

Studio osservazionale La ministernotomia migliora il decorso postoperatorio nella sostituzione valvolare aortica

Massimo Bonacchi, Massimo Maiani, Francesco Battaglia, Edvin Prifti, Gabriele Giunti, Salvatore Campisi, Guido Sani

Cattedra e Scuola di Specializzazione in Cardiocirurgia, Università degli Studi, Firenze

Key words:
Aortic valve;
Clinical course;
Valvular surgery.

Background. The advantages and the safety aspects of ministernotomy, in aortic valve replacement, are presently under investigation. The aim of this study was to compare the postoperative results between ministernotomy access and standard total sternotomy access.

Methods. Between January 1997 and July 2002, 98 patients underwent elective aortic valve replacement. They were divided into two groups: group Gm (49 patients) undergoing a ministernotomy approach ("reversed C" or "reversed L") and group Gs (49 patients) undergoing conventional total sternotomy.

Results. The length of the skin incision was significantly shorter in group Gm ($p < 0.001$). The total operative time was significantly longer in group Gm ($p = 0.02$), but no significant differences were found in the cardiopulmonary bypass and aortic cross-clamping times. Mean mediastinal drainage, incidence of bleeding > 800 ml, mechanical ventilation time, intensive care unit stay and hospital stay were significantly greater in group Gs. Five days after the surgical procedure, spirometric analysis demonstrated a significant reduction in total lung capacity, and in maximum expiratory and inspiratory pressures in group Gs compared with group Gm ($p = 0.003$, $p = 0.001$, $p = 0.01$, respectively).

Conclusions. Our results showed that in addition to cosmetic advantages, ministernotomy is also associated with a better outcome in terms of sternal stability, blood loss and transfusions, and postoperative pain. Ministernotomy also improved the recovery of respiratory function, with a shorter mechanical ventilation time and allowed an earlier hospital discharge.

(Ital Heart J Suppl 2002; 3 (12): 1214-1224)

© 2002 CEPI Srl

Ricevuto il 30 settembre 2002; nuova stesura il 10 dicembre 2002; accettato l'11 dicembre 2002.

Per la corrispondenza:

Dr. Massimo Bonacchi

Cattedra e Scuola di
Specializzazione in
Cardiocirurgia
Università degli Studi
Viale Morgagni, 85
50134 Firenze

E-mail:

mbonacchi@hotmail.com

Introduzione

La sternotomia longitudinale mediana rappresenta l'approccio chirurgico convenzionale nella sostituzione valvolare aortica, consentendo una buona esposizione delle strutture cardiovascolari. Negli ultimi anni sono state introdotte ed utilizzate differenti tecniche chirurgiche mini-invasive, finalizzate alla riduzione del traumatismo chirurgico, mantenendo al tempo stesso elevati standard di qualità e sicurezza. Attualmente esistono in letteratura pochi e non conclusivi dati relativi ai risultati postoperatori ottenuti a seguito dell'applicazione di tecniche mini-invasive rispetto a quelli ottenuti con tecniche chirurgiche convenzionali^{1,2}.

Dal 1997 abbiamo impiegato la ministernotomia nelle sue varianti "L invertita" o "C invertita", per l'esecuzione di interventi chirurgici mini-invasivi sulla valvola aortica.

Tra le varie alternative possibili sono state scelte queste due tecniche poiché of-

frono alcuni vantaggi, tra i quali la possibilità di utilizzare una cannulazione centrale standard per l'allestimento del bypass cardiopolmonare, non richiedono l'apertura delle cavità pleuriche, resezioni costali, permettendo anche la conservazione dell'integrità dei vasi mammari interni di entrambi i lati. Altro importante vantaggio che aumenta la sicurezza della procedura è la possibilità, in caso di necessità, di una rapida e semplice conversione alla sternotomia longitudinale mediana.

Lo scopo di questo studio è stato identificare e quantizzare eventuali vantaggi postoperatori delle tecniche ministernotomiche rispetto all'accesso tradizionale mediante sternotomia longitudinale mediana.

Materiali e metodi

Sono stati inclusi in questo studio 98 pazienti con patologia della valvola aortica sottoposti ad intervento chirurgico elettivo

di sostituzione valvolare, nel periodo compreso tra il gennaio 1997 e il giugno 2002. Questi pazienti sono stati suddivisi in due gruppi: il primo (Gm) comprende 49 pazienti trattati con ministernotomia (“L invertita” o “C invertita”), mentre il secondo (Gs) è stato ottenuto selezionando 49 pazienti, operati nello stesso periodo, omogenei per le caratteristiche preoperatorie, ma trattati con la sternotomia longitudinale mediana totale.

Sono stati considerati fattori di esclusione: interventi chirurgici effettuati in condizioni di urgenza-emergenza, pazienti con frazione di eiezione del ventricolo sinistro < 25%, estese calcificazioni dell’aorta ascendente e i reinterventi.

Caratteristiche cliniche dei pazienti. Le caratteristiche demografiche, cliniche, strumentali, emocoagulative ed anatomo-patologiche preoperatorie dei due gruppi di pazienti sono riportate nelle tabelle I e II. L’analisi statistica non ha mostrato differenze significative ($p > 0.05$) per tutti i parametri preoperatori analizzati.

La funzione respiratoria è stata valutata attraverso esame spirometrico ed emogasanalitico, determinando: la capacità vitale forzata, il volume espiratorio forzato al primo secondo (FEV₁), la capacità polmonare totale, il volume residuo, la massima pressione inspiratoria (MIP) ed espiratoria (MEP).

Anestesia. Tutti i pazienti sono stati sottoposti allo stesso tipo di regime anestetico. La premedicazione è stata effettuata con diazepam (0.1 mg/kg), scopolamina (da 0.2 a 0.4 mg) e morfina (0.1 mg/kg).

Durante l’intervento sono stati monitorati i seguenti parametri: il tracciato elettrocardiografico, la pressione arteriosa invasiva (attraverso cannulazione radiale), la pressione venosa centrale, la diuresi, la temperatura esofagea e rettale.

Tabella I. Caratteristiche demografiche e cliniche preoperatorie.

Variabile	Gruppo Gm (n = 49)	Gruppo Gs (n = 49)	p
Età (anni)	62.2 ± 9.3	63.6 ± 10.4	0.7
Sesso (M/F)	31/18	33/16	0.83
BMI (kg/m ²)	25.6 ± 2.3	26.7 ± 2.8	0.15
Classe NYHA	2.7 ± 0.9	2.6 ± 0.7	0.55
Malattia valvolare			
Stenosi	8	7	1.0
Insufficienza	18	13	0.82
Stenoinufficienza	23	29	0.68
Diabete	7	7	1.0
FE (%)	56.9 ± 11.8	55.8 ± 12.1	0.75
Creatinina > 2 mg/dl	4	3	1.0
MVP	2	2	1.0
Iperensione	15	18	0.83
Ipercolesterolemia	4	3	1.0
BPCO	5	6	0.74

BMI = indice di massa corporea; BPCO = broncopneumopatia cronica ostruttiva; FE = frazione di eiezione; MVP = malattia vascolare periferica.

