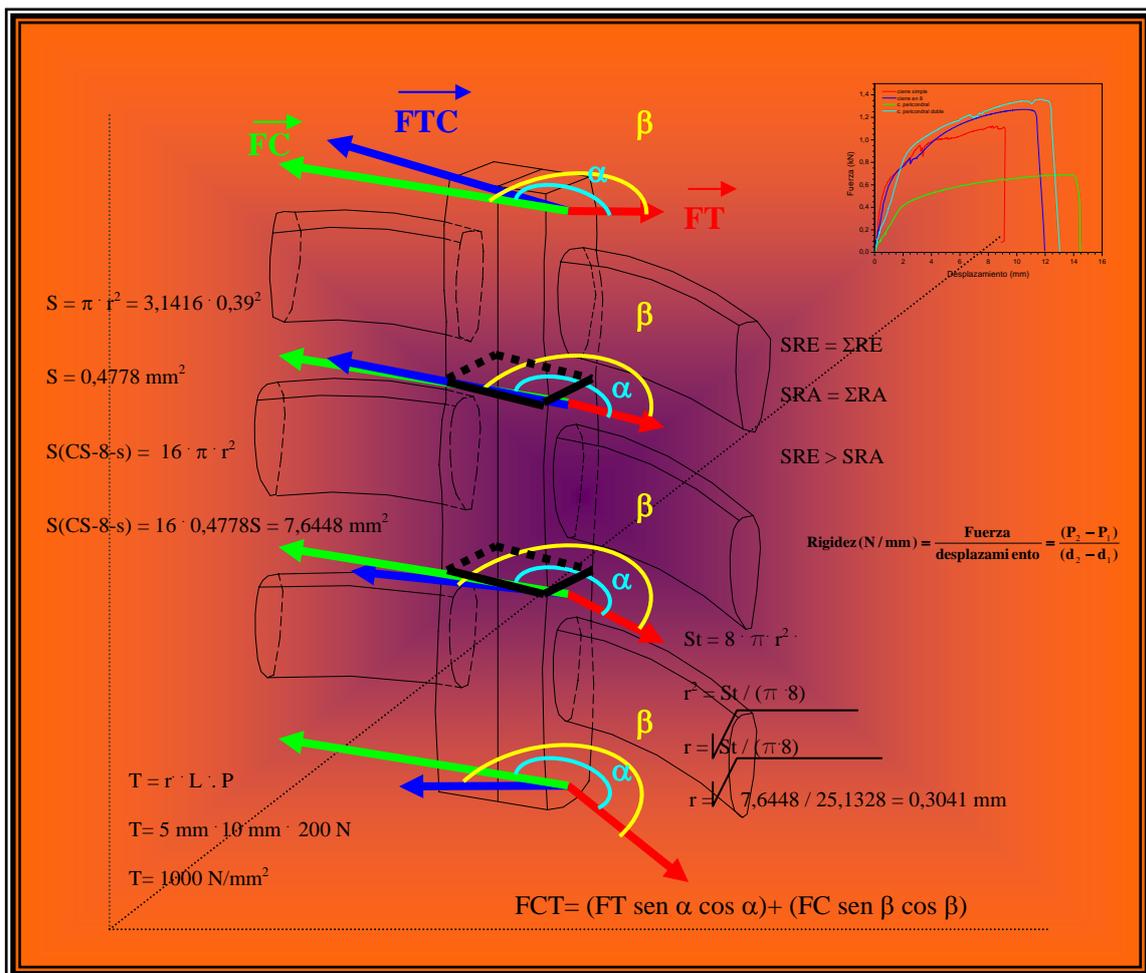


Nueva técnica de cierre postesternotomía:

Estudio clínico y experimental



Roberto Voces Sánchez

Aclaraciones

Todos los esternones fueron obtenidos de enfermos ingresados y fallecidos en el hospital de cruces tras las pertinentes solicitudes.

Todas las fotografías expuestas fueron obtenidas de enfermos incluidos en el estudio y con el permiso de ellos o sus familiares. De igual forma, los gráficos y fotografías del aparataje empleado en la fase experimental fueron facilitados por el laboratorio del CENIM.

Todos los esquemas anatómicos fueron obtenidos de revista de divulgación científica: *Annals of Cardiothoracic Surgery*, *Journal of Cardiovascular Surgery*, así como de libros de carácter científico: Netter, *Grey's Anatomy*.

Prof. Dr. D. Clemente Muriel Villoria, Director del Departamento de Cirugía de la Facultad de Medicina de Medicina de Salamanca.

CERTIFICA:

Que la presente Tesis Doctoral titulada: “Nueva técnica de cierre postesternotomía: estudio clínico y experimental”, realizada por D. Roberto Voces Sánchez, para optar al Grado de Doctor en Medicina y Cirugía por esta Universidad, cumple todos los requisitos para su presentación y defensa ante el Tribunal Calificador.

Y para que así conste y obre los efectos oportunos, expido el presente certificado en Salamanca a siete de marzo de 2009.

Prof. Clemente Muriel Villoria

Director del departamento de Cirugía

Prof. Dr. D. Alberto Gómez Alonso. Catedrático de Cirugía. Facultad de Medicina. Universidad de Salamanca.

Prof. Dr. D. José Luís Vallejo. Asociado del departamento de cirugía. Facultad de Medicina. Universidad Autónoma de Madrid.

CERTIFICAN:

Que la presente tesis Doctoral, titulada: “Nueva técnica de cierre postesternotomía: estudio clínico y experimental”, presentada por D. Roberto Voces Sánchez, para optar al grado de Doctor en Medicina y Cirugía por la Universidad de Salamanca, ha sido realizada bajo nuestra dirección en el Departamento de Cirugía de la Facultad de Medicina de la Universidad de Salamanca. Cumpliendo todos los requisitos necesarios para su presentación y defensa ante el Tribunal Calificador.

Y para que así conste, expedimos el presente certificado en Salamanca a siete de marzo de 2009.

Prof. A. Gómez Alonso

Prof. J. L. Vallejo

DIRECTORES DE TESIS

Nueva técnica de cierre postesternotomía:

Estudio clínico y experimental

Roberto Voces Sánchez

Agradecimientos

Al Profesor Alberto Gómez Alonso, quien desde un principio, con sus clases, docentes y amenas, hizo despertar en mi el interés por la cirugía.

Al Profesor José Luis Vallejo, quien supo conjugar seriedad y cariño durante mi residencia, haciendo de él uno de los cirujanos de quien más aprendí y hoy día admiro.

A todos mis Adjuntos durante la residencia, que repararon mis errores y soportaron mis preguntas de media noche.

A mis compañeros residentes, quienes compartieron mis penas, y como no, mis alegrías.

A C. Rodríguez y T. Prado por sufrir esos días de frío y calor “rompiendo huesos”.

A toda mi familia por aguantarme en los momentos de crispación.

Al Dr. J. Chao por sus ideas y analizar los datos que le pedía a última hora.

A la Dra. Letamendi por animarme siempre.

Al Dr. Milton, sin cuya idea nada de lo que hoy hacemos sería posible.

A todos mis enfermos, quienes han hecho posible este trabajo

... y a todos aquellos que han contribuido a mi formación como médico y persona.

ABREVIATURAS

α	Ángulo de Tracción-contracción
AC	Anillo de Consistencia
AT	Alambre de Transmisión
β	Ángulo Resultante de Tracción Contracción
CEC	Circulación Extracorporea
CHA	Canadian Heart Association
CF	Clase Funcional
CP-CPL	Cierre Pericondral Lateral
Cr	Creatinina
CS	Cierre Simple
CX	Cierre en X u en 8
DL	Dislipemia
DMID	Diabetes Mellitus Insulinodependiente
DMNID	Diabetes Mellitus No Insulinodependiente
EPOC	Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica
EVP	Enfermedad Vascolar Periférica
FA	Fibrilación Auricular.
FC	Fuerza de Contra-tracción
FE	Fase Elástica
Fe	Fracción de Eyección
F₀	Fuerza inicial
F_{max}	Fuerza Máxima
F_{norm}	Fuerza Normalizada
FRCV	Factores de Riesgo Cardiovascular
DF	Distribuidor de Fuerzas
FP	Fase Plástica
FT	Fuerza de Tracción
FRCV	Factores de Riesgo Cardiovascular
FSE	Fuerza de Separación de la Esternotomía
GT	Generador de Tracción
HTA	Hipertensión Arterial
η	Eficacia del cierre
IAM	Infarto Agudo de Miocardio
IMC	Índice de Masa Corporal
L	Longitud
LME	Límite de Máxima Estabilidad
LDE	Límite de Deformación Elástica
LmE	Límite de Mínima Estabilidad

MEA Modelo Estructural de Aluminio
N Newton
NITINOL Níquel-Titanio - Naval Ordnance Laboratory
NUI Número de Unidades Intermedias
NYHA New York Heart Association
OA Orificios de Anclaje
OC Orificio Costal
P Presión
PAA Porción Anudada del Alambre
PDA Porción Doblada del Alambre
PRA Porción Recta del Alambre
PM Pasador Metálico
PR Punto de Ruptura
PSAP Presión Sistólica de Arteria Pulmonar
PTF Puntos de Transmisión de Fuerzas
r Radio
RA Resortes de Anclaje
RA Resistencia del Alambre
RE Resistencia Estructural
RTC Resultante Tracción-Constracción
Rx Radiografía
SET Superficie Estructural a Tensión
SFC Sumatorio de Fuerzas de Constracción
SFTC Sumatorio de las Fuerzas de Tracción
SFT Sumatorio de Fuerzas de Tracción
SICSS Sistema Informático de Cirugía Sorin
SRE Sumatorio de Resistencia Estructural
SRA Sumatorio de la Resistencia de los Alambres
St Sección total
T Tensión
TSA Tensión de Separación por Alambre
VBA Valores Base del Acero

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Recuerdo histórico.....	6-7
1.2. Anatomía del esternón.....	8-21
1.2.1. Ósea.....	8-12
1.2.2. Vasculonerviosa.....	13-18
1.2.3. Anatomía Topográfica.....	19-21
1.3. Fisiología del esternón.....	22-24
1.4. Esternotomía: consideraciones técnicas.....	25-37
1.4.1. Preoperatorias.....	25
1.4.2. Intraoperatorias.....	25-35
1.4.3. Postoperatorias.....	35-37

2. HIPOTESIS DE TRABAJO

2.1. Causas de dehiscencia esternal	38-40
2.2. Alteración de la perfusión esternal postesternotomía.....	41-49
2.3. Análisis mecánico del cierre esternal	50-67
2.3.1. Vectores de fuerza	50-52
2.3.2. Fuerzas intratorácicas.....	52-65
2.3.3. Fuerzas extratorácicas.....	65-67

3. OBJETIVOS.....

68

4. MATERIAL Y MÉTODO

4.1. Fase experimental.....	69-82
4.1.1.: Modelos humanos.....	69-77
4.1.2.: Modelos no humanos.....	77-82
4.2. Fase clínica: pruebas objetivas.....	83-88
4.2.1. Radiografía de tórax	83-86

4.2.2 Gammagrafía ósea.....	87-88
4.3. Fase clínica: inclusión de enfermos.....	89-89
4.3.1. Requisitos de inclusión.....	89-90
4.3.2. Criterios de exclusión.....	90
4.3.3. Características de los enfermos.....	90-94
4.3.4. Protocolo quirúrgico.....	95-97
4.3.5. Parámetros clínicos a estudio de los distintos cierres.....	98-99
4.3.6. Intervalo de tiempo sometido a estudio.....	99-100
4.3.7. Recogida.....	100
4.3.8. Análisis de datos.....	100-101
 5. RESULTADOS	
5.1. Resultados actividad tisular: Gammagrafía.....	102-105
5.2. Resultados experimentales: Modelos en laboratorio.....	106-117
5.3. Resultados clínicos: Pacientes.....	118-124
 6. DISCUSIÓN	
6.1. Discusión resultados actividad tisular.....	125-129
6.2. Discusión resultados experimentales	130-164
6.2.1. Tipos de cierre.....	130-140
6.2.2. Modelos experimentales.....	140-149
6.2.3. Estudios comparativos.....	149-164
6.3. Discusión resultados clínicos	165-186
6.3.1. Causas de dehiscencia	165-178
6.3.2. Dehiscencia: falta de consenso.....	180-184
6.3.3. Cierre pericondral lateral: ¡mejor,... pero mejorable!	184-186
7. CONCLUSIONES	187-188
8. BIBLIOGRAFÍA	189-201

I. INTRODUCCIÓN

1.1.- Recuerdo histórico

“Should median thoracic section establish itself as a safe operation, the last great cavity of the body and its contents lie open to the surgeon’s hand and knife”⁹⁴

Con estas mismas palabras hace ya más de 100 años, el Dr. Milton describía por primera vez la esternotomía media tras la intervención de un joven con una herida por arma blanca, la cual superó con éxito; dicho joven no tendría tanta suerte años después al fallecer por una herida similar en una reyerta; no obstante, vivió el tiempo suficiente para corroborar que la técnica descrita era factible.

Desde su aplicación en 1897, ni el propio Dr. Milton, hubiera podido imaginar que un siglo después se llevaran a cabo, mediante esternotomía, cirugías tales como un trasplante cardiopulmonar.

La incorporación de la esternotomía llevó implícita, la aparición de sus complicaciones más importantes, la dehiscencia y la mediastinitis, con una estrecha relación entre ambas.^{95,66} No obstante, a pesar que la gravedad de estas era aún mayor que la de hoy en día, debemos recordar que hasta bien entrados los años 40 apenas se disponía de antibioterapia; su incidencia no era tan alta como en un principio podríamos imaginar, debido a que la falta de asepsia y antibióticos se compensaba con las indicaciones mucho más restrictivas según la edad y patología subyacente.

