a singolo lume di calibro maggiore e, ancora in sala operatoria, viene eseguita una broncoscopia per ispezionare l'anastomosi bronchiale e per liberare le vie aeree da sangue e secrezioni.⁽²⁾

Trapianto Bilaterale Sequenziale

Inizialmente il trapianto di polmone doppio veniva eseguito con tecnica monoblocco ricostruendo la continuità delle vie aeree con un'anastomosi unica tracheale, questa tecnica tuttavia esponeva i pazienti a pericolose complicanze quali ischemia, necrosi o stenosi dell'anastomosi tracheale tollerate molto peggio delle stesse complicanze a livello bronchiale.⁽⁴⁴⁾

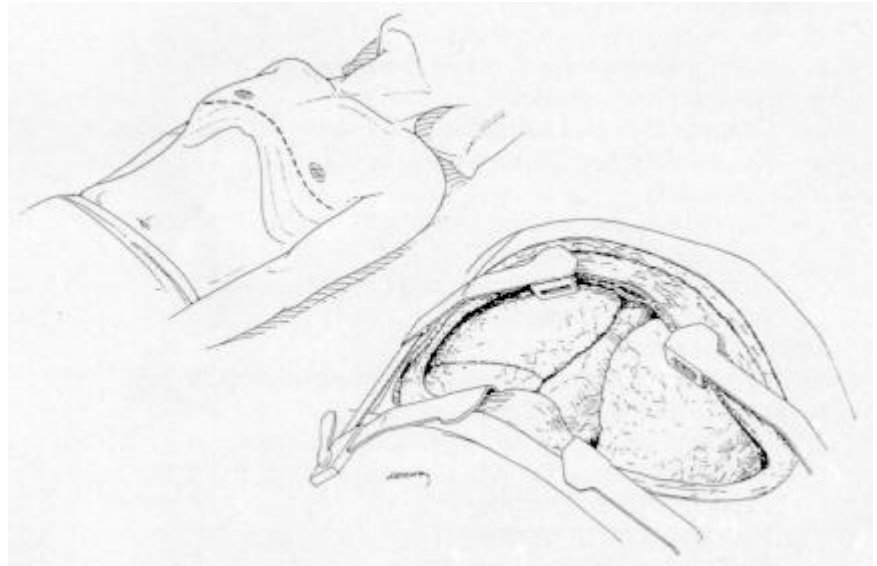
Attualmente la tecnica utilizzata per il trapianto di polmone doppio è la tecnica di trapianto bilaterale sequenziale che consiste nel fare due trapianti di polmone singolo uno di seguito all'altro.

Una prima differenza nella tecnica del trapianto polmonare bilaterale rispetto al trapianto singolo riguarda la posizione del paziente che nel caso del trapianto bilaterale sequenziale viene posto sul tavolo operatorio in posizione supina. Il campo operatorio include il torace, la regione anteriore del collo, l'addome ed entrambe le regioni inguinali.⁽⁴⁴⁾

L'incisione di scelta per il trapianto bilaterale sequenziale è la toracotomia bilaterale anterolaterale a livello del 4° o 5° spazio intercostale. Le porzioni destra e sinistra della toracotomia bilaterale sono connesse da una sternotomia traversa.⁽²⁾

E' anche possibile usare una toracosternotomia benché tale approccio non sia mai stato popolare.⁽⁴⁴⁾

L'incisione toracotomica bilaterale si estende lateralmente sino alla linea ascellare anteriore. Nei soggetti di sesso femminile questa incisione viene a coincidere con un'incisione submammaria bilaterale.⁽⁴⁴⁾



Questa incisione è stata denominata nella letteratura anglosassone

Figura 4. Incisione a conchiglia utilizzata per il trapianto polmonare bilaterale

"clam shell incision" ("incisione a conchiglia di cozza") un termine molto descrittivo che fa capire come il pregio maggiore dell'incisione sia l'esposizione di ambedue le cavità pleuriche e

dell'intero mediastino grazie all'uso di due divaricatori separati.⁽⁴⁴⁾ L'eccellente esposizione che si ottiene con questa incisione consente non solo un buon controllo delle aderenze che costituiscono uno dei problemi tecnici principali nei pazienti affetti da fibrosi cistica che sono tra i principali candidati al trapianto polmonare bilaterale, ma anche rende estremamente semplice la cannulazione dell'aorta toracica ascendente e dell'atrio destro necessarie per utilizzare la circolazione extracorporea che è frequentemente necessaria per questo tipo di intervento.⁽²⁾

Le tecniche di pneumectomia dei polmoni nativi e di impianto dei polmoni trapiantati sono essenzialmente identiche a quelle descritte per il trapianto di polmone singolo, l'unica differenza è l'approccio all'ilo polmonare anteriore e non laterale.