Tabella II. Dati emogasanalitici, spirometrici ed emocoagulativi preoperatori.

Variabile	Gruppo Gm (n = 49)	Gruppo Gs (n = 49)	p
Dati emogasanalitici			
PaO ₂ (mmHg)	93 ± 4.6	94 ± 5.6	0.35
PaCO ₂ (mmHg)	35 ± 5.8	34 ± 6.4	0.43
Dati spirometrici			
TLC (% attesa)	97.9 ± 12.7	96.5 ± 14.2	0.65
FEV ₁ (% attesa)	85.2 ± 21.5	83.6 ± 15.4	0.68
MIP (% attesa)	70 ± 23	68 ± 24.3	0.69
MEP (% attesa)	69 ± 10.5	72 ± 21	0.39
RV (% attesa)	91 ± 23.8	93 ± 19	0.66
Dati emocoagulativi			
INR	0.88 ± 0.3	0.94 ± 0.2	0.20
Piastrine (×1000)	334 ± 62	355 ± 130	0.28
Fibrinogeno (mg/dl)	318 ± 136	296 ± 125	0.31

FEV₁ = volume espiratorio forzato al primo secondo; INR = international normalized ratio; MEP = massima pressione espiratoria; MIP = massima pressione inspiratoria; PaCO₂ = pressione arteriosa di anidride carbonica; PaO₂ = pressione arteriosa di ossigeno; RV = volume residuo; TLC = capacità polmonare totale.

L’induzione dell’anestesia è stata ottenuta con fentanyl (da 25 a 30 µg/kg), diazepam (0.2 mg/kg) e pancuronio bromuro (0.1 mg/kg); il mantenimento dell’anestesia è stato assicurato da dosaggi supplementari di remifentanyl idrocloridrato (da 1 a 3 µg/kg/min), propofol (4-8 mg/kg/ora) e dosi di isoflurano a bassa concentrazione quando necessario.

In tutti i pazienti sono state applicate, a titolo precauzionale, le piastre per la defibrillazione esterna, una in regione scapolare destra e l’altra sulla parete toracica anteriore sinistra.

Bypass cardiopolmonare. In tutti i casi la circolazione extracorporea, con pompa “roller”, è stata condotta in normotermia ed il clampaggio aortico effettuato secondo la tecnica standard.

Dopo eparinizzazione sistemica (3 mg/kg in modo da ottenere un “activated clotting time” ≥ 480 s), l’aorta ascendente è stata cannulata subito prima dell’arteria innominata, mentre per la cannulazione venosa è stata impiegata una cannula a due stadi inserita attraverso l’auricola destra.

La decompressione ventricolare sinistra è stata realizzata mediante una cannula di aspirazione (“vent”) posizionata nel ventricolo sinistro attraverso la vena polmonare superiore destra.

La protezione miocardica è stata ottenuta mediante la somministrazione intermittente di soluzione cardioplegica ematica fredda (alla temperatura di 4°C) sia anterograda, direttamente negli osti coronarici, che retrograda, somministrata ad intervalli di tempo di circa 20 min. Il catetere per la cardioplegia retrograda è stato in tutti i casi inserito nel seno venoso coronarico tramite l’atrio destro.

Durante la circolazione extracorporea si è mantenuto un flusso di circa 2.4 l/(m² × min) ed una pressione

arteriosa media a valori compresi tra 60 e 70 mmHg. È stato usato un ossigenatore a fibre cave e il controllo Alpha-stat dell'equilibrio acido-base. Durante il bypass cardiopolmonare i polmoni sono mantenuti non ventilati e collassati.

Tecniche chirurgiche. Eccezion fatta per l'accesso chirurgico, l'intervento è stato eseguito con la stessa tecnica in tutti i pazienti. Durante la procedura sono stati utilizzati, in entrambi i gruppi, gli strumenti chirurgici standard e la medesima modalità di cannulazione per l'allestimento della circolazione extracorporea.

Gruppo Gm. In questo gruppo di pazienti, in cui si è applicato l'accesso mini-invasivo, si sono applicate due tecniche ministernotomiche: la "C invertita"³ (24 pazienti) e la "L invertita"⁴ (25 pazienti).

La "C invertita" è la tecnica da noi preferita poiché permette un maggior rispetto dell'integrità della struttura toracica e considerata di prima scelta, mentre la tecnica ad "L invertita" è stata usata nei casi in cui, alla valutazione del radiogramma toracico, abbiamo rilevato un'alterazione nella lunghezza dell'aorta, e/o un'ectasia della radice aortica, e/o estese calcificazioni, in quanto permette un più ampio accesso all'aorta ascendente stessa.

Decisa la tecnica ministernotomica, si è proceduto all'incisione cutanea lungo la linea mediosternale, partendo 2 cm al di sotto dell'angolo del Louis fino ad un punto distante 4-6 cm dall'apofisi xifoide.

I tessuti sottocutanei sono stati incisi e dissezionati dai piani sottostanti; si è quindi inciso il periostio sternale e lo sterno stesso è stato sezionato, mediante una sega sagittale, partendo dal bordo destro del quarto-quinto spazio intercostale, lungo la linea medio-sternale, fino al primo-secondo spazio intercostale destro (nel caso della "C invertita"), o dal quarto spazio intercostale destro fino alla fossetta giugulare del manubrio sternale (nel caso della "L invertita"). Durante le manovre di apertura sternale, i vasi mammari interni di entrambi i lati e le cavità pleuriche non sono stati lesionati in nessun paziente. Per la divaricazione dei bordi sternali è stato utilizzato un divaricatore standard.

I residui timici sono stati dissezionati e asportati per migliorare l'accesso alla porzione antero-superiore del pericardio. La pericardiotomia è stata effettuata seguendo un'incisione a "T": dalla vena innominata di sinistra (incisione orizzontale), alla parte bassa intatta dello sterno, in corrispondenza della linea mediana (incisione verticale). Si sono quindi sospesi i margini pericardici ai bordi cutanei con punti di sutura. L'aorta ascendente e l'appendice atriale destra vengono così esposte e facilmente accessibili.

Gruppo Gs. Nei pazienti appartenenti al gruppo Gs è stato applicato l'accesso standard (sternotomia longitudinale mediana totale). Si è quindi proceduto al-

l'effettuazione di un'incisione cutanea di circa 20-25 cm, realizzata longitudinalmente dalla fossetta giugulare dello sterno fino all'apofisi xifoide. Per la sternotomia mediana (manubrio, corpo e apofisi xifoide) è stata utilizzata sempre la sega sagittale. I margini sternali sono stati separati mediante un divaricatore toracico standard e il pericardio è stato aperto con incisione ad "T".

Allestimento della circolazione extracorporea. In tutti i pazienti di entrambi i gruppi si è quindi proceduto alla cannulazione dell'aorta ascendente, dell'atrio destro, della vena polmonare superiore di destra e del seno coronarico; iniziato il bypass cardiopolmonare in normotermia, l'aorta è stata clampata mediante un clamp angolato ed incisa. La cardioplegia anterograda è stata somministrata negli osti coronarici e la retrograda nel seno coronarico.