Con el transcurrir de los años fueron apareciendo nuevos utensilios que facilitaron el cierre descrito por el Dr. Milton⁷⁷ aunque manteniendo estrictamente la técnica original. A final de los años 60,⁷⁸ comenzaron a aplicarse nuevos materiales como el nylon en el cierre de la esternotomía, que aún con mayor o menor fortuna, no mejoraron los resultados de la técnica clásica.

Hubieron de pasar más de 70 años para que surgiera una modificación en la disposición clásica de los alambres, apareciendo el cierre en “figura de 8”¹⁵⁵. Aún así, sus resultados tampoco mejoraron espectacularmente los del cierre habitual, sin embargo marcó el inicio de una etapa, al asociar la técnica de cierre y las leyes de la física.

El hecho de realizar el mismo cierre durante años, llevaba implícito las mismas complicaciones; con vistas al tratamiento de una de ellas, la dehiscencia, apareció en 1971 una nueva técnica, que mejoró claramente los resultados: el cerclaje lateral,

también conocido por el nombre de su autor “Robicsek”¹²², lo cual supuso un avance espectacular al conjugar la técnica de Milton con la ley física básica: mayor superficie de contacto, menor capacidad de penetración.

Desde entonces, han ido apareciendo distintos estudios biofísicos que nos han ayudado a entender la distribución de fuerzas en una esternotomía, la osteogénesis, la vascularización del esternón, etc.

Igualmente, han seguido apareciendo nuevos materiales y dispositivos utilizados en otros campos; sirva de muestra las cintas de acero⁶⁸ usadas inicialmente para agrupar los cables de teléfono, pasando por las osteosíntesis de titanio aplicadas en las fracturas craneales hasta las grapas de NITINOL cuya primera aplicación fue de carácter bélico.

A pesar de ello, el triangulo sobre el que se apoya toda técnica quirúrgica: inocua para el enfermo, sencilla para el cirujano y económica para el hospital, hace que aún hoy en día la técnica más habitual usada para el cierre de la esternotomía sea la descrita por Milton en 1897.

De igual forma, su principal complicación se ha mantenido en los últimos años en un porcentaje constante, dado que, paralelamente a la mejoría de las técnicas quirúrgicas y terapéuticas médicas, se ha producido una notable ampliación de las indicaciones quirúrgicas, realizándose intervenciones en enfermos que hasta no hace mucho hubieran sido tachadas de imposibles. ¡Imaginen si nuestros predecesores nos vieran hoy día intervenir enfermos de más de 90 años!

A su vez, el aplicar procedimientos quirúrgicos en situaciones límite, incentiva el desarrollo de métodos para evitar los posibles problemas.

En este trabajo estudiaremos la dehiscencia esternal desde diferentes proyecciones, fruto de la evolución de esta técnica de cierre a lo largo de los años:

- 1.- El aspecto clínico, el más interesante en nuestro quehacer diario.
- 2.- El análisis físico-mecánico, para corroborar de la forma más pragmática posible, que nuestras hipótesis presentan un sustento científico correcto.
- 3.- El estudio tisular, faceta que día a día cobra más importancia, intentando interrelacionar los dos puntos anteriores a nivel celular.

Que duda cabe, que en cada aspecto de los ya mencionados se podría profundizar enormemente, pero intentaremos dar una nueva y original proyección, al aunar los tres aspectos comentados, aún a sabiendas de que en el fondo será muy difícil aportar grandes novedades, corroborando la frase Salomónica: “Nihil sub sole novum” (Nada nuevo bajo el sol).

1.2.-Anatomía del esternón

1.2.1. ÓSEA

Desde las primeras descripciones anatómicas, ya hace más de 2000 años, la cavidad torácica, y por tanto el esternón, han tomado un relevante interés, ya que como en un principio se pensaba, guardaba no solo uno de los órganos vitales de la persona, el corazón, sino incluso la propia esencia del individuo, su alma o ser.

Esternón, del griego “*stérnon*”, derivado de la palabra “*stornymi*”, que significa extender, describe el carácter o forma del hueso que nos atañe; de gran importancia tanto desde el punto de vista estático, dada su valía a la hora de proteger el corazón, como dinámico, al ser el nexo de unión entre todas las costillas. Estas dos características, lo hicieron, desde siempre, una estructura muy respetada quirúrgicamente... ¡pero no intocable!

ESTRUCTURA ÓSEA

Se trata de un hueso plano, con abundante tejido esponjoso, alargado de arriba hacia abajo y aplanado de adelante hacia atrás, situado en la parte anterior y media del tórax, de unos 15-20 cm. de largo por 2-4 cm. de ancho.

Su esbozo aparece al 6º mes del desarrollo fetal, formándose a partir de dos mitades cartilaginosas que se fusionan en la línea media. Una vez unidas presentarán una división transversal, siendo cada unidad de éstas lo que denominamos *esternebras*; la fusión de las cuales, con el desarrollo del individuo, darán como resultado final el hueso tal y como lo concebimos. Los cartílagos formados inicialmente se transformarán en hueso propiamente dicho a partir de distintos puntos de osificación, siendo éstos únicos en el mango, primera esternebra del cuerpo y xifoides, y dobles en el resto. Fig. 1.1.

Clásicamente se definía como un hueso con forma de espada romana, de lo cual extrajeron el nombre de sus distintas partes, que de arriba abajo serán:

- 1- *Preesternon, manubrio, puño o mango.*
- 2- *Mesoesternón, cuerpo o lámina.*
- 3- *Xifoesternón, punta o apéndice xifoides, del griego “xíphos” (espada) y “eídos” (aspecto)*

Presenta dos caras, dos bordes y dos extremos, que a continuación describiremos:

Cara anterior: convexa, presenta protuberancias a modo de crestas, vestigios de la fusión de las esternebrias; de igual forma presenta dos crestas para la inserción del músculo esternocleidomastoideo y varias protuberancias en el cuerpo para los músculos pectorales mayores. En su unión entre el mango y el cuerpo existe una angulación denominada *Ángulo de Louis*.

Cara posterior: cóncava, con crestas de igual origen pero menos marcadas.

Bordes laterales: cada uno con siete *escotaduras articulares o costales* donde se acoplan las costillas, separadas entre sí por seis *escotaduras intercostales*, de menor tamaño a medida que nos acercamos al xifoides. La primera escotadura se halla en el inicio del mango, la segunda en la unión del manubrio y el cuerpo, el resto en el mesoesternón, a excepción de la séptima que lo hará en la unión del mango con el xifoides. La 8ª, 9ª y 10ª se unirán al cartílago condrocostal de la costilla predecesora, pero no directamente al esternón.

Extremo superior: con una escotadura media u *horquilla esternal*, y dos en cada lado de la anterior o escotaduras claviculares

Extremo inferior: formado por el propio apéndice xifoides, en múltiples ocasiones desviado, a veces con peculiaridades como ser bífido o con un orificio en el centro, hallazgo casi constante en los individuos de raza negra.

Desde el punto de vista histológico, es un *hueso esponjoso*, probablemente el prototipo de dicha clase, por lo que su zona central está compuesta por hueso traveculado con mayor o menor densidad según el individuo, de la que dependerá su consistencia, y ricamente vascularizado lo que le confiere una gran capacidad de regeneración.

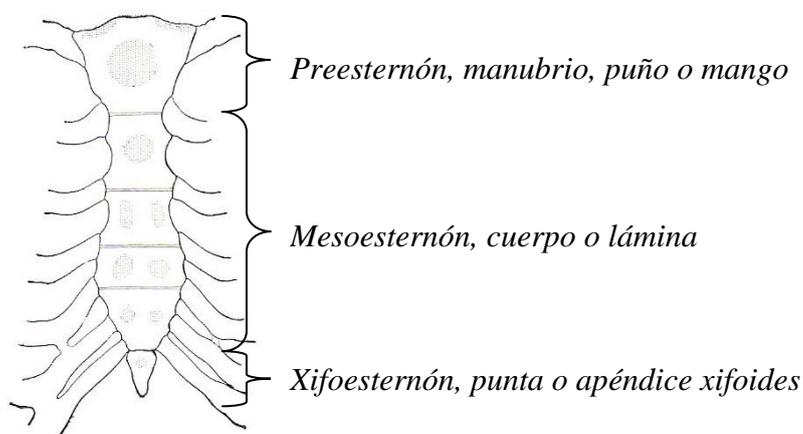


Fig. 1.1. Esternón con sus distintas partes y sus núcleos de osificación

ARTICULACIONES

Distinguiremos (Fig. 1.2.):

1- Entre las distintas partes del esternón:

- *Mango - cuerpo*: siendo una anfiartrosis o sínfisis, aunque a veces existe una pequeña cavidad conformando una diartroanfiartrosis, que posee un delgado cartílago, con un ligamento anterior y otro posterior, cubiertos por el periostio común y uno a cada lado. En edades muy tardías esta articulación llega a osificarse, pero hasta entonces permite movimientos de antero y posteroversión.
- *Cuerpo-xifoides*: Unidas por un cartílago, es decir una sincondrosis

2- Entre el esternón y los huesos que conforman la caja torácica:

- *Esternoclavicular o esternocostoclavicular*: articulación sinovial sellar o de encaje recíproco. Existe un fibrocartílago interarticular y ligamentos en todas sus caras, pero además hay un ligamento interclavicular que cruza la línea media esternal.
- *Condroesternales*: articulación sinovial plana o artrodia, entre el esternón y los cartílagos condrocostales que permitirán movimientos de deslizamiento poco extensos. Dichas articulaciones se encuentran en la unión de las distintas esternebras, las cuales no se pueden distinguir en el adulto, pero sí en los neonatos. Existen dos que, independientemente de la edad, son fácilmente reconocibles, la que se halla en la unión del mango y cuerpo con la 2ª costilla, y entre el cuerpo y el xifoides con la 7ª costilla. Estas articulaciones, al ser diartrosis, presentan una cápsula articular con *un ligamento condroesternal anterior o radiado anterior* y otro posterior estando más desarrollado el primero, lo cual tomará relevancia a la hora de explicar la disposición de los alambres en el tipo de cierre que más adelante describiremos. Existe también un ligamento interóseo que se extiende de la arista del ángulo cartilaginoso al fondo de la escotadura esternal pudiendo dividir, en ocasiones, la articulación en dos.

A diferencia de las demás, en la 7ª articulación condroesternal, existe un *ligamento condroxifoideo* de gran resistencia, en la cara anterior que cruza el xifoides y se une al del lado opuesto.

Además de los ligamentos de carácter articular, en el esternón se insertan otros dos ligamentos de importancia:

- Esternopericárdico superior: desde la zona media-superior del pericardio, se inserta en la cara posterior del mango.
- Esternopericárdico inferior: desde la zona inferior del pericardio hasta la cara posterior del tercio inferior del cuerpo esternal y el apéndice xifoides.

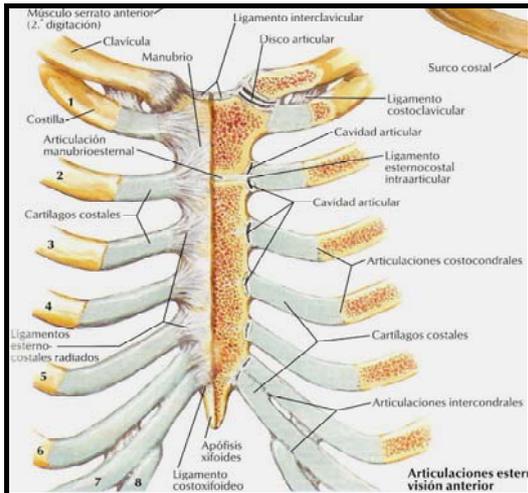


Fig. 1.2. Ligamentos esternales

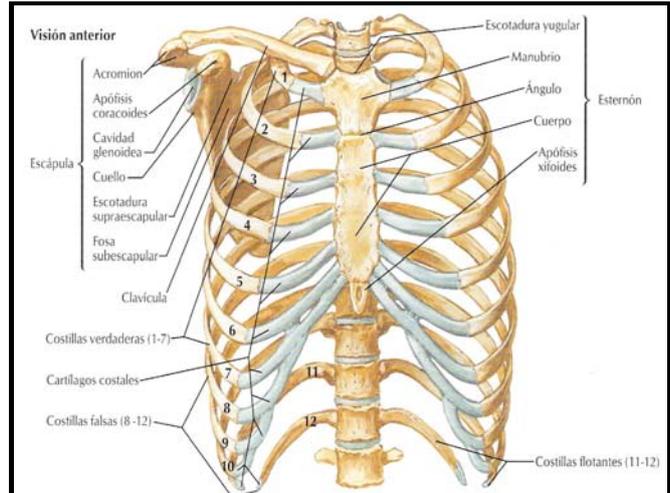


Fig. 1.3. Disposición de las costillas-esternón

INSERCIONES MÚSCULARES

Según hacia donde se dirijan las fibras y la porción esternal donde se inserten:

A) Cuello o región superior:

- Esternocleidohioideo: desde el manubrio hasta el hioides-clavícula.
- Esternotiroideo: desde el manubrio y primer cartílago costal al cartílago tiroides.
- Esternocleidomastoideo: su porción esternomastoidooccipital o cabeza esternal, desde cara anterior del manubrio hasta la mastoides y zona occipital superior.

Este grupo muscular adquiere importancia quirúrgica tanto en la apertura, referencia para situar exactamente la línea media esternal, como en el cierre, si son englobados con la sutura dará lugar a retracciones, o incluso molestias en la zona, al realizar algunos movimientos.