Dapprima viene sostituito il polmone di funzionalità peggiore in base alla valutazione pre-operatoria tramite scintigrafia ventilatoria e studio di perfusione.⁽²⁾

Prima di eseguire la prima pneumectomia si effettua il test di occlusione dell'arteria polmonare per valutare se vi è necessità di istituire il bypass cardiopolmonare.⁽⁴⁴⁾ Spesso, il polmone nativo rimanente non consente una ventilazione soddisfacente durante la rimozione e l'impianto del primo polmone, ed è quindi necessario istituire la circolazione extracorporea prima di procedere alla prima pneumectomia.⁽²⁾ Il momento più comune durante il quale si rende necessaria la circolazione extracorporea è comunque quello seguente l'impianto del primo polmone. Il polmone trapiantato non è infatti in grado di sostenere immediatamente da solo la circolazione del ricevente durante la seconda pneumectomia e non è capace di garantire efficaci scambi gassosi e stabilità emodinamica.⁽²⁾

In generale è comunque altamente preferibile instaurare la circolazione extracorporea in condizioni controllate, dopo una scelta ponderata, anziché in situazioni d'emergenza in presenza di un paziente instabile.

E' quindi raccomandabile, soprattutto nel caso del trapianto polmonare bilaterale, avere una soglia di tolleranza molto bassa all'uso di questa metodica di supporto.⁽²⁾

Trapianto Lobare da Donatore Vivente

Lobectomia del Donatore Vivente

Alcune considerazioni anatomiche ci consentono di sottolineare come alcuni lobi sono più adatti ad essere rimossi per trapianto rispetto ad altri.⁽⁴²⁾

L'arteria ascendente posteriore del lobo superiore destro origina dalla porzione interlobare dell'arteria polmonare principale, separatamente dal tronco anteriore e distalmente dall'origine dell'arteria del lobo medio.⁽⁴²⁾ Una lobectomia superiore da donatore vivente richiede quindi la parziale rimozione della parete anteriore dell'arteria polmonare interlobare del donatore secondo la tecnica di Carrell.

Dopo la rimozione del lobo, l'arteria polmonare del donatore viene ricostruita con pericardio.⁽⁴²⁾

Il lobo medio destro può essere facilmente rimosso ma, non possiede un letto vascolare adeguato o un sufficiente volume ventilatorio per supportare la funzione respiratoria del ricevente.⁽⁴²⁾ E' stato suggerito che il lobo medio destro agisce più come un segmento che come un lobo con un letto microvascolare limitato e incapace di accettare la gittata cardiaca in pazienti con ipertensione polmonare primitiva.⁽⁴²⁾

Inoltre il lobo medio destro possiede un drenaggio venoso incostante che può drenare attraverso le vene polmonari superiori o inferiori o attraverso vene polmonari accessorie che raggiungono direttamente l'atrio sinistro.⁽⁴²⁾

Secondo Jennings e colleghi, il lobo medio destro da donatore adulto è il miglior lobo per la sostituzione del polmone sinistro neonatale, infatti può essere ruotato di 180° attorno al suo asse superiore-inferiore cosicché i vasi e il bronco possono essere allineati bene nell'emitorace sinistro di un ricevente neonatale.⁽⁴²⁾

I lobi superiore e inferiore sono i lobi di scelta per trapianti lobari bilaterali sequenziali da donatori viventi, consentendo di sostituire rispettivamente i polmoni destro e sinistro del ricevente.⁽⁴²⁾

La lobectomia inferiore sinistra da donatore vivente è tecnicamente la meno difficoltosa e presenta minori complicanze potenziali per i pazienti donatori.⁽⁴²⁾ Poiché le branche lingulari dell'arteria polmonare sinistra possono originare distalmente all'origine dell'arteria del segmento superiore del lobo inferiore, esse vengono, quando necessario, legate e divise.⁽⁴²⁾ Nell'esperienza del gruppo diretto da Von Starnes non vi sono state complicanze nei donatori sottoposti a lobectomia inferiore sinistra.⁽⁴²⁾

Per semplici motivi anatomici, la lobectomia del lobo inferiore destro presenta maggiori difficoltà rispetto a quella sinistra.⁽⁴²⁾ L'origine dell'arteria del segmento superiore del lobo inferiore destro è spesso di pochi millimetri distale all'origine dell'arteria ascendente posteriore del lobo superiore destro e contrapposta all'origine dell'arteria del lobo medio destro.⁽⁴²⁾

Per eseguire un trapianto lobare da donatore vivente è necessario il lavoro coordinato di tre squadre di chirurghi e anestesisti. Due donatori donano un lobo ciascuno, il ricevente viene quindi sottoposto a trapianto bilaterale sequenziale utilizzando i due lobi donati.