Negli accessi ministernotomici si è rivelato utile esporre ulteriormente la radice aortica attraverso una lieve trazione sulla cannula venosa tramite un punto transcutaneo circondante la cannula stessa. La sospensione dei lembi aortici ha permesso una migliore esposizione della valvola ed un punto di trazione in corrispondenza di ognuna delle tre commissure valvolari ha permesso di elevare la radice aortica e facilitare l'accesso al piano valvolare (Fig. 1).

Ottenute così, nei due gruppi, le pressoché identiche condizioni, i pazienti sono stati sottoposti a sostituzione valvolare aortica nel modo usuale: rimozione dei lembi valvolari, eventuale decalcificazione dell'anulus, posizionamento di punti staccati in Ticron 2.0 ad "U" su pledget (da 12 a 18) sull'anulus stesso ed impianto del sostituto protesico.

In particolare, per le valvole stentless è stata preferita un'aortotomia trasversa di circa 1 cm sopra l'ostio



Figura 1. Visione del campo operatorio dopo accesso ministernotomico ("C invertita"): dopo l'allestimento della circolazione extracorporea e la realizzazione dell'aortotomia, si sono sospesi i lembi aortici e posizionati i punti sull'anulus aortico per l'impianto della protesi valvolare di tipo biologico "stented" (vedi particolare in alto a destra).

coronarico di destra. La sutura di "inflow" è stata fatta con filo Ticron 4.0 a punti staccati semplici, quella di "outflow", con tre suture 4.0 semicontinue in polipropilene. Per valvole meccaniche e biologiche con stent è stata utilizzata un'aortotomia obliqua fino a 0.5 cm dall'anulus aortico in corrispondenza del seno coronarico. I dati intraoperatori sono riportati nella tabella III.

Dopo che l'aortotomia è stata chiusa e il cuore riempito, il paziente è stato posizionato in Trendelenburg e i polmoni sono stati insufflati al fine di permettere l'eliminazione dell'aria dal tratto di efflusso del ventricolo sinistro. Nel punto più alto dell'aorta ascendente, è stato posizionato un "vent" per l'evacuazione di eventuali bolle d'aria.

Dopo inserzione degli elettrodi temporanei di stimolazione epicardica (due atriali destri ed uno ventricolare), l'aorta è stata declampata: in caso di insorgenza di fibrillazione ventricolare si è proceduto al DC-shock (10-30 W) tramite piastre per la defibrillazione intratoracica di adeguate dimensioni. In nessun caso è stato necessario l'impiego delle piastre transcutanee preventivamente posizionate.

Il controllo ecocardiografico transesofageo è stato utilizzato per valutare il "deairing", la funzionalità della protesi impiantata e la performance ventricolare sinistra.

Raggiunta un'adeguata contrattilità cardiaca, il bypass cardiopolmonare è stato progressivamente interrotto e la protamina somministrata. Le cannule sono state rimosse ed è stata eseguita l'emostasi di parete.

Nel gruppo Gm, un solo tubo di drenaggio è stato posizionato nella cavità pericardica alla sinistra del-

l'aorta, fatto fuoriuscire dal torace dallo spazio intercostale da cui è stata iniziata la ministernotomia ed infine attraverso un'incisione cutanea nella parete toracica di destra. La chiusura dello sterno è stata ottenuta con tre punti metallici: due semplici e quello centrale ad otto.

Nel gruppo Gs, sono stati posizionati due tubi di drenaggio, uno nel cavo pericardico e l'altro nello spazio retrosternale. La chiusura dello sterno è stata ottenuta con quattro punti metallici alternati (ad otto e semplice).

L'integrità delle pleure è stata mantenuta in tutti i pazienti di entrambi i gruppi. La sutura degli strati superficiali è stata realizzata mediante triplice strato: sutura continua non riassorbibile per la fascia, riassorbibile per il sottocute ed intradermica per lo strato cutaneo. La cicatrice chirurgica nei pazienti con ministernotomia è risultata significativamente più corta rispetto a quella ottenuta nei pazienti con sternotomia longitudinale totale.

Ventilazione postoperatoria. Trasferiti in unità di terapia intensiva postoperatoria, a tutti i pazienti è stato applicato lo stesso protocollo: ventilazione meccanica intermittente sincronizzata impostata a 12-14 atti/min; volume corrente pari a 10 ml/kg di peso corporeo; pressione di supporto di 10-20 cm H₂O; pressione positiva a fine espirazione di 3-5 cm H₂O; rapporto tempo di inspirazione/espirazione di 1:2.

L'analisi dei parametri emogasanalitici è stata eseguita 4 ore ed 1 ora prima dell'estubazione ed 1 e 4 ore dopo. L'estubazione è stata effettuata quando il paziente aveva raggiunto la stabilità dal punto di vista emodi-

Tabella III. Parametri intraoperatori.

Variabili	Gruppo Gm (n = 49)	Gruppo Gs (n = 49)	p
Incisione cutanea (cm)	7.2 ± 1.3	23.7 ± 2.6	< 0.001
Ministernotomia "C invertita"	24		
Ministernotomia "L invertita"	25		
Conversione a sternotomia totale	1		
Tempo circolazione extracorporea (min)	86.9 ± 16.1	88.4 ± 11.9	0.58
Tempo clampaggio aortico (min)	55.0 ± 13.3	55.5 ± 11.4	0.85
Tempo totale intervento (ore)	3.57 ± 0.42	3.33 ± 0.6	0.02
Tipo e dimensioni delle protesi valvolari			
Meccaniche	26	28	0.53
23 mm	13	12	0.32
25 mm	12	14	0.16
27 mm	1	2	0.42
Biologiche	18	15	0.65
23 mm	10	9	0.31
25 mm	8	6	0.14
Stentless	5	6	1.0
21 mm	3	3	1
23 mm	2	3	0.37
Procedure chirurgiche associate			
Aortoplastica	4	5	1.0
Tromboendarterectomia carotidea	2	1	1.0
Cardioplegia retrograda	46	46	1.0

namico, una temperatura corporea intorno ai 36.5-37.0°C, le perdite ematiche erano nella norma, buoni i parametri emogasanalitici, ed il paziente, interrotta la sedazione, si mostrava vigile e capace di mantenere la ventilazione in maniera autonoma. I dati respiratori ed emogasanalitici medi dei gruppi Gm e Gs, con la relativa valutazione statistica, sono riportati in tabella IV.

L'esame radiografico del torace è stato eseguito giornalmente durante la permanenza nell'unità di terapia intensiva e poi il giorno della dimissione. Il livello del dolore è stato valutato routinariamente (abbiamo applicato la scala analogica visuale descritta da Sriwatanakul et al.⁵) con punteggio da 1 a 5, con livelli definiti nel seguente modo: 1 = nessun dolore; 2 = lieve dolore; 3 = moderato dolore; 4 = dolore severo; 5 = dolore estremamente severo.

I risultati di questa valutazione sono stati raccolti dal personale infermieristico che non era a conoscenza

del gruppo al quale i pazienti appartenevano, in modo da non influenzare i risultati della rilevazione. I pazienti con livello di dolore ≥ 3 sono stati trattati con morfina e farmaci antinfiammatori non steroidei (ketorelacetormentamina).