B) Con el brazo-clavícula-omoplato o región lateral:

- Subclavio: desde el primer cartílago costal a la clavícula.
- Pectoral mayor: corredera bicipital en el labio anterior-clavícula-cara anterior del esternón, cinco o seis primeros cartílagos costales y 4-5 costillas y parte anterior del recto del abdomen, músculo importante no solo por su gran tamaño y la tracción que ejerce sobre el esternón, sino por la influencia de su vascularización sobre la perfusión esternal.
- Intercostal medio: entre costillas contiguas, el cual acaba dando inserciones en los bordes externos del esternón a nivel de las escotaduras intercostales.

C) Con el abdomen o región inferior:

- Diafragma: cara interna del tercio inferior del cuerpo esternal, músculo importantísimo en nuestro estudio por su relación con el reflejo de la tos.
- Recto del abdomen: ligamento condroxifoideo y xifoides así como los cartílagos costales 5º, 6º y 7º hacia la cresta pectinea y espina del pubis.

D) Entre distintas partes del esternón:

- Triangular del esternón: desde la pared posterior del cuerpo del esternón a la mitad inferior, borde del xifoides y cara posterior de este, hacia la cara posterior y borde inferior de los cartílagos costales 3, 4, 5 y 6. Sólo existe este músculo en la cara interna de la pared anterolateral torácica, cuyo interés sobreviene a la hora de disecar la arteria torácica interna, ya que puede englobarla en casi todo su recorrido.¹⁰⁴

Será el único músculo que se secciona mediante la esternotomía.

E) En directa relación con el esternón aunque sin presentar inserciones en él hallamos:

- Pectoral menor: apófisis coracoides-3, 4, 5 costilla cercano a los cartílagos costales.
- Serrato mayor: desde las diez primeras costillas a la escápula.

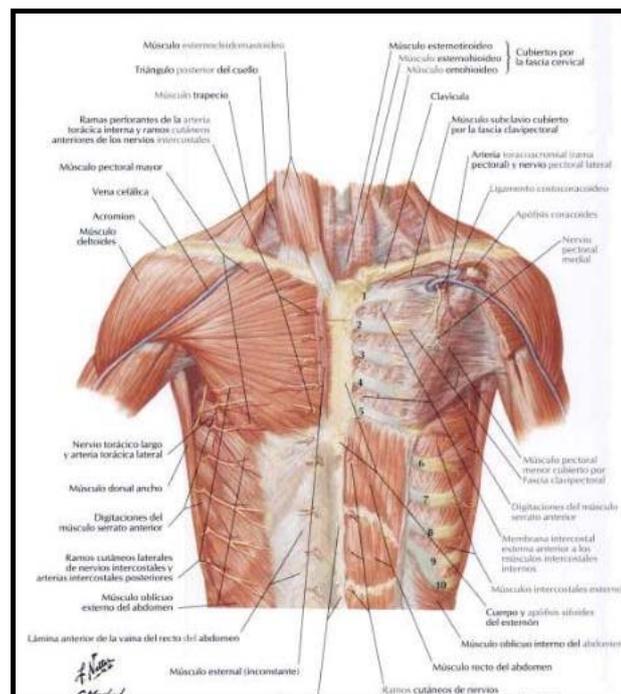


Fig. 1.3. Principales inserciones musculares esternales.

1.2.2.- VASCULONERVIOSA

Seremos muy meticulosos a la hora de abordar esta sección, ya que es uno de los factores que más va a influir en la consolidación esternal, especialmente hoy en día, en que el uso de ambas mamas como injertos es una técnica cada vez más extendida.

El aporte sanguíneo al esternón va a llegar fundamentalmente a través de la mama interna, arteria que después de 1936 pasó a denominarse según el “*Jena Nomina Anatómica*”⁹¹ arteria torácica interna, la cual nace de la arteria subclavia en su cara inferior en el 70% de los casos en el lado izquierdo y el 95% en el lado derecho; de no ser así, se origina de un tronco común junto con la arteria supraescapular, cervical ascendente y tiroidea inferior⁶². Tras cruzar la vena subclavia por detrás, penetra en el tórax, en relación con el frénico, cruzando a éste en el 50% de los casos en su cara anterior, 14% posterior, realizando este cruce antes en el lado derecho. Fig.1.4. y 1.9.

Posteriormente, desciende paralela al borde esternal, cubierta en su porción inicial por el músculo triangular del esternón, a una distancia de unos 10 mm. en el primer espacio, a los 20 mm. en el sexto en el lado izquierdo, siendo estas distancias algo menores en el caso de la torácica interna derecha. Termina a nivel del sexto espacio intercostal, en el 90% de los casos bifurcada en dos ramas: *musculofrénica* y *epigástrica superior*, aunque a veces dará una trifurcación compuesta por las dos arterias ya mencionadas y una rama *diafragmática*; con menor frecuencia aún, podrá ocurrir que la epigástrica sea sustituida por un penacho de ramas, situación en la que es frecuente la existencia de una rama costomarginal que se dirigirá a la zona medioclavicular.

Durante su trayecto, de aproximadamente 20 cm., según el tamaño y sexo del individuo, dará múltiples ramas que según su origen serán⁴⁰.

- Ramas anteriores o perforantes: en un número entre 3-6 que atraviesan los seis primeros espacios intercostales, siendo la segunda la denominada rama perforante principal o arteria principal interna, todas ellas irrigan el pectoral y las mamas en la mujer. **A pesar de su proximidad al esternón, estas ramas no van a alcanzar el plexo periostial del esternón.** Fig. (1.5.b)
- Ramas externas o intercostales anteriores: en número de 4 a 10 que se bifurcan para dar una *rama al borde inferior* del cartílago que se continuarán con las intercostales posteriores, ramas de la aorta, y una rama superior, hacia la zona de igual nombre del cartílago, **es decir la unidad de división es el cartílago, no el espacio intercostal**, de forma que una rama intercostal no suplirá la vascularización de la zona superior e inferior de un mismo espacio intercostal,

sino que irrigará la zona inferior de un espacio intercostal y la superior del siguiente. En los primeros espacios intercostales las ramas descritas nacen de forma independiente. (Fig. 1.5.c)

En ocasiones, 15% según trabajos⁶², existe una rama costal lateral, con un origen próximo a la de la pericardiofrénica, que puede ser de igual calibre que la mamaria y causar “robo” de flujo a esta, y consecuentemente angina en los casos en que se haya utilizado como injerto pediculado¹³⁹.

- Ramas posteriores:

- Tímica.
- Pericardiofrénica: da una rama pericárdica y la diafragmática superior que acompaña al frénico.

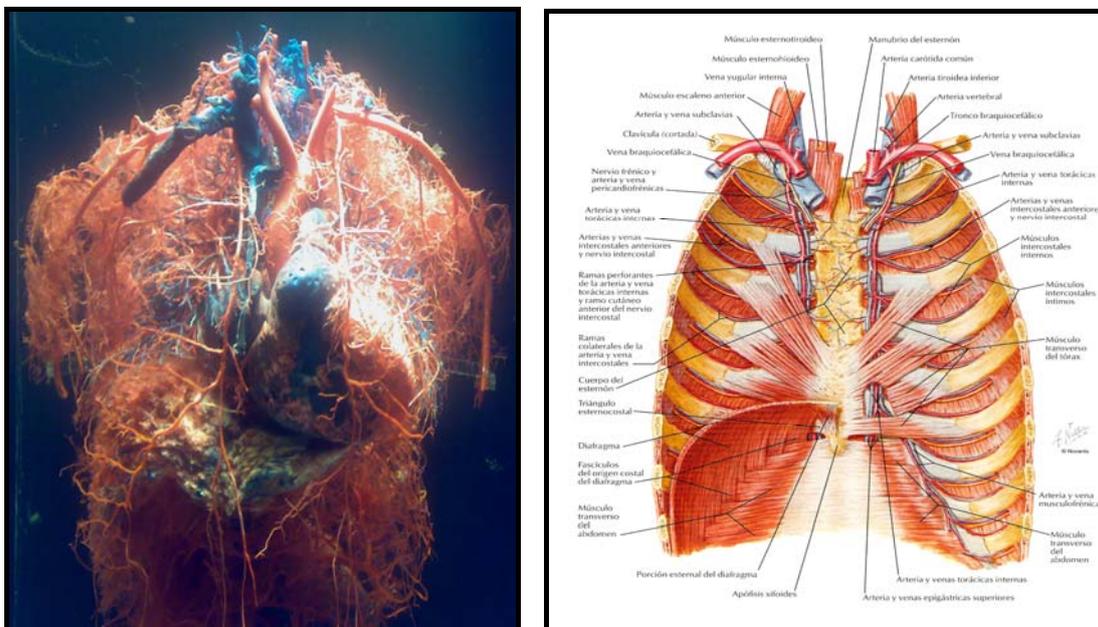


Fig. 1.4.: trayecto y ramas de la mamaria interna

- Ramas internas o externas: entre 4 y 9, cuya función es la irrigación del esternón, bifurcándose al alcanzar a éste, en una *rama anterior* y otra *posterior*, que nutrirán la zona del esternón de igual nombre. (Fig. 1.5.a). En el periostio se anastomosan entre sí, con las de un nivel superior e inferior formando *arcadas*, y con las del lado opuesto formando unos *canales transversos*. Estos irrigan la zona paramedial mientras que las arcadas lo hacen en la zona más lateral, en conjunto formarán el *plexo esternal periostial*. **La densidad de arcadas es mucho mayor que la de los canales transversos, de forma que la zona más**

medial del esternón tiene una menor densidad de anastomosis colaterales. Así mismo, la densidad del plexo esternal es mucho mayor en la zona del manubrio que en el cuerpo.

Las ramas esternales, intercostales y perforantes, pueden originarse en ocasiones de troncos comunes, de unos 4-5 mm. antes de ramificarse; según su combinación distinguiremos dos tipos⁴⁰:

1. *Esternal/intercostal*: su origen es anterolateral, existiendo una media de 1.9 por mamaria, siendo más frecuentes en el 2º, 1º y 3º espacio intercostal, que da la rama intercostal anterior y la esternal, esta última se bifurca en la rama esternal anterior y la posterior. (Fig. 1.5.e)

2. *Esternal/perforante*: en la cara medial-anterior, la cual tras dar una rama a la cara posterior esternal, atraviesa el pectoral para dar la rama anterior esternal y la perforante propiamente dicha, existen una media de 2.9 por mamaria y son mas frecuentes a nivel del 2 y 3 espacio intercostal. (Fig. 1.5.d)

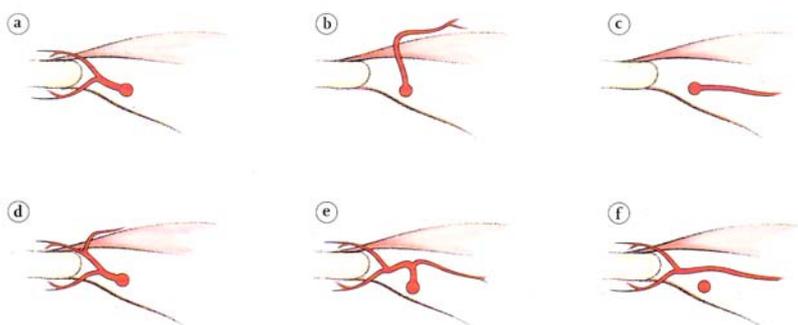


Fig. 1.5. Ramas de la mamaria interna: a) esternales b) perforantes c) intercostales anteriores
Troncos comunes de ramas esternales: d) esternal/perforante e) esternal/intercostal
Vasos colaterales del esternón: los troncos comunes (d, e) junto con la intercostal persistente (f) tras la disección de la mamaria serán los responsables de la perfusión.

Estas colaterales descritas hasta ahora son, junto con las ramas provenientes de la aorta o *intercostales posteriores persistentes* (Fig. 1.5.f) de las que ya hablaremos, los llamados **vasos colaterales del esternón**, y adquieren una gran importancia ya que tras la disección de la mamaria mantendrán la irrigación esternal.

Con menor importancia a priori para la nutrición esternal, sin ser ramas de la torácica interna, existen ramas que contribuyen a su irrigación, especialmente tras la disección de ésta. (Fig. 1.6. y Fig. 1.7.). Según su origen distinguiremos:

1) Ramas de la axilar:

- Torácica superior: zonas próximas a la axila.
- Acromiotorácica: irriga el músculo pectoral, cuyas terminaciones pueden establecer circulación colateral con las ramas perforantes de la mamaria interna.
- Torácica inferior: a la región media torácica, anastomosándose con la torácica superior y con las intercostales a través de sus ramas.
- Escapular inferior: su rama torácica vasculariza la región lateral-media del tórax.

2) Ramas de la aorta:

- Intercostales aórticas: últimos 8-9 espacios intercostales. Dan ramas perforantes laterales que se unen a las ramas torácicas de la Axilar, y ramas posteriores que lo hacen con las ramas externas de la mamaria o intercostales anteriores. En ocasiones, la intercostal pasa anterior a la mamaria interna alcanzando el esternón, a nivel del 2º o 3 espacio, estos vasos se denominan *intercostal posterior persistente* y son junto con las ramas de la mamaria esternal/intercostal y esternal/perforante los denominados *vasos colaterales del esternón*. Fig. 1.7.

3) Ramas de la subclavia:

- Tronco Cervicointercostal: el cual dará las tres primeras intercostales.