Per le lobectomie da donatore dopo induzione dell'anestesia generale, viene eseguita la broncoscopia per escludere eventuali infezioni o flogosi e per definire ulteriormente l'anatomia bronchiale.⁽⁴²⁾ Il tubo endotracheale viene quindi sostituito con un tubo a doppio lume per consentire ventilazione polmonare selettiva.⁽⁴²⁾

La lobectomia viene eseguita attraverso un'incisione posterolaterale. Dopo l'incisione del legamento polmonare inferiore, viene effettuata la dissezione dei vasi lobari fondamentale in questa fase è il riconoscimento di eventuali variazioni anatomiche vascolari.⁽⁴²⁾ Il

pericardio viene aperto attorno alla vena polmonare superiore o inferiore in modo da permettere la rimozione di una cuffia di atrio sinistro.⁽⁴²⁾

Il bronco lobare viene isolato prestando attenzione a non danneggiare i bronchi adiacenti. Al termine della dissezione e dopo il perfetto riconoscimento dell'anatomia e dopo che la dissezione è completata, il polmone viene nuovamente ventilato e al paziente vengono somministrati per via endovenosa 10.000 Unità di eparina e 500 mg di metilprednisolone.⁽⁴²⁾ La ventilazione del polmone viene nuovamente sospesa e si procede al clampaggio dell'arteria polmonare seguita da quella dell'atrio sinistro adiacente alla vena polmonare.⁽⁴²⁾ L'arteria polmonare, la vena polmonare e il bronco lobare vengono divisi nell'ordine. Questa sequenza consente di evitare congestioni venose che potrebbero danneggiare il lobo da trapiantare.⁽⁴²⁾ Il lobo espantato viene posto su un tavolo sterile, il bronco e l'arteria polmonare vengono cannulati, il lobo viene quindi delicatamente ventilato con O₂ al 100%, perfuso con soluzione di preservazione a bassa temperatura e immerso in una soluzione fisiologica fredda dove verrà mantenuto fino al momento dell'impianto.⁽⁴²⁾

Contemporaneamente alla preparazione del lobo donato viene completato l'intervento del donatore cui vengono suturati il moncone dell'arteria polmonare con sutura continua di polipropilene 6-0, l'atrio sinistro con sutura continua di polipropilene 5-0, il bronco con punti di sutura interrotti di polipropilene 5-0 o con una suturatrice meccanica.⁽⁴²⁾

Impianto nel Ricevente

Una toracotomia posterolaterale standard viene utilizzata per i trapianti di polmone singolo mentre viene effettuata un'incisione toracosternotomica bilaterale per il trapianto lobare bilaterale sequenziale.⁽⁴²⁾ La circolazione extracorporea viene utilizzata di routine nei casi di trapianto bilaterale e frequentemente anche nel trapianto monolaterale.⁽⁴²⁾ Le incisioni devono consentire una sufficiente esposizione

per l'incannulazione cardiaca e un facile accesso alle cavità pleuriche, in particolare alle zone apicali e retroilari, che possono essere difficili da raggiungere.⁽⁴²⁾

L'incisione toracosternotomica bilaterale viene preferita quando si è sicuri di trovare aderenze da infezioni croniche o cicatrici da precedenti interventi.⁽⁴²⁾

Per minimizzare il sanguinamento, la dissezione delle aree ilari e la divisione delle aderenze vengono eseguite prima della somministrazione di eparina necessaria per la circolazione extracorporea.⁽⁴²⁾

Dopo la fase di dissezione preliminare e un volta che il lobo donato è stato adeguatamente preparato viene istituita la circolazione extracorporea e si procede alla pneumectomia del ricevente.⁽⁴²⁾ La divisione delle arterie e vene polmonari viene effettuata quanto più distalmente possibile dal parenchima polmonare. Il bronco viene sezionato a livello dell'origine del lobo superiore utilizzando una suturatrice meccanica.⁽⁴²⁾ Come sempre il bronco è la prima struttura ad essere anastomizzata, utilizzando la tecnica telescopica (bronco di dimensioni minori invaginato dentro quello di maggior diametro).⁽⁴²⁾

Completata l'anastomosi bronchiale la vena lobare del donatore viene a trovarsi in prossimità della vena polmonare superiore del ricevente alla quale viene anastomizzata.⁽⁴²⁾ Un'anastomosi diretta all'atrio sinistro è difficile da eseguire a causa della brevità della vena del lobo impiantato.⁽⁴²⁾ Si comprende quindi la critica importanza di preservare un tratto di vena polmonare quanto più lungo possibile al momento della pneumectomia del ricevente.⁽⁴²⁾

L'anastomosi termino-terminale dell'arteria polmonare viene eseguita utilizzando una sutura continua di polipropilene 5-0. Si procede quindi alle manovre di rimozione dal circolo polmonare di eventuale bolle d'aria precedentemente descritte.⁽⁴²⁾ Non appena l'impianto del lobo è completato, il paziente viene svezzato dalla circolazione extracorporea. Una volta raggiunta un'emostasi, una ventilazione e una situazione emodinamica soddisfacenti l'intervento viene concluso con l'inserzione

dei drenaggi toracici e la chiusura a strati dell'incisione toracotomica. Per escludere eventuali complicanze tecniche prima di lasciare la sala operatoria si procede ad eseguire una broncoscopia e una ecocardiografia transesofagea.⁽⁴²⁾