I tubi di drenaggio sono stati lasciati *in situ* fino al primo o secondo giorno postoperatorio, a seconda delle necessità (Tab. V). Nella seconda giornata il catetere urinario e le linee arteriose e venose centrali sono state rimosse e i pazienti sono stati mobilizzati.

I criteri utilizzati per la dimissione dall'ospedale sono stati: normalizzazione della frequenza cardiaca e della pressione arteriosa; assenza di febbre o di leucocitosi; livello di emoglobina > 8 g/dl; creatinina, transaminasi e elettroliti nella norma; ECG e radiogramma del torace normale.

La valutazione della funzionalità respiratoria attraverso spirometria è stata eseguita al quinto giorno post-

Tabella IV. Parametri postoperatori I.

Variabili	Gruppo Gm (n = 49)	Gruppo Gs (n = 49)	p
Tempo di ventilazione meccanica (ore)	4.3 ± 0.8	5.3 ± 1.8	0.003
FiO ₂ % (PaO ₂ > 100 mmHg, PaCO ₂ < 35 mmHg)			
4 ore pre-estubazione	55.6 ± 5.6	54.7 ± 7.4	0.51
1 ora pre-estubazione	49.3 ± 2.1	50.9 ± 5.3	0.06
1 ora post-estubazione	40.1 ± 4.5	40.6 ± 4.7	0.14
4 ore post-estubazione	29.9 ± 5.3	33.2 ± 6.8	0.005
Score del dolore (1-5)			
1 ora	2.8 ± 0.4	3.2 ± 0.9	0.007
12 ore	2.9 ± 0.5	3.5 ± 0.8	0.001
72 ore	1.2 ± 0.3	1.4 ± 0.7	0.078
FANS nelle prime 72 ore (mg)	82 ± 11	103 ± 33	0.001
Morfina nelle prime 12 ore (mg)	7.7 ± 1.7	9.1 ± 2.8	0.005
Ventilazione oltre 24 ore	0	2	0.24
Permanenza in terapia intensiva (giorni)	1.2 ± 0.4	1.4 ± 0.7	0.003
Permanenza in ospedale (giorni)	7.2 ± 1.6	8.0 ± 2.1	0.006
Dati spirometrici al quinto giorno postoperatorio (% attesa)			
TLC	65.9 ± 10*	59.6 ± 8.3*	0.003
FEV ₁	80.8 ± 18.6	81.7 ± 21.5	0.83
MIP	54.0 ± 12.0*	46.6 ± 17.7*	0.01
MEP	62.0 ± 11.4*	53.0 ± 10.5*	0.001
RV	84.0 ± 16.3	85.0 ± 17.4	0.8
Dati spirometrici 1 mese dopo l'intervento (% attesa)			
TLC	92.0 ± 13.1 [§]	88.7 ± 19.2* [§]	0.34
FEV ₁	84.2 ± 21.8	79.6 ± 20.6	0.3
MIP	72.1 ± 24.8 [§]	66.4 ± 21.5* [§]	0.24
MEP	68.8 ± 14.7 [§]	64.7 ± 10.6* [§]	0.13
RV	90.8 ± 24.9	86.2 ± 18.6	0.32
Dati spirometrici 3 mesi dopo l'intervento (% attesa)			
TLC	93.3 ± 13.8 [§]	89.8 ± 20.1 [§]	0.33
FEV ₁	84.5 ± 22.3	81.9 ± 21.4	0.57
MIP	70.3 ± 23.5 [§]	66.8 ± 22.1 [§]	0.47
MEP	69.2 ± 15.2 [§]	70.6 ± 12.4 [§]	0.63
RV	92.1 ± 25.2	87.7 ± 19.2	0.35

FANS = farmaci antinfiammatori non steroidei; FiO₂ = frazione inspiratoria di ossigeno. Altre abbreviazioni come in tabelle I e II. * = p < 0.05 rispetto ai valori preoperatori; [§] = p < 0.05 rispetto ai valori in quinta giornata postoperatoria.

Tabella V. Parametri postoperatori II.

Variabili	Gruppo Gm (n = 49)	Gruppo Gs (n = 49)	p
Mortalità ospedaliera	1	2	1.0
Revisione chirurgica per sanguinamento	0	3	0.24
Drenaggio mediastinico (ml/m ²)	178.5 ± 98.0	291.0 ± 195	0.001
Drenaggio orario (ml/m ²)			
3 ore	82 ± 23	155 ± 48	< 0.001
6 ore	134 ± 45	217 ± 73	< 0.001
12 ore	154 ± 76	259 ± 102	< 0.001
Sanguinamento > 800 ml	0	7	0.012
Tempo permanenza drenaggi (ore)	14 ± 3.6	18.4 ± 7.8	0.003
Trasfusioni ematiche (ml/m ²)	156.8 ± 97.6	293.4 ± 172.3	< 0.001
Complicazioni			
Fibrillazione atriale postoperatoria	4	4	1.0
Versamento pleurico	3	4	1.0
Pneumotorace	1	1	1.0
Atelettasie durante permanenza in UTIC	2	3	1.0
Accidenti cerebrovascolari	1	1	1.0
Insufficienza respiratoria	1	3	0.62
Bassa gittata cardiaca	1	2	1.0
IMA perioperatorio	1	2	1.0
Disfunzione renale	1	1	1.0
Infezione ferita sternale	0	2	0.49
Instabilità sternale	0	3	0.24
Farmaci inotropi	4	6	0.74
Contropulsatore aortico	1	1	1.0

IMA = infarto miocardico acuto; UTIC = unità di terapia intensiva coronarica.

operatorio e al follow-up (dopo 1 e 3 mesi dall'intervento).

Definizioni. Nel nostro studio si è considerata come indicazione all'intervento di sostituzione valvolare aortica:

- stenosi aortica con gradiente sistolico di picco > 50 mmHg con portata cardiaca normale o un'area valvolare aortica effettiva < 0.5 cm²/m² di superficie corporea;
- insufficienza aortica anche asintomatica con disfunzione ventricolare sinistra progressiva e valori di frazione di eiezione < 50%, volume ventricolare sinistro o volume telesistolico > 55 ml/m² di superficie corporea o diametro telesistolico > 55 mm.

Si è inoltre definito:

- diabetico il paziente in terapia cronica con farmaci antidiabetici orali o con insulina;
- malattia vascolare periferica la presenza di claudicatio intermittens degli arti inferiori durante la marcia normale;
- iperteso il paziente in terapia cronica con farmaci antipertensivi;
- ipercolesterolemico il paziente in terapia dietetica o farmacologica;
- broncopneumopatico cronico il paziente con un FEV₁ < 50%, non suscettibile di miglioramento con terapie specifiche;
- mortalità ospedaliera il decesso per qualunque ragio-

ne verificatasi entro 30 giorni dall'intervento chirurgico;

- infarto miocardico perioperatorio la comparsa di nuove onde Q o significativa riduzione dell'onda R con picco elevato dell'isoenzima MB della creatinfosfochinasi > 10% rispetto alla creatinfosfochinasi totale;

- sindrome da bassa gittata cardiaca un indice cardiaco < 2.0 l/(m² × min), richiedendo supporto farmacologico e/o contropulsazione aortica;

- disfunzione renale postoperatoria un incremento del livello della creatinina ≥ 1 mg/dl rispetto all'iniziale valore preoperatorio.