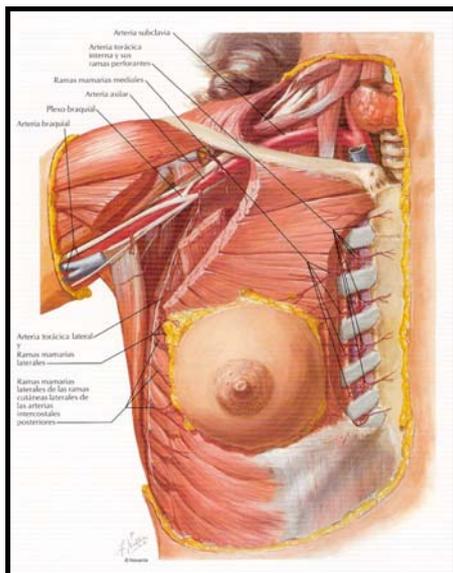


Fig 1.6.

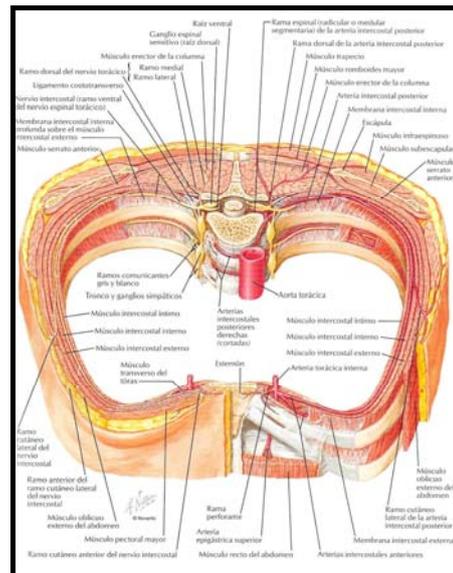


Fig 1.7.

Plexo esternal

Como ya hemos dicho, las *arcadas*, que interrelacionan las arterias de nivel superior e inferior, y los *canales transversos* que conectan ambas zonas paramediales, forman el *plexo esternal periostial*. Este es tan florido, que la infusión de contraste a través de una sola mamaria rellenaría fácilmente su análoga contralateral. Fig. 1.8.

Todo este plexo periostial da a su vez numerosos pequeños vasos, de unas 90 micras, que forman una red distribuida principalmente en la zona pericortical. Entre la mitad y 2/3 de los vasos de dicha red están englobados en el propio periostio formando unos pequeños surcos en la cortical ósea. La mitad o el tercio restante penetran en la zona más periférica del hueso, a nivel de las *fibras de Sharpey*, en la medular externa. Posteriormente dan lugar a arteriolas de mínimo calibre, 60 micras o menos, que se extienden por toda la medula ósea.⁸

Esta distribución es muy diferente de los denominados huesos largos, que presentan una arteria concreta para el aporte nutricional óseo, de forma que si aislamos una porción de esternón mediante electrocauterio del periostio, dicha zona esternal quedará sin perfusión alguna.

Las arteriolas forman unos surcos en la zona cortical ósea; sin embargo las *foraminas* se localizan de forma predominante en la cara lateral, en las zonas intercostales, siendo dichos orificios, en su mayoría, ocupados por venas en lugar de arterias, es decir, **el retorno venoso fundamentalmente se realizara por la cara lateral del esternón.**

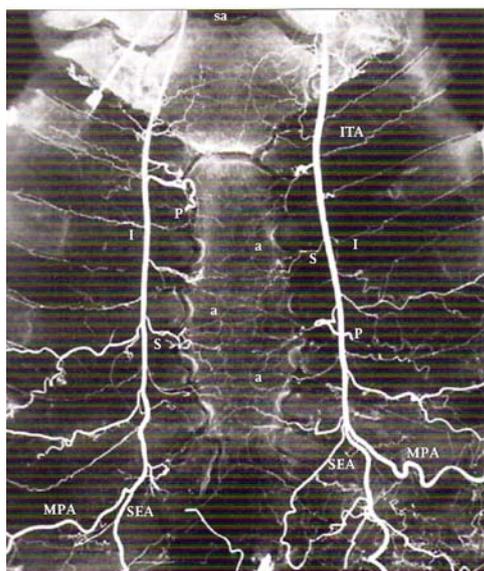


Fig. 1.8. Podemos apreciar en la angiografía las arcadas esternales en la cara lateral del esternón así como los canales transversos cruzando la línea media.

El retorno venoso abocará, a través de dos venas, situadas a ambos lados de la mamaria, denominadas *venas mamarias*, que discurren con su mismo trayecto y terminan en la vena subclavia. Fig. 1.4.

El drenaje venoso también se lleva a cabo mediante las *venas intercostales*, especialmente tras la extracción de la mamaria, a través de la *ácigos* en el lado derecho, vena que desemboca directamente en la cava superior, mientras que en el lado izquierdo lo hacen a través de la *hemiácigos superior* las 6-7 primeras intercostales y *hemiácigos inferior* las restantes; ambas desembocan en la *ácigos*. En ocasiones, las primeras venas intercostales dan una *vena intercostal superior* que drena al tronco venoso braquiocefálico en el lado izquierdo y a la subclavia en el derecho. Fig. 1. 10.

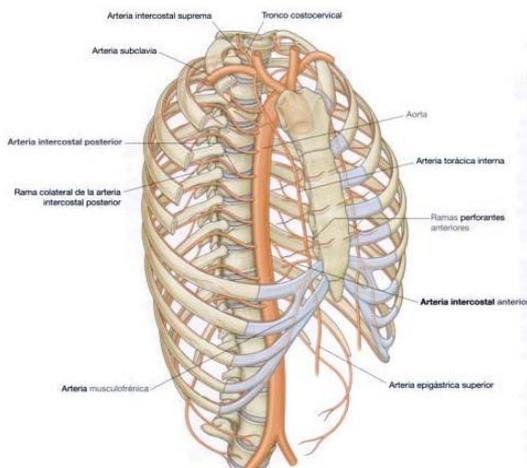


Fig. 1.9.

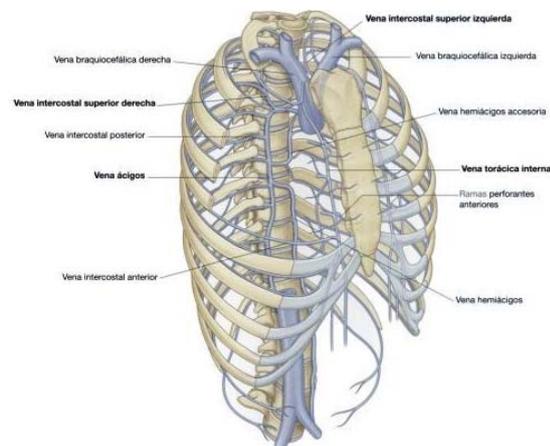


Fig. 1.10.

Drenaje linfático

El drenaje linfático se hace a través de los *ganglios mamarios internos*, a cada lado del esternón, que abocan al *colector mamario interno*, que puede ser simple o doble y desemboca en el confluente venoso yugulosubclavio del lado correspondiente, en la *gran vena linfática* en el lado derecho o el *conducto torácico* en el lado izquierdo. Otra vía de drenaje, es a través de los linfáticos intercostales, que desembocan en los ganglios intercostales en la zona posterior del tórax.¹²⁷

Inervación

Nervios intercostales procedentes de los 6-7 primeros espacios intercostales, que en su zona más próxima al esternón, atraviesan el músculo intercostal medio para dar el *ramo perforante anterior* del nervio intercostal.

1.2.3.- ANATOMÍA TOPOGRÁFICA

Tras la piel de considerable grosor, encontramos un panículo adiposo, bajo el cual se halla la fascia superficial y debajo de ésta, la lámina celulosa subcutánea. A medida que nos acercamos a la línea media, la grasa disminuye, apareciendo un tejido celulofibroso que une la piel a la aponeurosis de los pectorales, que se adelgaza para unirse al periostio en el centro.

Internamente se encuentra cubriendo la cara posterior del esternón, la fascia endotorácica, que cubre la pleura parietal, y en su zona superior al músculo triangular del esternón.

En la región xifoidea, debajo de los haces musculares del diafragma, existe una gruesa capa de tejido celuloadiposo, subperitoneal, retroxifoideo, detrás de la cual se halla el peritoneo. La importancia quirúrgica de esta zona, se debe a la accesibilidad que ofrece para llevar a cabo la técnica de punción pericárdica.

TÓRAX

Hasta ahora hemos hecho una descripción del hueso objeto de nuestra investigación, pero dada su interrelación con las demás estructuras, haremos un breve estudio de la unidad anatómica de la que forma parte: el tórax.

El tórax tiene forma de cono truncado de base inferior ligeramente aplanado de adelante hacia atrás, distinguiremos:

- Orificio superior: de forma elíptica, en un plano oblicuo hacia abajo y adelante, con un diámetro transversal medio de 10 cm. y anteroposterior de 6 cm.
- Orificio inferior: hacia abajo y adelante, en una inclinación de unos 70°, con un diámetro transversal de 26 cm. y uno anteroposterior de 12 cm. a nivel del xifoides.
- Cara posterior: algo cóncava en el interior por la disposición de la columna dorsal.
- Cara anterior: también cóncava desde el interior, compuesta por el propio esternón.

Las medidas anteriormente descritas tomarán gran importancia a la hora de analizar las presiones a las que se ve sometida la pared torácica en situaciones como la tos o el estornudo.

El desplazamiento que permiten las articulaciones que forman parte del tórax es escaso, estando fundamentalmente limitadas a los movimientos de inspiración y espiración. Resulta sencillo imaginar cómo el diámetro de la caja torácica disminuye durante la espiración, dado que en un principio es un proceso pasivo, y por tanto las estructuras no se ven sometidas a ningún tipo de presión, salvo para una espiración

forzada. No tan sencillo de explicar, es cómo consigue aumentar su volumen, esto se lleva a cabo gracias a la elasticidad de las costillas, capaces de disminuir su curvatura, pero sobre todo a los cartílagos esternales, ya que no sólo pueden también rectificar su curvatura al igual que las costillas, permitiendo el giro de éstas, sino que además, debido a su gran elasticidad, consiguen incluso alargarse. Esto último toma gran interés en el adulto, ya que la osificación de dichos cartílagos hará del tórax una estructura más rígida que no sólo empeora la mecánica respiratoria, sino que además, las presiones intratorácicas durante la tos no se verán amortiguadas, transmitiendo con mayor intensidad la fuerza de tracción sobre el cierre esternal.

Todo resultará en un aumento del diámetro anteroposterior durante la inspiración, que provocará un desplazamiento del esternón hacia delante, más marcado a medida que descendemos en la caja torácica, ya que las costillas inferiores son de mayor diámetro, por lo que, de igual forma, los movimientos y estiramientos de los cartílagos condrocostales serán mayores en esta zona. Esto podría ser una explicación al porqué a medida que descendemos en el tórax, el cartílago condrocostal también aumenta su longitud.

Las características anteriores hacen que la capacidad de amortiguar la presiones intratorácicas en el plano sagital, sobre las costillas, sea muy inferior a la del plano anteroposterior. Si además tenemos en cuenta que la columna carece casi por completo de esta función, y que a medida que nos alejamos del esternón, la capacidad de éste para transmitir la energía a las estructuras colindantes también es menor, es fácil entender que **las presiones ejercidas intratorácicamente se transmiten fundamentalmente sobre el esternón.**

De vital importancia en nuestro trabajo será conocer la distribución o inserción de las costillas en el esternón a través de los cartílagos condrocostales (fig. 1.9.):

- 1ª costilla: en la zona superior del mango, junto a la clavícula, transmite al esternón cualquier movimiento de las extremidades superiores.
- 2ª costilla: en la unión del mango y cuerpo, zona donde en individuos jóvenes podrá realizarse cierto movimiento entre el Preesternon y el Mesoesternón.
- 3ª costilla: en el tercio superior del cuerpo esternal.
- 4ª costilla: en la unión de la mitad superior e inferior de la lámina esternal.
- 5ª costilla: en el comienzo del tercio inferior del cuerpo esternal.

- 6ª costilla: igual que la anterior, al poco de su nacimiento presenta una prolongación del cartílago mediante el cual se une a la 7ª costilla en un corto trayecto, para después separarse de nuevo.
- 7ª costilla: de la unión del cuerpo esternal con el xifoides.
- 8ª costilla: se podría decir que comparte su nacimiento con la anterior, o que su cartílago condrocostal es común hasta cerca del nacimiento de la costilla propiamente dicha, donde sus respectivos cartílagos se separan.
- 9ª costilla: su cartílago se origina en la porción más lateral del cartílago condrocostal de la costilla anterior.
- 10ª costilla: su cartílago nace de la porción lateral del cartílago anterior, es decir **tanto ésta como la anterior, no presentan una relación directa con el esternón, sino a través del cartílago condrocostal de la 7ª-8ª costilla.**
- 11ª y 12ª: ambas sin unión alguna al esternón.

De lo anteriormente expuesto podemos objetivar que **el tercio distal del cuerpo esternal soporta las tensiones transmitidas por la mitad de la parrilla costal**, pero no sólo eso, sino que **además son las costillas de mayor longitud y por tanto donde los diámetros torácicos son superiores**. Esto tendrá una gran importancia como factor coadyuvante de una posible dehiscencia.

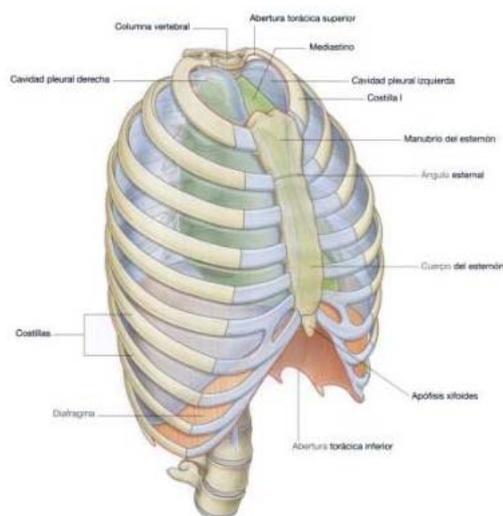


Fig. 1.9.