La valutazione della frazione di eiezione del ventricolo sinistro è stata ottenuta mediante valutazione ecocardiografica e, ove possibile, mediante ventricolografia.

Analisi statistica. I gruppi statistici sono stati espressi come valore principale ± 1 DS. I dati della funzione polmonare sono stati espressi come percentuale del valore normale. Per l'analisi statistica fra i gruppi è stato impiegato il test generalizzato di Wilcoxon; per le variabili non continue è stato usato il test di Fisher. Inoltre, la relazione fra le variabili pre e postoperatorie all'interno dello stesso gruppo è stata valutata con il test di McNemar. I dati sono stati considerati statisticamente significativi quando p < 0.05.

Risultati

L'analisi dei dati preoperatori non ha rivelato nessuna differenza statisticamente significativa tra i due gruppi nei riguardi dei dati demografici, della classe NYHA, delle caratteristiche della malattia valvolare aortica, delle patologie associate e dei parametri spirometrici ed emocoagulativi (Tabb. I e II).

Nel gruppo Gm sono stati eseguiti, dopo valutazione radiografica, 25 interventi in ministernotomia ad "L invertita" e 24 a "C invertita". In tutti i casi il miniaccesso ha permesso una buona esposizione delle strutture cardiache.

Dall'analisi dei dati intraoperatori, la lunghezza dell'incisione cutanea è risultata significativamente più corta nei pazienti sottoposti all'intervento in ministernotomia (Tab. III). Sono state impiantate 98 valvole protesiche: 54 meccaniche, 33 biologiche con stent e 11 stentless; non sono state rilevate differenze statisticamente significative nei due gruppi in relazione al tipo di protesi valvolare impiegata.

Il numero di procedure chirurgiche associate come aortoplastica riduttiva nei casi di marcata ectasia aortica o tromboendoarterectomia carotidea sono risultate simili nei due gruppi.

Non sono state rilevate differenze statisticamente significative fra i due gruppi riguardo al tempo di bypass cardiopolmonare e di clampaggio aortico. Invece il tempo operatorio totale è risultato significativamente più lungo nel gruppo Gm ($p = 0.02$).

In tutti i pazienti che sono stati operati con miniaccesso, è stato possibile utilizzare, quando necessario, le piastre per la defibrillazione interna.

Tutti i pazienti, ad eccezione di uno per ciascun gruppo, sono stati con successo svezziati dal bypass cardiopolmonare, senza la necessità di ricorrere all'utilizzo di dispositivi di assistenza meccanica al circolo. Un paziente del Gm ha richiesto la conversione d'urgenza alla sternotomia longitudinale mediana totale, al fine di ottenere una migliore esposizione del ventricolo sinistro in una situazione di difficile recupero dell'attività cardiaca normale. Questo paziente è deceduto a causa di un massivo infarto perioperatorio, probabilmente secondario all'insufficiente protezione miocardica. Nel gruppo Gs sono deceduti 2 pazienti: uno presentava stenosi aortica severa e notevole ipertrofia ventricolare sinistra, associata ad una anomalia congenita coronarica (l'arteria circonflessa prendeva origine dalla coronaria destra). Nel periodo postoperatorio la comparsa di insufficienza multiorgano è stata la causa del decesso (nona giornata postoperatoria). Il secondo paziente è invece deceduto a causa della rottura dell'aorta nell'immediato postoperatorio.

Durante la degenza è stata riscontrata, nei due gruppi, una simile incidenza di complicanze cardiache, neurologiche, infettive e renali. Tre pazienti nel gruppo Gs sono stati sottoposti a revisione chirurgica per sanguinamento postoperatorio (> 800 ml), di questi, 2 hanno

sviluppato successivamente un'infezione profonda della ferita sternale che ha richiesto ulteriore trattamento chirurgico. Nello stesso gruppo, altri 3 pazienti con instabilità sternale hanno necessitato di un supporto esterno di contenzione per un periodo di 3 settimane.

Il volume di drenato medio e le trasfusioni di sangue sono risultate maggiori nel gruppo Gs ($p = 0.001$ e $p < 0.001$ rispettivamente): 27 (55%) pazienti nel gruppo Gs, rispetto a 16 (32.6%) pazienti del gruppo Gm, hanno richiesto trasfusioni ematiche nel periodo postoperatorio ($p = 0.001$). L'incidenza di sanguinamento > 800 ml è stata significativamente più alta nel gruppo Gs ($p = 0.012$). L'incidenza di versamento pleurico, pneumotorace, toracentesi ed atelectasie durante il periodo del ricovero, non è stata significativamente diversa fra i due gruppi (Tab. V).

Le complicanze polmonari e la funzionalità respiratoria sono state valutate in entrambi i gruppi. Tutti i pazienti sono stati estubati in accordo ai criteri in precedenza enunciati. Il tempo di ventilazione meccanica è risultato significativamente più alto nel gruppo Gs ($p = 0.003$). Durante la ventilazione meccanica ed 1 ora dopo l'estubazione, tutti i pazienti, indipendentemente dal gruppo di appartenenza, hanno necessitato di simili livelli di frazione inspiratoria di O_2 per mantenere accettabili i livelli di pressione arteriosa di O_2 e di CO_2 . A 4 ore dall'estubazione la frazione inspiratoria di O_2 richiesta è stata significativamente maggiore nel gruppo Gs ($p = 0.005$).

Il livello di dolore postoperatorio è stato significativamente più alto nel gruppo Gs, alla prima e alla dodicesima ora dopo il risveglio ($p = 0.007$ e $p = 0.001$ rispettivamente), mentre a 72 ore tale significatività è scomparsa.

Differenze significative si sono avute anche nell'impiego di farmaci analgesici: la quantità di morfina e di farmaci antinfiammatori non steroidei sono stati usati, nell'immediato postoperatorio, a dosaggi significativamente superiori nel gruppo Gs.

Il tempo di permanenza in terapia intensiva e il tempo di ospedalizzazione totale sono stati significativamente più lunghi nel gruppo Gs ($p = 0.003$ e $p = 0.006$ rispettivamente).

La valutazione spirometrica è stata eseguita al quinto giorno postoperatorio e al follow-up (ad 1 e 3 mesi dall'intervento). Cinque giorni dopo l'intervento i parametri di funzionalità polmonare erano ridotti in modo significativo in entrambi i gruppi, rispetto ai valori preoperatori. Confrontando i valori postoperatori dell'analisi spirometrica tra i due gruppi, si è rilevato una maggior riduzione di capacità polmonare totale, MIP e MEP nel gruppo Gs ($p = 0.003$, $p = 0.01$ e $p = 0.001$ rispettivamente) (Tab. IV). Tale differenza si annulla alla determinazione ad 1 mese dall'intervento, dimostrando un recupero funzionale in entrambi i gruppi ma di entità diversa.

Nelle determinazioni ad 1 e 3 mesi, i parametri di funzionalità respiratoria sono andati normalizzandosi (rispetto a quelli preoperatori), ma nei pazienti del

gruppo Gm hanno raggiunto i valori preoperatori nel corso del primo mese postintervento, in quelli del gruppo Gs tale completo recupero si è avuto solo a 3 mesi dall'intervento.

Il follow-up (media 9.7 ± 5.7 mesi, range 3-26 mesi) è stato completato per tutti i 95 pazienti in vita. Non si sono registrati decessi tardivi e tutti i pazienti sono stati classificati come NYHA I o II. In tutti i casi la funzionalità della protesi valvolare, valutata mediante esame ecocardiografico, è risultata buona.

Discussione

Negli ultimi anni sono state introdotte ed utilizzate differenti tecniche chirurgiche mini-invasive finalizzate ad interventi di sostituzione valvolare aortica. Cosgrove e Sabik⁶ nel 1996 hanno introdotto l'approccio toracotomico parasternale destro, il quale include l'escissione della terza e quarta cartilagine costale, legatura e divisione dell'arteria mammaria interna destra e cannulazione dei vasi femorali per l'attuazione del bypass cardiopolmonare. Da allora, sono stati sviluppati diversi approcci mini-invasivi come la sternotomia traversa⁷, la sternotomia parziale superiore⁷, la "T invertita"⁸, la "L invertita"⁹ e la "C invertita"¹⁰ e più recentemente la ministernotomia ad "I"¹¹.

Nonostante l'incremento del numero degli autori che hanno riportato la loro esperienza con l'impiego di approcci chirurgici mini-invasivi, attualmente esistono in letteratura pochi e non conclusivi dati relativi alla comparazione dei risultati postoperatori ottenuti a seguito dell'applicazione di tecniche mini-invasive rispetto a quelli ottenuti con l'utilizzo di tecniche chirurgiche convenzionali^{12,13}.

Questo studio presenta i risultati intra e postoperatori precoci ottenuti a partire dal 1997, in 98 pazienti sottoposti ad intervento di sostituzione valvolare aortica, utilizzando diversi tipi di protesi, attraverso sternotomia longitudinale mediana totale o mediante ministernotomia parziale superiore ("C invertita" o "L invertita"). Più precisamente alla ministernotomia a "L invertita"⁹, applicata inizialmente in modo esclusivo, si è più recentemente aggiunta la ministernotomia a "C invertita"¹⁰. La scelta di queste due specifiche tecniche mini-invasive è legata alla possibilità di conservare l'integrità delle arterie mammarie interne e delle cavità pleuriche, di evitare la sovradistensione delle articolazioni costo-vertebrali e le eccessive trazioni al plesso brachiale ed infine alla possibilità di attuare la cannulazione standard senza necessità di incisioni aggiuntive.

La stabilità sternale, soprattutto con l'impiego della tecnica ministernotomica a "C invertita", è in gran parte conservata e la possibilità di conversione, in condizioni d'urgenza, alla sternotomia longitudinale mediana totale è semplice e rapida.

La ministernotomia a "C invertita"³ è la tecnica da noi attualmente considerata di prima scelta, poiché per-

mette di conservare l'integrità della porzione superiore e inferiore dello sterno, quindi di mantenere un'ottima stabilità dell'integrità strutturale toracica.

I rapporti topografici delle strutture anatomiche valutati attraverso procedure diagnostiche strumentali come l'ecocardiografia, la radiografia e il cateterismo (in relazione alla lunghezza dell'aorta, alla posizione della valvola aortica e alla presenza di estese calcificazioni nella radice aortica) e le conseguenti possibili difficoltà per la cannulazione, sono state le variabili prese in considerazione per preferire l'esecuzione della ministernotomia a "L invertita" rispetto alla "C invertita". In ogni caso, le minime differenze fra queste due tecniche sembrano non comportare conseguenze nel decorso postoperatorio¹³.

Nella nostra esperienza abbiamo riscontrato un'eccezionale esposizione della base del cuore nei pazienti sottoposti ad intervento in ministernotomia. Per l'esecuzione degli interventi in ministernotomia non è stato necessario l'impiego di strumenti speciali. In tutti i pazienti è stato possibile utilizzare, quando necessario, la defibrillazione intratoracica con le comuni piastre (diametro di circa 4 cm); le piastre adesive transcutanee, per la defibrillazione esterna, sono state posizionate ma mai utilizzate.

Il principale svantaggio di questi due miniaccessi riguarda la limitata possibilità di manipolazione del cuore e la ridotta esposizione dell'apice cardiaco, con i relativi problemi di rimozione dell'aria dalle cavità cardiache a fine intervento. In realtà l'aspirazione dalla radice aortica e dall'atrio sinistro, sembrano essere sufficienti per l'ottenimento di un buon drenaggio dell'aria dal cuore, come confermato dalla valutazione ecocardiografica transesofagea intraoperatoria.

I risultati postoperatori che abbiamo presentato dimostrano che l'approccio in ministernotomia non compromette la qualità dell'intervento, che è risultato sicuro ed efficace, anche se opinioni discordanti ed un considerevole scetticismo rimane tra i diversi autori^{3,14-16}, specialmente in relazione al fatto che la piccola incisione limita l'esposizione del cuore e rende difficile la gestione di inaspettate complicazioni.

L'analisi della nostra casistica mostra invece una più bassa mortalità ospedaliera (2.2%) nei pazienti sottoposti a procedure mini-invasive; inoltre, in caso di necessità, la conversione a sternotomia longitudinale mediana totale è risultata facile e rapida dimostrando la sicurezza di questo approccio.

I tempi di bypass cardiopolmonare e di clampaggio aortico non sembrano essere relazionati con l'utilizzo di tecniche mini-invasive, sebbene la durata totale dell'intervento sembri essere condizionata dall'impiego di queste tecniche, a causa del maggior tempo necessario alla realizzazione della ministernotomia ed alla maggiore laboriosità delle manovre di cannulazione connesse al ridotto spazio di lavoro determinato dalle piccole dimensioni dell'incisione.

Come tutte le nuove tecniche è stato necessario un tempo di apprendimento e quindi una "learning curve"

per migliorarne l'applicazione e ridurre i tempi di attuazione. Si è assistito quindi, nel tempo, ad una notevole riduzione dei tempi operatori in relazione all'acquisizione di maggiore esperienza e sicurezza nell'esecuzione di tali procedure.

Per quanto riguarda le complicanze postoperatorie, non sono state rilevate differenze significative tra i pazienti trattati con approccio convenzionale e quelli trattati con approccio mini-invasivo. Sostanziali differenze sono state riscontrate valutando la lunghezza dell'incisione cutanea, che è stata molto più piccola nel gruppo Gm, con conseguente ottenimento di migliori risultati estetici, anche se possiamo affermare, alla luce dei nostri risultati, che il vantaggio estetico non è il più importante. Infatti abbiamo riscontrato una significativa riduzione delle perdite ematiche postoperatorie e della necessità di trasfusioni nei pazienti sottoposti a ministernotomia, probabilmente a causa della minore dissezione dei tessuti rispetto all'approccio convenzionale. Inoltre tutti i pazienti che hanno presentato infezione profonda della ferita sternale e instabilità della struttura ossea toracica, appartenevano al gruppo Gs e, anche se non si è ottenuta la significatività statistica (molto probabilmente per il basso numero di casi analizzati rispetto all'incidenza di questa complicazione), possiamo ritenerle correlate all'approccio chirurgico più invasivo.