1.3.- Fisiología

1.3.1. MOVIMIENTOS DE LA CAJA TORÁCICA

Comentaremos aquellos que más puedan afectar al esternón tras la cirugía:

1.3.1.1 .-Respiración habitual

Durante la respiración habitual, los movimientos inspiratorios se realizan mediante el diafragma, por tanto la tensión se ejerce sobre el tercio inferior esternal, pero con una fuerza no superior a los 25 torr; con una dirección y sentido cefalocaudal y escasa tracción lateral, es decir, el aumento de los diámetros anteroposteriores de la caja torácica será escaso, ya que el incremento de volumen del tórax se producirá fundamentalmente hacia la cavidad abdominal, siempre y cuando la respiración no se realice a expensas de la musculatura accesoría. Esto nos da una idea de la repercusión que tendrá una correcta fisioterapia respiratoria en el postoperatorio.

Por el contrario, durante una inspiración forzada, entrarán en juego muchos más músculos: esternocleidomastoideos, serratos anteriores, escalenos, rectos abdominales e intercostales externos, los cuales, en conjunto, producirán un aumento del diámetro anteroposterior de hasta un 20%, provocando tensiones de 50 torr⁵⁷, que se transmitirán al esternón a través de la tracción que ejerce la musculatura en sus puntos de inserción, recordemos que en ese momento la presión intratorácica es negativa.(Fig. 1.10.)

La espiración, que habitualmente es un proceso fundamentalmente pasivo al relajarse el diafragma y por la propia elasticidad del pulmón, puede convertirse en una situación, en contra de lo que a priori nos pudiéramos imaginar, de mucha más tensión. Durante ésta, la musculatura abdominal se contrae para que todo el contenido de dicha cavidad presione sobre el diafragma, y así comprima los pulmones, junto con los intercostales internos. Si a esto añadimos una resistencia a la salida del aire, como el habla u otra circunstancia que requiera el cierre de la glotis, hará que se puedan alcanzar presiones intratorácicas muy elevadas, siendo la máxima expresión de dicha situación, la tos⁴³.

1.3.1.2. Tos

Es un acto reflejo, que puede controlarse voluntariamente, mediado por el vago como vía aferente y los nervios de la musculatura respiratoria como vía eferente, cuyo centro se halla ubicado en el bulbo²⁷. Consiste en una contracción brusca de la musculatura abdominal a la par que la glotis, seguida de una súbita apertura de esta última. Suele ir precedida de una inspiración forzada, con el consecuente aumento de

aire en los pulmones y por tanto un incremento de la presión intratorácica. A esto hay que añadir que la contracción se realiza en un corto intervalo de tiempo, lo que hace que la transmisión de fuerzas en el tórax, y por tanto su amortiguación, sea inferior. La consecuencia es un **aumento de la presión intratorácica de hasta 150 torr**, lo que al abrirse bruscamente la glotis, provoca la salida del aire a velocidades superiores a los 150 kilómetros/hora o 10 litros/segundo⁵⁷.

Tal es el grado de fuerza que dicho reflejo produce, que en situaciones hemodinámicas extremas, provoca una presión sobre el corazón de intensidad suficiente similar a la lograda durante el masaje cardiaco. De igual forma se compromete el retorno venoso; para que nos hagamos una idea, presiones intratorácicas de 30 torr mantenidas durante unos pocos minutos desencadenarían la muerte por colapso circulatorio.

El estímulo de la tos se origina en receptores de distinta localización que en nuestro postoperatorio serán:

- traquea o vías superiores: receptores mecánicos estimulados por polvo o material extraño como el tubo oro-traqueal de ventilación.
- bronquios o parénquima: receptores químicos por sustancias irritativas, mediadores histoquímicos como la histamina, o acumulo de secreciones.
- pleura: derrames postoperatorios, drenajes pleurales.
- diafragma: drenajes mediastínicos, electrodos de marcapasos.
- extratorácica: esofágica, pericárdica, peritoneal, incluso timpánica, es decir todas aquellas zonas que puedan tener relación con el X par craneal.
- central: por ansiedad, uso de IECAs.

Todo esto nos da a entender cuan fácil y multifactorial es la presencia de tos en el postoperatorio, de lo que deducimos la importancia de dicho reflejo, ya que **será el mayor estrés al que se verá sometido el cierre esternal**, sin olvidarnos que todo enfermo, en algún momento, presentará en mayor o menor frecuencia este reflejo.

El estornudo se basa en el mismo mecanismo, aunque con un arco reflejo distinto, y a diferencia del anterior, el velo del paladar se encuentra en posición baja, con lo que el aire será espedido a través de las fosas nasales además de la boca.

1.3.1.3. -Deambulación

Esta situación en sí misma no supone un aumento de la tensión intratorácica mayor que el de la respiración habitual; sin embargo, existirán fuerzas extratorácicas de tracción y desplazamiento debidas, más que a la contracción muscular, a las provocadas

por el movimiento de vaivén de las extremidades durante la marcha. Sin embargo no podemos olvidar que los pectorales intervienen en el movimiento de los brazos ejerciendo tracción sobre una de las mitades del esternón, aplicando un vector de fuerza totalmente lateral a la esternotomía, esto añadido a su gran volumen-fuerza, nos aconseja ser cautos durante el postoperatorio, siendo uno de los músculos que menos debemos utilizar.

1.3.1.4. -Incorporación a la sedestación o bipedestación

Esta acción sí implica un estrés importante sobre el esternón. Inicialmente por el aumento de la presión intrabdominal con la glotis cerrada, al igual que durante cualquier otro esfuerzo brusco e intenso. Posteriormente por la contracción de la musculatura que en él se inserta, tanto la abdominal para la flexión del tronco sobre la pelvis, como la del cuello para mantener la cabeza erguida, no obstante, las líneas de fuerza provocadas por estos grupos musculares son paralelas u oblicuas a la esternotomía con escaso efecto sobre esta.

Por último, también se transmitirán las fuerzas de la cintura escapular y brazos, especialmente al asirse de alguna forma para facilitar dicha acción, de manera que el músculo que usamos fundamentalmente al incorporarnos sea el dorsal, el cual separa las dos mitades esternales al insertarse en la zona posterior del cuerpo. Una situación similar ocurre en el caso de levantarnos de lado, ya que en ese caso el pectoral asume el papel predominante, con los vectores de fuerza perpendiculares a la línea de esternotomía como mencionamos en el párrafo anterior.

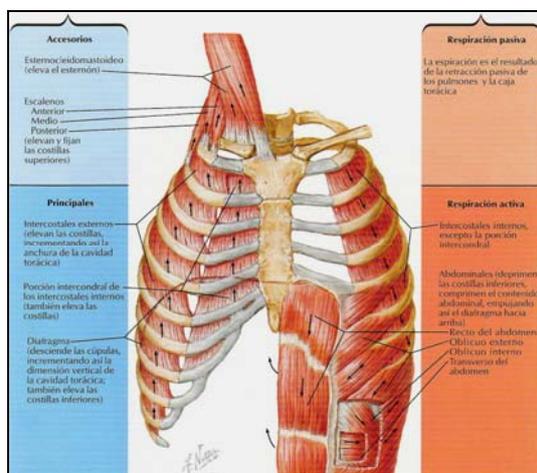


Fig. 1.10. En esta figura apreciamos como actúa la musculatura durante la ins-expiración. Además podemos ver que los vectores de fuerza actúan en una dirección paralela u oblicua a la esternotomía, al contrario de cómo actuaría el pectoral.

1.4.- Esternotomía

En este apartado analizaremos los protocolos, maniobras y técnicas que se realizan durante el pre, intra y postoperatorio y que pueden condicionar la estabilidad y consolidación esternal.

1.4.1. - PREOPERATORIO

Nuestros objetivos en esta fase serán:

1- Disminuir la flora saprofita de la piel próxima a la incisión en la medida de lo posible, causante en ocasiones de la infección de la herida y un factor predisponente para la dehiscencia.

El día previo a la cirugía, el enfermo es rasurado con una maquinilla eléctrica en lugar de la habitual cuchilla, ya que esta última produce pequeños cortes, puerta de entrada para las bacterias. Después se realizan varias duchas con una esponja impregnada en una solución jabonosa con clorhexidina, lo cual a pesar de alterar el pH de la piel, disminuye el número de colonias existentes en ella. Finalmente se aplica mucopirocina nasal con el fin de evitar infecciones por estafilococo meticilin resistente.

2- Fisioterapia respiratoria, mediante ejercicios tras las instrucciones del fisioterapeuta con vistas a mejorar la dinámica ventilatoria.

1.4.2. - INTRAOPERATORIO

Una correcta apertura comienza desde el momento en que el paciente es ubicado en la mesa operatoria. Una asimetría por mala alineación del cuerpo puede acabar en una incisión no todo lo medial que quisiéramos.

Logrado esto, nuestro siguiente objetivo es evitar la contaminación mediante:

- El enjabonado ya descrito y aplicación tópica de povidona yodada o clorhexidina si el paciente es alérgico a ésta o neonato.
- Utilizamos sábanas quirúrgicas de material sintético impermeable para evitar la contaminación por capilaridad dado el frecuente manejo de fluidos en el campo.
- Exponer la menor superficie de piel posible: la esternotomía es una incisión cuyos puntos de referencia se palpan más que se ven.
- Aplicamos un apósito estéril adherente dificultando la contaminación de la herida por continuidad.

1.4.2.1.- Incisión y esternotomía

Se realiza con bisturí frío, desde la orquilla esternal hasta uno o dos cm. más abajo del xifoideas, seccionando tanto la epidermis como la dermis, quedando expuesta la grasa hipodérmica. Evitaremos el electrobisturí en este plano, lo que permite una mejor cicatrización y disminuye el dolor en el postoperatorio. La incisión en el tercio inferior no ha de ser ni muy extensa, pues esta zona presenta una peor cicatrización, ni muy limitada, ya que al usar el separador existirá una zona de tensión a este nivel provocando una desvitalización en la zona contigua.

Más tarde, con el electrobisturí en modalidad de corte llegaremos al esternón, utilizando la modalidad de coagulación solo en aquellas partes que apreciemos un sangrado muy profuso o el vaso causante de éste. En contra de lo que es habitual desaconsejamos el uso de forma constante en la modalidad “coagulación”, ya que de esta forma salvaguardaremos la vascularización de la grasa y disminuimos la cantidad de tejido necrótico.

Una vez alcanzado el periostio, **lo fundamental y primer paso para evitar una dehiscencia será una incisión lo más medial posible**, para ello buscaremos las referencias anatómicas que a continuación se exponen:

- Polo superior esternal: fascículos mediales del esternocleidomastoideo y el ligamento interclavicular, el cual seccionamos con el electrobisturí en coagulación, lo que nos facilitará el corte con la sierra, y permitirá cauterizar la vena que cruza esa zona, más relevante en enfermos con hipertensión pulmonar, en cuyo caso puede ser de gran tamaño.

- Polo inferior esternal: no usamos el xifoideas como referencia ya que se encuentra desplazado en un gran número de casos, por lo que nos orientaremos localizando lateralmente el inicio de los espacios intercostales con nuestros dedos. En personas con un gran panículo adiposo o esternones muy anchos realizamos una incisión en el tejido graso, que nos facilite la ubicación de los ya mencionados espacios intercostales.

Posteriormente una disección roma con el dedo bajo el esternón ayuda a despegar el repliegue que ambas pleuras presentan en dicha zona, disminuyendo así la apertura accidental de estas. Dicha disección es preferible realizarla en el lado izquierdo del xifoideas; además de ser más cómodo, hace que si accidentalmente penetramos en el espacio pleural, sea el izquierdo, el cual habitualmente abrimos durante la disección de la mamaria interna.

Localizado el punto medio superior e inferior, es útil describir una línea media con el electrocauterio a baja intensidad en modalidad de corte. Este “marcaje”, en ocasiones, lesiona el plexo venoso ubicado en el periostio lo que se acompaña de un sangrado profuso, a pesar de la cauterización reiterada con el electrobisturí. Estos vasos discurren en los surcos de la cortical ósea, atravesando la línea media, por lo que en lugar de insistir con el electrobisturí en la zona de sangrado, aumentando la escara, es preferible con una pinza coagular la zona lateral, consiguiendo así el cese del sangrado al actuar sobre los canales transversales del plexo esternal.

Delimitada la línea de esternotomía, llevaremos a cabo ésta, aunque algunos cirujanos prefieren el sentido cefalocaudal, preferimos realizarla desde la zona inferior a la superior, lo cual permite ir visualizando la zona a cortar y además presenta una menor incidencia de aperturas pleurales no deseadas.

Evitamos, en la medida de lo posible, el uso de cera como hemostático. Con una actitud igualmente conservadora actuaremos sobre el periostio, cauterizando sólo los bordes que presentan un sangrado visible, evitando la extendida costumbre de “quemar” indistintamente todo el borde esternal. Si continua un sangrado difuso importante podemos utilizar un Surgicel® apoyado sobre la médula y una compresa encima, sujetando todo con el propio separador, de forma que haga hemostasia por compresión.

Importante es la ubicación del separador, ya que habitualmente se sitúa en la porción media esternal, pero debemos tener en cuenta:

1. Muchos esternones, especialmente personas ancianas u osteoporóticas, la porción media del mesoesternón suele estar adelgazada y es más frágil.
2. En esternones de gran longitud, el separador no logra abrir suficientemente el tercio inferior, principal zona a exponer en algunas cirugías.
3. Existen modelos de separadores cuyas palas son más cortas de lo habitual por lo que su superficie de apoyo es menor y la repartición de fuerzas también.

Lo anterior hace que debamos ser cuidadosos para evitar posibles fracturas yatrogénicas del esternón, que habitualmente acaecen en la unión del tercio medio con el distal del cuerpo esternal. Esto es debido a que la máxima presión se ejerce sobre la zona medial, siendo la zona inferior la que ofrece más resistencia a la apertura, ya que en ella se insertan un mayor número de costillas, especialmente en enfermos ancianos cuyos cartílagos condrocostales son menos elásticos.

Por todo ello, **la ubicación más apropiada para el separador, será la unión de la porción esternal media e inferior.** La utilización de una compresa o similar entre el separador y el hueso es muy oportuna pues ayudará a evitar:

- Desplazamientos intraoperatorios no deseados del separador por deslizamiento.
- Fracturas yatrógenas, al actuar como interfase adaptando dos estructuras rígidas entre sí: el esternón y el separador.
- Sangrado medular, actuando a modo de taponamiento.

De igual forma es aconsejable disponer de las palas con la anchura apropiada para cada enfermo, de forma que el separador quede lo más encastrado posible, pero abarcando las dos corticales del esternón.

1.4.2.2.- Apertura del pericardio

Realizaremos esta siguiendo una línea cráneo caudal lo más paramedial izquierda posible en cirugía coronaria (paramedial derecha en el resto), procurando no abrir la cavidad pleural, quedando un gran colgajo de pericardio procedente del lado derecho. Aunque a priori parezca no tener relación en lo que a la consolidación ósea se refiere, esto nos va a permitir que, cuando procedamos al cierre el pericardio, éste cubra la línea media en la cara posterior de la esternotomía, quedando así un tejido con gran vascularización a la hora de formar un callo óseo y una barrera ante una posible infección. Todo ello, por supuesto, sin comprometer hemodinámicamente al corazón o los injertos.

1.4.2.3.- Disección de la arteria mamaria interna o torácica interna

Para la disección de la arteria mamaria utilizaremos el separador de Fabaloro o el de Carpentier, ambos permiten una buena visualización del territorio en cuestión, pero su acción mecánica sobre el esternón difiere:

Separador de Fabaloro: la tracción se ejerce sólo sobre un hemiesternón, en concreto en las dos porciones donde ambos garfios elevan el hueso. Esto hace que durante el ajuste de las ruedas, el movimiento de rotación produzca cierto desplazamiento del gancho que en ese momento estamos ajustando, causando en ocasiones profundas erosiones en la zona esternal donde está apoyado. Lo expuesto, junto a lo tedioso de su manejo y la aparición en el mercado de otros más adecuados, lo hace poco aconsejable.

Separador de Carpentier: Es similar al Finochietto habitual, ya que dispone de dos brazos, pero en uno de ellos existen dos ganchos similares al separador de Fabaloro. Es el utilizado en la mayoría de las ocasiones, ya que al contrario del anterior:

- Es fácil y rápido de aplicar, pudiendo corregir fácilmente la ubicación de los ganchos además de su rápida adaptabilidad para ser utilizado en el lado opuesto.
- Excepcionalmente alguno de los ganchos deja de ejercer su tracción, incluso durante su manejo, siendo el riesgo de fractura menor.
- La exposición no solo es a costa de levantar el lado de la pared torácica en el que nos encontramos disecando la mamaria, sino que además el lado contralateral es parcialmente presionado para ganar una mayor visión con menor apertura.

Independientemente del separador que utilicemos debemos tener siempre en mente:

1- La ubicación de los ganchos:

- el superior en el mango esternal, la parte más consistente del esternón y con gran resistencia a la apertura, dado que el diámetro torácico es menor en esta zona y las costillas serán luxadas en mayor grado.

- el inferior en la zona más caudal del cuerpo esternal, donde se inserta el cartílago que se continua con la mitad de las costillas. Evitaremos el tercio medio por presentar cierto adelgazamiento y donde acaecen la mayoría de fracturas yatrógenas.

2. La apertura: lo mas pequeña posible, esto favorece la alineación durante el cierre, y disminuye el dolor postoperatorio, con las ventajas sobre la dinámica respiratoria que conlleva.

La técnica de disección de la arteria mamaria interna varía, pudiendo ser:

Pediculada:

Se extraen la arteria mamaria y ambas venas, además de una porción de fascia endotorácica, desde el primer espacio intercostal hasta su bifurcación. Durante la disección, se utiliza el electrocauterio a una intensidad de 25-30, electrocoagulando la mayor parte de las ramas de la mamaria y utilizando clips de 5 mm. en las de mayor calibre. El extremo distal será ligado con una sutura de seda 4/0 o clips de 5 mm.

Esta técnica goza de ciertas ventajas: rapidez, simplicidad y bajo riesgo de lesionar el vaso. Sin embargo, en lo que al esternón se refiere, presenta los siguientes inconvenientes:

1. Apertura casi en la totalidad de las ocasiones de la pleura, con la consecuente necesidad de un insertar un tubo de drenaje en esta, causando más dolor al enfermo,

dificultando la fisioterapia respiratoria y aumentando la incidencia de derrames pleurales postoperatorios.

2. Mayor resección de tejido al extraer en bloque fascia, músculo, venas y arteria mamaria y sus colaterales, así como las ramas intercostales posteriores permanentes, con el detrimento para la circulación colateral del esternón y su consolidación.
3. Mayor necrosis del lecho, al utilizar el electrocauterio a más potencia.
4. Mayor edema al extraer ambas venas
5. Mayor dificultad a la hora de identificar el frénico, y riesgo de lesionarlo.

Esqueletizada:

Consiste en disecar únicamente la arteria mamaria, de forma que tanto el tejido circundante como las venas acompañantes son dejados *in situ*. Requiere una disección más cuidadosa con el electrocauterio a menor intensidad, entre 10-20 para evitar la transmisión del calor al vaso en cuestión. Cada una de las ramas es disecada y se clipa proximalmente a la mamaria, con cuidado de no estenotar ésta, y distalmente, dejando el espacio mínimo para seccionar la rama con tijeras. Esta técnica permite que las posibles bifurcaciones de las ramas no se lesionen y conservar así la circulación colateral; además el clipaje del extremo distal de la rama nos permitirá realizar un menor uso del electrocauterio y por tanto una escara menor.

Igualmente, este tipo de disección, ayuda a separarla de las estructuras adyacentes: venas satélites, pleura, frénico, este último será identificado más fácilmente por las contracciones del diafragma que provocamos al hacer uso del electrobisturí en su proximidad. Por último, será fácil discernir su bifurcación final de forma que se pueda abandonar esta porción, dada su tendencia al vasoespasmo.

Sus inconvenientes son que se trata de una técnica lenta y delicada, de forma que cualquier maniobra incorrecta puede desencadenar un hematoma o lesión del endotelio, que impida su utilización como injerto.

Sin embargo, sus ventajas serán múltiples, repercutiendo de forma directa sobre la vascularización esternal, e indirecta sobre la mecánica respiratoria del postoperatorio:

- Preserva la circulación colateral esternal, y por tanto su perfusión.
- Conserva el drenaje venoso, con un menor edema de la zona.
- Menor zona de escara por el uso del electrobisturí a menor intensidad.
- Menor incidencia de parestesias posquirúrgicas a nivel de la región pectoral al disminuir la posible lesión sobre los nervios intercostales.

- Menor riesgo de apertura de la pleura.
- Mayor longitud y calibre del injerto y tolerancia a acodarse.

Semiesqueletizada:

Técnica consistente en disecar la mamaria con las dos venas acompañantes pero sin el tejido circundante, siendo una técnica intermedia entre las ya descritas. No ha sido utilizada por nuestro grupo.

En cualquiera de las técnicas será de suma importancia, en especial si el enfermo presenta angina inestable o se pretende hacer revascularización arterial mediante técnica de Tector, la exclusión de las colaterales de mayor calibre de la mamaria (rama costal lateral y pericardiofrénica), con el fin de que todo el flujo de esta sea destinado a las coronarias y evitar situaciones de robo por dichas ramas, a costa de limitar la circulación colateral esternal⁵⁴. No debemos olvidar el fin primordial de la cirugía en la que nos encontramos: aportar el mayor flujo sanguíneo posible al miocardio⁸⁷.

1.4.2.4.-Técnica intraoperatoria

Como más adelante describiremos, en este estudio no sólo se incluyeron enfermos en los cuales se hizo revascularización coronaria, por lo que dada la variabilidad de los casos no describiremos aquí las distintas técnicas. Únicamente destacar las posibles diferencias que podrían ejercer una influencia negativa sobre la esternotomía:

- Profilaxis antibiótica intraoperatoria: en los casos de revascularización coronaria aislada se utilizó cefotaxima, pero en aquellos en los que se hizo cualquier tipo de implante protésico, o alérgicos a penicilinas o cefalosporinas, empleamos vancomicina.
- Anestesia: en aquellos enfermos que se realizó la revascularización sin circulación extracorpórea (CEC), la anestesia se llevo a cabo con remifentanilo.
- En todos los enfermos se dejan al menos dos drenajes, uno de ellos en pleura si había sido abierta, y en los casos de doble mamaria tres drenajes si ambas pleuras se encontraban abiertas, uno en cada pleura y otro mediastínico.
- El cierre de la piel se hizo con grapas a excepción de las mujeres de menos de 50 años en las que se realizo sutura intradérmica.

1.4.2.5.- Técnica de Cierre

Una vez finalizada la intervención se aplican las máximas que comentamos al inicio, el uso del electrocauterio sólo en la zona del periostio sangrante. Igualmente evitaremos el uso de fibrina entre ambas mitades del esternón, o la utilización de cera. Es decir evitamos todo aquello que impida o dificulte la formación del coágulo entre ambas mitades del esternón, origen del futuro callo de fractura, y el avance de los neovasos, por donde después penetrarán los osteoblastos.

En ocasiones, especialmente en el caso de esternones muy oteoporóticos con un profuso sangrado de la médula, utilizamos un punto de sutura reabsorbible que atraviesa ambas laminas esternales, de forma que éstas sean aproximadas entre sí haciendo que también se comprima la médula y disminuya su sangrado.

En los casos en que el esternón presente alguna fractura transversal, ya fuera por una mala técnica de apertura o durante el uso de los diferentes separadores, realizamos una aproximación entre las porciones esternales fracturadas con un alambre simple del nº 7, para posteriormente llevar a cabo el cierre de la forma habitual.

En ningún caso de revascularización coronaria se cerró el pericardio por completo, pero sí la aproximación de éste con el “*flap*” que dejamos durante su apertura, como ya comentamos.

Por último, nos parece importante el dejar siempre dos drenajes, al menos uno de ellos en la cara posteroinferior del corazón y otro posterior al esternón. Esta maniobra nos asegura un correcto drenaje de la cavidad mediastínica, especialmente de su cara posterior evitando el acúmulo de colecciones en la zona más declive, y la formación de hematomas retroesternales, factores de riesgo para una infección, y por tanto un retraso o defecto de la consolidación ósea.

1.4.2.6.- Disposición de los alambres:

Comentaremos los detalles que pueden influir sobre la consolidación esternal en cualquier tipo de cierre ya que la disposición de los alambres y su análisis físico se describe más adelante.

Muy importante es la **disposición simétrica de los alambres**, con el fin de que al tensarlos exista una completa aproximación y correcta alineación de ambas mitades, haciendo que las fuerzas sean simétricas, y evitando futuras molestias para el enfermo. Para lograrlo es fundamental tomar referencias anatómicas como el Angulo de Louis.

Cada vez que con el alambre perforamos el esternón se producen pequeñas fracturas puntuales además de lesiones y zonas de sangrado sobre el plexo pericondral, por lo que es aconsejable, que los alambres atraviesen la pared del tórax en los espacios intercostales; es decir, que cerquen al esternón en su totalidad, con excepción del mango donde dada su anchura, y que en esa porción sólo existe un espacio intercostal, es difícil emplazar los alambres de esa forma.

Aún así, en esternones muy estrechos u osteoporóticos, el riesgo de que se rasgue el hueso es mayor; en esta situación podemos aprovechar los cartílagos intercostales para anclar los alambres. Esto nos permite abarcar mayor cantidad de hueso, además de englobar los ligamentos costo-condro-esternales que nos aportan un tejido más elástico y por tanto resistente, en la zona donde los alambres provocan una mayor tracción.

También es importante asegurarnos que ningún alambre presente una acodadura o plicatura en la zona posterior del esternón, lo cual daría lugar a que el cierre no fuese completamente estable.

A la hora de aproximar las mitades debemos ser cuidadosos ya que si, como hemos dicho, es muy osteoporótico o estrecho, la sola tracción puede desgarrarlo; para ello existen dos maniobras muy útiles:

- Retirar el rodillo de silicona emplazado detrás de los hombros del enfermo.
- Tracción sobre la mayor cantidad de alambres posible, por parte del ayudante y así el cirujano poder tensar los restantes sin resistencia.

Igual cuidado debemos tener durante el ajuste final, para no retorcer en exceso los alambres, con lo que dejaríamos estos debilitados, favoreciendo su futura fractura.

Por último, los extremos de los alambres son enterrados en el tejido adyacente; esta aparente minucia es mucho más importante de lo que pensamos, ya que si no se realiza correctamente, implicará molestias para el enfermo, o lo que es peor, una zona continuamente irritada con el riesgo de formar seromas que se puedan infectar, e incluso producir decúbitos en la piel.