L'incidenza di fibrillazione atriale postoperatoria rimane un problema anche con la chirurgia mini-invasiva. Nel nostro studio, a differenza di altri presenti in letteratura¹⁷, non abbiamo riscontrato una maggiore incidenza di fibrillazione atriale postoperatoria: una cauta manipolazione dovrebbe essere comunque sempre applicata per evitare l'insorgenza di aritmie postoperatorie.

I pazienti trattati con approccio ministernotomico hanno mostrato un precoce e più rapido recupero della funzione respiratoria, in relazione alla maggior conservazione dell'integrità del mantice toracico, come dimostrato dalla necessità di un tempo più breve di ven-

tilazione meccanica, dai migliori parametri emogasanalitici post-estubazione, dal più basso livello del dolore e dalla minore richiesta di farmaci analgesici nel periodo postoperatorio. La buona stabilità della gabbia toracica, nella sua componente osteo-articolare e muscolare e l'integrità delle cavità pleuriche, ha permesso una mobilitazione precoce dei pazienti, i quali hanno anche dimostrato una migliore efficienza del meccanismo della tosse, con conseguente minor rischio di insorgenza di infezioni polmonari relative al ristagno delle secrezioni. Inoltre l'impiego di tecniche mini-invasive influenza positivamente la psicologia dei pazienti e la percezione dello stato di malattia, con effetti favorevoli sul recupero dello stato di salute.

Per la valutazione oggettiva dello stato e del recupero funzionale respiratorio abbiamo sottoposto i pazienti ad una completa valutazione spirometrica. Aris et al.¹³ hanno valutato la funzione polmonare in pazienti sottoposti ad interventi in ministernotomia ("C invertita" e "L invertita") per l'esecuzione della sostituzione valvolare aortica rispetto a quelli trattati con tecniche chirurgiche convenzionali, ma i dati spirometrici riportati non sono completi: il gruppo di studio presentato è costituito soltanto da 20 pazienti e i test di valutazione della funzione polmonare (solo volume corrente e FEV₁) sono stati fatti soltanto prima della dimissione dall'ospedale senza successive valutazioni che potessero evidenziare differenze nel recupero funzionale.

Per superare questi limiti, e rendere la valutazione funzionale del sistema toraco-polmonare più completa ed efficace, sono stati effettuati test spirometrici in quinta giornata postoperatoria e ad 1 e 3 mesi dall'intervento. Dopo 5 giorni dall'intervento, è stata riscontrata in tutti i pazienti di entrambi i gruppi, una severa alterazione restrittiva del polmone e una diminuita forza relativa all'impulso inspiratorio ed espiratorio. Questa "sindrome restrittiva" è stata ben descritta nei pazienti sottoposti a sternotomia totale^{13,18,19} e dipende da vari fattori: il trauma chirurgico, le lesioni pleuriche, il

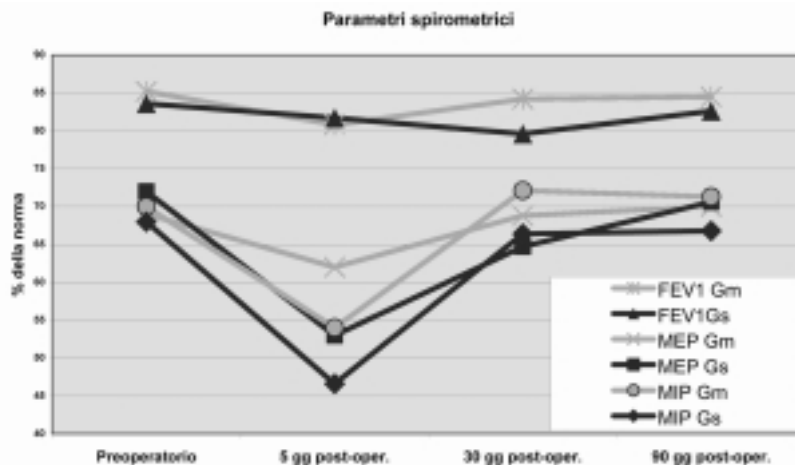


Figura 2. Evoluzione temporale dell'andamento del volume espiratorio forzato al primo secondo (FEV₁) e della massima pressione espiratoria (MEP) e inspiratoria (MIP) nei due gruppi di studio.

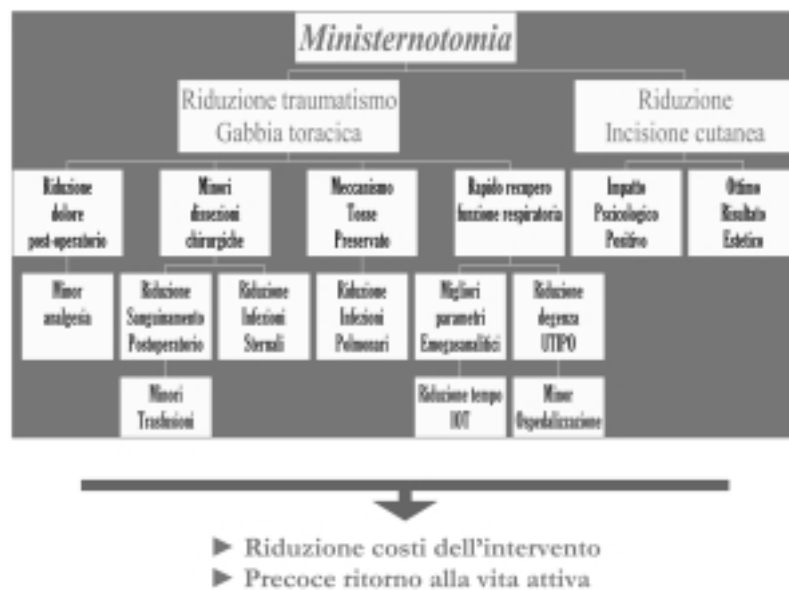


Figura 3. Vantaggi nel decorso postoperatorio correlabili all'impiego della ministernotomia nella sostituzione valvolare aortica. IOT = intubazione oro-tracheale; UTIPO = unità di terapia intensiva postoperatoria.

bypass cardiopolmonare con conseguente risposta infiammatoria sistemica ed il dolore postoperatorio.

Nei pazienti trattati con ministernotomia i dati spirometrici relativi alla funzione di mantice toraco-polmonare (FEV₁, MIP, MEP) valutati 1 mese dopo l'intervento, sono risultati simili ($p > 0.05$, per FEV₁, MIP e MEP) a quelli del preoperatorio. Nei pazienti trattati con sternotomia standard, i valori basali preoperatori, sono stati raggiunti solo dopo 3 mesi dall'intervento^{12,20,21} (Fig. 2).