1.4.2.7. – Cierre de los planos superficiales

Esto, también puede suponer un factor más en el origen de una dehiscencia, ya que es de gran importancia cerrar la fascia del recto del abdomen, de forma que la posible comunicación con la cavidad mediastínica quede totalmente obliterada. Así se impide el paso cualquier exudado desde la cavidad pericárdica hacia el subcutáneo

existente en la zona subxifoidea, el cual difícilmente cicatrizará si se encuentra embebido en cualquier tipo de líquido. Esta zona debe ser cuidada en extremo al ser la que con mayor frecuencia se infecta, y corresponderse a la porción esternal que primero se inestabiliza en el caso de una dehiscencia.

Maniobra interesante es anudar la sutura que comienza en la zona superior con la que se inicia en la inferior en la mitad de la incisión; esta práctica, aunque no universal, creemos que es importante, dado que ante una posible infección, dehiscencia o situación que requiera durante el postoperatorio un desbridamiento, producirá solamente la apertura de sólo la mitad de la herida, permitiendo que la otra zona no pierda la aproximación que ejercía dicha sutura.

Para finalizar y tratando de ser aún más cuidadoso, tras anudarse en los extremos de la herida, invaginaremos los nudos, especialmente en personas delgadas, para que estos no aboquen a la piel más tarde, tras la retirada de las grapas.

Una máxima, como en todo cierre de planos superficiales, será el evitar espacios muertos, dado que debajo de este plano existe una cavidad mediastínica, con una potencial capacidad exudativa al contener un órgano en constante movimiento, de forma que la mínima discontinuidad que permita la salida de líquido, provocará un déficit de cicatrización, en el contexto de una zona con material extraño no reabsorbible como son los alambres de acero.

No menos importante en este punto de la cirugía es el hecho de que los bordes de la herida estén a la menor distancia posible, así las grapas soportan una menor tensión evitando la isquemia de la piel. Por ello, daremos en el tejido subcutáneo una segunda línea de sutura, e incluso dos, si el grosor del plano lo requiere.

En nuestra práctica habitual no solemos utilizar sutura intradérmica dada la edad de nuestros enfermos, y prefiriendo las grapas, ya que ante una posible colección serosa esta tendrá más posibilidades de salir al exterior.

A pesar de todo, existen un número importante de pacientes en los cuales es muy difícil que los bordes estén próximos o sin tensión, especialmente en la mitad inferior:

- 1- Reintervenciones.
- 2- Pacientes muy delgados sin apenas tejido subcutáneo que nos permita aproximar los bordes al no tener donde suturar el plano subcutáneo.
- 3- Pacientes con radioterapia previa en la zona, con fibrosis del plano subcutáneo.
- 4- Grandes obesos.
- 5- Mujeres con mamas de gran tamaño.

6- Enfermos con desnutrición, avanzada edad o tejido subcutáneo muy laxo, en los que dicho plano no tiene consistencia.

En éstos casos caben dos posibilidades: en los tres primeros realizar un ligero despegamiento del plano muscular, de igual forma que si fuésemos a realizar un sobrecruzamiento pectoral. Otra técnica más sencilla, rápida, aplicable a todos los casos, es el uso de puntos de colchonero con una sutura gruesa, de forma que englobe la mayor cantidad de tejido posible en cada punto, así las fuerzas de tracción estarán disminuidas por estos puntos y ejercidas en una zona distante de la incisión.

Pequeños detalles cuando realizamos esta técnica son:

- 1- Llevarla a cabo con suturas monofilamento lo más gruesas posibles.
- 2- Anudarlas alternando el lado, para evitar discretas deformidades en la piel.
- 3- Anudar con ayuda de pinzas, dado que al ser de gran grosor y monofilamento, el azocado de los nudos es en ocasiones difícil.
- 4- No poner grapas en los dos tres milímetros superiores o inferiores, para no incrementar la isquemia que produce la sutura ya de por si.
- 5- No apretar en exceso la sutura; su finalidad no es aproximar los bordes, sino disminuir la tensión sobre éstos.

1.4.3. - POSTOPERATORIO

En lo que a cuidados de la herida se refiere la finalidad es que se mantenga **limpia, seca, sin tensión y cubierta con materiales transpirables**; para ello:

- Instruiremos al enfermo para que se duche todos los días, enjabonando la herida en la misma dirección que esta, secándose con una toalla sin frotar, para después aplicar povidona iodada o clorhexidina, procurando que esté totalmente seca antes de cubrirla con el apósito, evitando así su maceración. Están contraindicadas todo tipo de cremas durante las dos primeras semanas.
- Usar gasas de algodón sujetas con esparadrappo de papel, menos agresivo que el de tela, evitando los apósitos sintéticos, para mejorar su transpiración.
- En las mujeres con grandes mamas utilizamos de forma rutinaria el sujetador, preferentemente modelos destinados para el deporte ya que aportan una sujeción mayor de las mamas, no tienen soportes metálicos y son de algodón. Se usará incluso durante la noche, cuando la tracción sobre la herida puede ser incluso mayor, al desplazarse el peso de los pechos de forma lateral, mientras que durante el día es paralela a la herida.
- Usar ropas que transpiren, preferentemente de algodón.

Referente a la clásica faja de contención, sólo la usamos como terapia ante una dehiscencia parcial, ya que los inconvenientes como método profiláctico creemos que superan sus ventajas, debido a que:

- Están hechas de un material sintético, por lo que dificultan la transpiración y por tanto facilitan la sudoración y la maceración de la herida.
- Para ejercer una contención eficaz, es necesario ajustarlas mucho, con lo que comprometen la mecánica respiratoria y facilita la formación de atelectasias e infecciones, provocando tos y por tanto, estrés sobre la herida.
- Dado que en nuestra población el fenotipo más frecuente es bajo y obeso, con un perímetro abdominal superior al torácico, al ejercer presión sobre el tórax también lo hará sobre el abdomen en mayor grado, haciendo que el contenido de ésta se comprima y eleve el diafragma, dificultando la función respiratoria.

Por todo ello creemos más eficaz las siguientes medidas que llevaremos a la práctica con gran insistencia sobre los enfermos, informando a sus familiares a los que les hicimos memorizar con la regla nemotécnica de A, B, C, D, E:

- **(A) Agarrarse**: de forma que al toser, sujeten la mitad inferior de la parrilla costal con las palmas de la mano, haciendo que cada mano soporte las costillas de ese mismo lado. Tradicionalmente se les indicaba que cruzaran los brazos para realizar esta maniobra, pero en nuestra experiencia hemos observado que dado que los episodios de tos son bruscos, la forma que nosotros aconsejamos es más rápida y fácil de llevar a cabo, especialmente en mujeres con grandes mamas o personas muy obesas. Incluso en los enfermos ancianos o más comprometidos, instruimos a los familiares para que ellos mismos les sujeten el pecho mientras el enfermo tose.
- **(B) Bolitas**: Usamos el Incentivador Respiratorio, pero siempre el modelo de tres bolas, ya que el de cilindro es frustrante para el enfermo al ser necesaria una gran capacidad respiratoria para realizar los ejercicios. En los enfermos más límites o en aquellos que no utilizan correctamente el incentivador usamos una bolsa de orina a modo de globo, de forma que la inflen hasta llenarla con el menor número posible de espiraciones. Después de cada serie de repeticiones con el incentivador, obligábamos al enfermo a toser de forma programada para movilizar las secreciones y así sujetarse de la forma comentada evitando los accesos bruscos e inesperados de tos.

- (C) Comer: es habitual que desde la última comida completa que realizó el enfermo antes de intervenirse hasta que reanuda una alimentación más o menos completa transcurran más de 72 horas. Consideramos esta faceta de gran importancia durante el postoperatorio, dándoles dietas de complacencia en muchos casos, con especial cuidado en aportar fósforo, de suma importancia para la musculatura diafragmática.
- (D) Deambular: todo movimiento dificulta la osteosíntesis, pero el hecho de realizar ejercicio físico, supone un incremento en la ventilación pulmonar, más aún si tenemos en cuenta que la mayoría de nuestros enfermos presentan sobrepeso, de forma que al caminar, la función respiratoria se ve menos comprometida al no estar comprimido el diafragma. Ayuda también a que el enfermo descanse y coma mejor.
- (E) Estirado en la cama: en decúbito supino, con el fin de que la esternotomía no esté sometida a fuerzas de cizallamiento durante la noche, facilitando además la sujeción torácica ante un eventual ataque de tos nocturno, hecho nada infrecuente.

Todo lo anterior nos lleva a la conclusión que **la mayoría de las medidas están encaminadas a mejorar la función ventilatoria y por tanto disminuir los accesos de tos, situación de mayor tensión para la esternotomía y probablemente el momento durante el cual se produzcan la mayoría de las dehiscencias.**

II. HIPOTESIS DE TRABAJO

Nuestras hipótesis de trabajo se encauzaran en dos líneas como el título de esta tesis menciona: clínica y experimental.

Dentro de la primera, intentaremos averiguar los motivos que provocaron la complicación que nos atañe, con el fin de saber si dichas causas son factores de riesgo independientes o si existe alguna relación entre ellas, de forma que distingamos aquellas que pueden llegar a actuar de forma aditiva, así como las que aunque en un primer momento parezcan influir, sean simplemente factores de confusión. Para ello, haremos una recopilación de las posibles causas, que según la bibliografía pudieran existir, profundizando en aquellas que nosotros podamos actuar intraoperatoriamente, como la perfusión esternal y el tipo de cierre.

Posteriormente, analizaremos a nivel experimental el mecanismo de la dehiscencia y como actúan desde un punto de vista biomecánico las diferentes fuerzas a las que se ve sometida la esternotomía, intentando demostrar si la complicación en cuestión acaece por un fallo óseo o del material empleado en el cierre.

Finalmente analizaremos si existen diferencias, ya sea a nivel clínico o experimental, entre los diferentes cierres que habitualmente se llevan a cabo con alambres.

Resumiendo lo anterior, nuestras hipótesis o interrogantes serán:

1. ¿Cuales son las causas de la dehiscencia: aquellas que provocan un defecto de consolidación óseo o las que dan lugar a un fallo de estabilidad en el cierre?
2. ¿Actúan por igual las fuerzas en los diferentes cierres, si no es así, por qué en unos se fractura el hueso y en otros el acero?
3. ¿Existen diferencias entre las distintas técnicas de cierre que emplean alambres de acero y el descrito por nosotros a nivel clínico y/o experimental?

2.1.- Causas de dehiscencia

De todo lo comentado hasta ahora es fácil deducir que el origen de una dehiscencia es multifactorial, y aunque siempre podamos encontrar un desencadenante, un acceso de tos en la mayoría de las ocasiones, no podemos achacar esta complicación única y exclusivamente a dicha causa, ya que todo enfermo presenta un ataque de tos en algún momento, y no por ello se desencadena una dehiscencia. No obstante sabemos que existen circunstancias, en la mayoría de las ocasiones no evitables ni controlables, y además sumatorias, que debemos considerar; y aunque no sean el motivo de este trabajo, haremos un listado basado en la bibliografía, la experiencia, y la lógica, que nos ayude a la hora de recabar datos para nuestro trabajo.

Podríamos dividirlos según su etiopatogenia en:

A) Falta de estabilidad:

- Falta de sujeción por el mecanismo de cierre
 1. Fallo del material: fracturas de alambres
 2. Técnica incorrecta: alambres no tensados o mal dispuestos
- Falta de sujeción por la calidad del esternón u osteoporosis:
 1. Propias del individuo: edad, sexo, actividad, menopausia
 2. Patología asociada: nefropatía, déficit vitamina D, mala absorción
 3. Yatrógena: corticoterapia
- Complicaciones intraoperatorias:
 1. Apertura incorrecta
 2. Fracturas yatrógenas
- Excesivo movimiento o tensión sobre el cierre:
 1. Tos: patología pulmonar crónica o aguda, IECAs, ...
 2. Desorientados
 3. Enfermos poco colaboradores: maniobras de incorporación incorrectas, no sujetarse al toser, exagerada gesticulación,...
 4. Situaciones de estrés límite: caídas, masaje externo
- Características anatómicas poco favorables:
 1. Caja torácica: personas con tórax de gran diámetro, pectus carinatum
 2. Obesidad

3. Escasa masa muscular
4. Mamas de gran tamaño

B) Falta de consolidación:

- Déficit de osteogénesis:
 1. Defecto de aporte de nutrientes: malnutrición, malabsorción
 2. Defecto de perfusión arterial funcional: bajo gasto, vasoconstrictores
 3. Defecto perfusión arterial anatómico: disección de la mamaria interna, estenosis subclavia
 4. Defecto microvascular: diabetes mellitus, excesivo electrocauterio
 5. Escasa actividad osteoblástica: edad
- Dificultad en la osteogénesis:
 1. Infección local: traqueotomía, reintervención, politransfusión, tiempo quirúrgico prolongado, contaminación ...
 2. Interferencia de material extraño: cera, sellantes

C) Otros desconocidos

Como vemos la mayoría son intrínsecos al enfermo, de forma que no podremos actuar sobre ellos, únicamente nos servirán para alertarnos, aún más si cabe, de la posibilidad de dicha complicación. No obstante en nuestra mano están dos factores que si podremos modificar en la medida de lo posible:

- Información y educación al enfermo para evitar los factores que de él dependan.
- La técnica quirúrgica, incluyendo en esta la preservación de la perfusión esternal y la forma de aproximar ambas mitades esternales. Estos dos aspectos los comentaremos ahora dado que son la base de nuestra hipótesis.

2.2. - Perfusión esternal tras la cirugía

La perfusión postoperatoria del esternón merece una atención especial ya que depende en gran medida de nuestra actuación durante la cirugía y condiciona, que no determina, la dehiscencia esternal, por lo que iremos analizando su efecto junto con la técnica quirúrgica.