In conclusione le tecniche ministernotomiche impiegate per la sostituzione valvolare aortica appaiono sicure ed efficaci, permettono l'impiego di qualsiasi tipo di protesi e l'effettuazione di procedure associate sull'aorta ascendente²². I vantaggi apportati, oltre ad un miglior risultato estetico e ad un positivo impatto psicologico, sono la riduzione del trauma chirurgico e del dolore postoperatorio, la riduzione del sanguinamento e il più rapido recupero della funzione polmonare. Tutto questo ha comportato una riduzione della permanenza in terapia intensiva e dell'ospedalizzazione totale con conseguente riduzione dei costi (Fig. 3).

Riassunto

Razionale. I vantaggi e la sicurezza delle tecniche mini-invasive per la sostituzione valvolare aortica sono attualmente oggetto di studio. Scopo di questo studio è stato confrontare i risultati postoperatori tra l'approccio ministernotomico e la sternotomia longitudinale mediana.

Materiali e metodi. Sono stati sottoposti ad intervento elettivo di sostituzione valvolare aortica, 98 pa-

zienti nel periodo tra gennaio 1997 e giugno 2002. Tali pazienti sono stati suddivisi in due gruppi omogenei: Gm (n = 49), trattati con ministernotomia ("L invertita" o "C invertita") e Gs (n = 49) trattati con sternotomia longitudinale totale.

Risultati. La lunghezza dell'incisione cutanea è risultata significativamente minore nel gruppo Gm ($p < 0.001$), mentre la durata totale dell'intervento in tale gruppo è risultata maggiore ($p = 0.02$), senza influenzare i tempi di bypass cardiopolmonare e di clampaggio aortico. Il volume di drenato mediastinico, il volume di sangue trasfuso, l'incidenza di sanguinamento > 800 ml, il tempo di assistenza ventilatoria meccanica, di permanenza in unità di terapia intensiva e di ospedalizzazione sono risultati significativamente maggiori nel gruppo Gs. A 5 giorni dall'intervento l'esame spirometrico ha dimostrato una riduzione statisticamente significativa della capacità polmonare totale e della massima pressione espiratoria ed inspiratoria nel gruppo Gs rispetto al gruppo Gm (rispettivamente $p = 0.003$, $p = 0.001$, $p = 0.01$). L'incidenza di complicanze cardiache, neurologiche, infettive e renali è risultata analoga nei due gruppi.

Conclusioni. Dall'analisi dei nostri dati risulta che la ministernotomia comporta, in aggiunta al migliore risultato estetico, effetti positivi sulla stabilità sternale, sulle perdite ematiche, sulla necessità di trasfusioni e sul dolore postoperatorio. Inoltre permette un più rapido recupero della funzionalità respiratoria con conseguente minor durata della ventilazione meccanica. In definitiva il tempo di degenza totale risulta ridotto.

Parole chiave: Chirurgia valvolare; Decorso clinico; Valvola aortica.

Ringraziamenti

Si ringrazia il Sig. Daniele Montini per il supporto tecnico durante la stesura del documento.

Bibliografia

1. Mack MJ. Minimally invasive and robotic surgery. *JAMA* 2001; 285: 568-72.
2. Darzi A, Mackay S. Recent advances in minimal access surgery. *BMJ* 2002; 324: 31-4.
3. Antunes MJ. Minimally invasive valve surgery: reality, dream or utopia? *J Heart Valve Dis* 1998; 7: 358-9.
4. Walther T, Falk V, Metz S, et al. Pain and quality of life after minimally invasive versus conventional cardiac surgery. *Ann Thorac Surg* 1999; 67: 1643-7.
5. Sriwatanakul K, Kelvie W, Lasagna L, Calimlim JF, Weis OF, Mehta G. Studies with different types of visual analog scales for measurement of pain. *Clin Pharmacol Ther* 1983; 34: 234-9.
6. Cosgrove DM, Sabik JF. Minimally invasive approach for aortic valve operations. *Ann Thorac Surg* 1996; 62: 596-7.
7. Moreno-Cabral RJ. Mini-T sternotomy for cardiac operations. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1997; 113: 810-1.
8. Gundry SR, Shattuck OH, Razzouk AJ, del Rio MJ, Sardari FF, Bailey LL. Facile minimally invasive cardiac surgery via ministernotomy. *Ann Thorac Surg* 1998; 65: 1110-4.
9. Svensson LG, D'Agostino RS. "J" incision minimal-access valve operations. *Ann Thorac Surg* 1998; 66: 1110-2.
10. Aris A. Reversed "C" ministernotomy for aortic valve replacement. *Ann Thorac Surg* 1999; 67: 1806-7.
11. Chang YS, Lin PJ, Chang CH, Chu JJ, Tan PP. "T" ministernotomy for aortic valve replacement. *Ann Thorac Surg* 1999; 68: 40-5.
12. Bonacchi M, Prifti E, Giunti G, Frati G, Sani G. Does ministernotomy improve postoperative outcome in aortic valve operation? A prospective randomized study. *Ann Thorac Surg* 2002; 73: 460-6.
13. Aris A, Camara ML, Montiel J, Delgado LJ, Galan J, Litvan H. Ministernotomy versus median sternotomy for aortic valve replacement: a prospective, randomized study. *Ann Thorac Surg* 1999; 67: 1583-7.
14. Machler HE, Bergmann P, Anelli-Monti M, et al. Minimally invasive versus conventional aortic valve operations: a prospective study in 120 patients. *Ann Thorac Surg* 1999; 67: 1001-5.
15. Szwerc MF, Benckart DH, Wiechmann RJ, et al. Partial versus full sternotomy for aortic valve replacement. *Ann Thorac Surg* 1999; 68: 2209-14.
16. von Segesser LK, Westaby S, Pomar J, Loisance D, Groscurth P, Turina M. Less invasive aortic valve surgery: rationale and technique. *Eur J Cardiothorac Surg* 1999; 15: 781-5.
17. Cohn LH, Adams DH, Couper GS, et al. Minimally invasive cardiac valve surgery improves patient satisfaction while reducing costs of cardiac valve replacement and repair. *Ann Surg* 1997; 226: 421-8.
18. Bonacchi M, Prifti E, Giunti G, Salica A, Frati G, Sani G. Respiratory dysfunction after coronary artery bypass grafting employing bilateral internal mammary arteries: the influence of intact pleura. *Eur J Cardiothorac Surg* 2001; 19: 827-33.
19. Shenkman Z, Shir Y, Weiss YG, Bleiberg B, Gross D. The effects of cardiac surgery on early and late pulmonary functions. *Acta Anaesthesiol Scand* 1997; 41: 1193-9.
20. Hallfeldt KK, Siebeck M, Thetter O, Schweiberer L. The effect of thoracic surgery on pulmonary function. *Am J Crit Care* 1995; 4: 352-4.
21. Shapira N, Zabatino SM, Ahmed S, Murphy DM, Sullivan D, Lemole GM. Determinants of pulmonary function in patients undergoing coronary bypass operations. *Ann Thorac Surg* 1990; 50: 268-73.
22. Chitwood WR Jr. Minimally invasive cardiac valve surgery. In: Franco KL, Verrier ED, eds. *Advanced therapy in cardiac surgery*. Hamilton, London, St Louis: BC Decker, 1999: 255-302.