2.2.1. INCISIÓN Y ESTERNOTOMÍA

La propia incisión inicial de la piel y subcutáneo no va a significar un deterioro de la perfusión esternal ya que en este plano no existe tejido muscular alguno que pudiera suponer un aporte sanguíneo por colateralidad. Por el contrario, la grasa es un tejido pobremente vascularizado, que no sólo no aporta sangre, sino que es susceptible de infectarse fácilmente.

Sabemos que el plexo periostial es la base de la perfusión esternal, deteriorada por:

1. El electrobisturí anula esta red al ser cauterizada, provocando a nivel microvascular una lesión mucho mayor de lo que a nivel macroscópico podemos apreciar, *de visu* es de unos 2-3 mm. a cada lado, pero microscópicamente se extiende 2 mm. más, lo que suma un total de unos 6-10 mm.⁸
2. Al aplicar la sierra, los dientes de la hoja no producen un corte limpio, sino que desgarran los tejidos, aunque debido a la alta velocidad de serrado el resultado es similar a un corte. Esto a nivel microscópico, produce el “arrancamiento” de esos vasos, distal a la línea donde se lleva a cabo la esternotomía, con un resultado similar a lo que serían millares de mini desgarros, haciendo que el área afectada sea mucho mayor de lo que cabría esperar.
3. La aplicación de cera o nuevamente el uso del electrobisturí en la modalidad de coagulación, producirá la suma de: un defecto de perfusión, necrosis tisular, escara por quemadura y la adición de material extraño (cera).

Estos tres mecanismos, actúan además sobre la lamina externa y la interna del esternón, aunque serán mas graves en la primera, dado que en esta la utilización del electrobisturí es mayor durante el marcaje previo a la esternotomía, lesionando la mayor parte de los vasos que cruzan la línea media: los canales transversos.

Sin embargo, la esternotomía no tendrá una gran influencia sobre la perfusión esternal siempre y cuando se mantengan las mamas debido a que, como ya habíamos

comentado, la **irrigación de este es de predominio longitudinal**, i.e. el aporte sanguíneo que procede del lado contralateral a través de la línea media es mínimo en comparación con la de las zonas contiguas superior e inferior. Aún así, la capacidad de perfusión contralateral es tal, que ante una disección de la mamaria sin esternotomía, la circulación contralateral es capaz de suplir totalmente la irrigación hasta el grado de no poder discernir si la mamaria ha sido extraída.⁴⁹

El esternón, como todo hueso esponjoso, se regenera fundamentalmente a partir del periostio al carecer de endostio; sin embargo, con nuestra cauterización hemos anulado los posibles osteoblastos que en él existían, por lo que la consolidación comenzará a partir de los osteoblastos existentes en la médula, en menor número que en el periostio. De ahí la importancia de preservar la zona medular sin material extraño, como la cera, que impida a dichos osteoblastos ejercer su acción, máxime si se tiene en cuenta que gran parte de estos procederán de las células totipotenciales que el hueso tiene en su interior, motivo por el cual un hueso como el esternón, con gran cantidad de médula ósea, consolida a priori fácilmente.

Tras la apertura esternal, existirán dos circunstancias que van a condicionar la perfusión de ambas mitades: una será el hecho de que durante la CEC el enfermo y todos sus tejidos, incluido el hueso, están sometidos a una situación de bajo aporte sanguíneo, no sólo por el cambio de flujo pulsátil a continuo, sino porque la presión también será menor. Esto produce sufrimiento tisular, además de una edematización, que provocará un compromiso en la nutrición de los osteoblastos.

Todo lo anterior por sí mismo, es suficiente para poder desencadenar un defecto de la consolidación; no obstante, creemos que los factores mecánicos que lleva implícita una esternotomía son mucho más influyentes que los descritos hasta ahora.

2.2.2. DISECCIÓN DE LA ARTERIA MAMARIA INTERNA

La disección de la mamaria va a suponer el mayor problema de perfusión del esternón, especialmente en el lado en el que se lleva a cabo, pero aunque en un principio múltiples artículos lo describieran como factor de riesgo independiente para la dehiscencia, en las últimas publicaciones no se corrobora tal importancia^{23,115}. De hecho, si la perfusión esternal fuese tan dependiente de la irrigación mamaria, los enfermos en los que se disecan ambas, deberían sufrir una incidencia de dehiscencia mucho mayor, cosa que no ocurre.

La disección de la mamaria supondrá un detrimento en el aporte directo de sangre por lo que la perfusión esternal dependerá única y exclusivamente de la conservación de la circulación colateral. Es decir, si realmente no existe un aumento significativo de dehiscencia en los enfermos con extracción de ambas mamas de forma esqueletizada y, por el contrario, sí lo hay con la técnica de disección de la doble mamaria pediculada, nos hace llegar a la conclusión que más que la disección de la mamaria, influye la forma en que ésta se lleva a cabo^{23,31}. Mencionaremos las alteraciones que según la técnica empleada producimos.

En primer lugar, es importante la longitud de arteria mamaria que se disecciona, si únicamente extraemos la mamaria en la mitad de su recorrido, sólo dicha mitad del esternón será privada de su vascularización; pero no sólo esto, sino que la circulación colateral que la propia mamaria puede aportar será mayor. No obstante, esta situación es poco frecuente, salvo en casos de cirugía de revascularización coronaria mínimamente invasiva.

Si, como es lo habitual, realizamos una disección de toda la mamaria, privaremos al hemiesternón correspondiente de su fuente principal de aporte sanguíneo, de tal forma que la sangre llegará por ramas colaterales, es decir, **la perfusión dependerá de que nuestra disección sea lo más conservadora posible con estas ramas colaterales**, que aportan flujo a la red periostial, a través de las *ramas esternales anteriores y posteriores*. Las primeras serán preservadas fácilmente ya que en raras ocasiones accedemos a esta zona durante nuestra cirugía; por el contrario, las posteriores serán seguramente lesionadas. Los flujos con los que llega la sangre a estas ramas se invierten de forma que las vías para el aporte sanguíneo serán a través de⁴⁰:

1. Intercostales posteriores, de la aorta torácica desde el tercer espacio intercostal y del tronco cervicointercostal, rama de la subclavia, las tres primeras. Así mismo la arteria axilar aportará flujo a las intercostales a través de las anastomosis que presentan tanto la torácica superior como la inferior y la escapular inferior con las ya mencionadas ramas intercostales.

Dichas intercostales perfundirán el esternón por dos vías:

- Directamente, al sobrepasar la mamaria en un plano más externo, sin conexión con ella, alcanzando el esternón; es lo que denominamos *intercostal posterior persistente*.
- Indirectamente, en los casos en que rama *intercostal anterior* de la mamaria se origine junto con la rama *esternal* mediante un tronco

común, las denominadas *ramas esternal-intercostales* (recordemos fig.1.5.e). El flujo anterógrado en la intercostal anterior ahora se invierte y la sangre procede retrógradamente de la rama intercostal posterior, a la rama intercostal anterior, y a través del tronco común se perfunde la rama esternal.

2. Perforantes, de la mamaria interna destinadas a nutrir los pectorales, cuando se originan de un tronco común junto con las esternales: las *ramas esternales-perforantes*. El flujo en las perforantes se invierte, y en lugar de ser anterógrado desde la mamaria, viene retrógradamente de las anastomosis con las ramas acromiotorácicas, ramas de la axilar, hacia dichas ramas esternales.

3. Contigüidad, proveniente de:

a) *Zona periesternal*^{62,49}

- músculos como el cuadrado del esternón

- ramas pleuropericárdicas

- extremos del esternón: en el polo superior desde la horquilla esternal de las ramas, que atraviesan la unión del mango con el cuerpo; en el polo inferior la epigástrica superior y la musculofrénica, a través de las arcadas esternales. No obstante, experimentalmente se ha comprobado que, al canalizar tanto el muñón de la mamaria como el de la epigástrica, se objetivó que la mayor parte del esternón quedaba sin aporte sanguíneo.⁸

b) *Zona interna del esternón*, la propia médula ósea, muy desarrollada en dicho hueso, puede funcionar como una red interna de colateralidad; esta vía no ha sido confirmada experimentalmente, pero probablemente ejerza un gran papel, dado que la perfusión colateral que aportan las intercostales o las perforantes, lo hacen principalmente en el tercio superior, de forma que los dos tercios inferiores quedarían muy comprometidos, **pudiendo ser la propia medula, la única vía de colateralidad en esa zona.**

El promedio de ramas de la mamaria, a través de los cuales el esternón puede recibir circulación colateral es de 5.8, siendo la media de 1.02 por espacio intercostal, pudiendo ocurrir en el 25% de los hemiesternones la existencia de dos espacios intercostales contiguos sin este tipo de ramas; incluso en un 10% de los casos hasta tres espacios contiguos, los cuales se hallan normalmente en el 1/3 inferior del cuerpo esternal, estando sólo el 30% de las ramas colaterales en los 3 últimos espacios

intercostales y solo el 14% en los dos últimos⁴⁰, es decir, la zona inferior del esternón presenta una irrigación mucho más comprometida.

Todo lo anterior nos hace deducir que la disección mínima aportará grandes ventajas a la hora de conservar la perfusión colateral. Esta idea ha sido corroborada en múltiples estudios “in vivo” mediante la incidencia de complicaciones²³ y experimentalmente mediante técnicas de perfusión con Tc. Esta última mostró, hace ya casi 10 años, que la extracción pediculada de una mamaria lleva implícito un descenso de aproximadamente un 20% en la perfusión, cosa que no ocurre en la esqueletizada¹⁰⁶. En algunos trabajos experimentales en monos y cerdos con otras técnicas como la inyección de microesferas para valorar la microcirculación, este déficit era de incluso del 90%, lo cual se puede atribuir a que la disección era pediculada. Aunque relativamente concluyentes, estos trabajos han servido de soporte a la idea de que **la circulación esternal tras la disección de la mamaria depende fundamentalmente de la microcirculación**. Lógicamente hay que pensar que si la reducción de flujo en un esternón fuera del 90%, como se ha reportado en algunos trabajos, la incidencia de complicaciones esternales sería extremadamente alta. Con el perfeccionamiento de las técnicas, se empezó a apreciar que las conclusiones de aquellos primeros trabajos no podían ser correctas. De hecho en los años ‘90 Rivas¹²⁰ y col. vieron que no existía diferencia de perfusión tras 7 días, en enfermos con disección pediculada de ambas arterias mamarias mediante un “*scan tomography*”, aunque otros autores como Carrier²⁴ no coincidieron en dichas conclusiones a pesar de emplear la misma técnica.

En los últimos años, en los que la extracción de la mamaria esqueletizada se ha extendido, se han realizado más trabajos en los que mediante Tc se ha encontrado una casi nula diferencia de perfusión tras la extracción de la mamaria. No obstante, debemos tener en cuenta salvedades que más adelante comentaremos, como es el hecho de que la captación de Tc también va a depender de la capacidad osteoblástica, la cual va a aumentar tras la intervención. Por tanto, hay que diferenciar muy bien lo que es perfusión de lo que es captación de Tc, de tal forma que en trabajos llevados a cabo tras varios días de la intervención, lejos de detectar un descenso en la captación, hallan como B. Korbmacher⁷³, un aumento de hasta un 50%.

Sin embargo, los casos de disección unilateral nos sirven como referencia a la hora de comparar la vascularización de ambas mitades del esternón, ya que existen múltiples referencias previas en la literatura, que nos indican que la disección de una mamaria no implica necesariamente un descenso de la perfusión en el lado opuesto^{10,53,87}.

Por otra parte, en los casos de disección bilateral no tendremos un control, salvo la referida a otros enfermos, aunque de acuerdo con dicho autor, las diferencias seguían siendo similares: en el grupo en que no se extrajo ninguna mamaria hubo un aumento de captación en ambos lados del 55%, en los que se disecó la AMI hubo un aumento de un 58% (más acusado en el lado derecho) y en los que se disecaron ambas arterias mamarias aumentó en un 54% (muy poco más en el lado derecho).

Por último, debemos tener en cuenta que el Tc también es captado por los leucocitos, de forma que si realizamos el estudio en la fase más precoz la determinación se verá influenciada más que por la revascularización, por la inflamación y por tanto por el acúmulo de leucocitos en dicha zona, lo que nos puede llevar a conclusiones erróneas. Sin olvidarnos que a mediada que pase el tiempo, el sesgo que provocan dichos leucocitos será sustituido por la progresiva “revascularización esternal post-quirúrgica” que ocurre en el lado contralateral, siempre y cuando hayamos disecado sólo una mamaria, ya que si hemos extraído ambas volveremos al problema inicial al no poder utilizar un hemiesternón como control.

Para intentar evitar lo anterior, los últimos trabajos se llevaron a cabo mediante termografía⁴⁹, de forma que el propio sujeto puede ser su propio control incluso en el caso de disecar ambas mamarias. Si las determinaciones se realizan en las primeras horas de postoperatorio no habrá falsos positivos secundarios a la inflamación quirúrgica que aún es incipiente. El resultado obtenido fue que en la zona de extracción de la mamaria hay un descenso de la temperatura, independientemente de la técnica de disección, cosa lógica a priori; sin embargo, no hay unanimidad al respecto ya que otros autores⁷³ creen que esto sólo ocurre en los obesos y diabéticos, cosa que tampoco parece incompatible con lo anterior, ya que en dichos enfermos la perfusión esternal probablemente se vea aún más comprometida.

De igual forma A. Fokin⁴⁹, llevó a cabo otro experimento con varios casos en los que uno de los hemiesternones servía como control del otro. Utilizó cerdos a los que tras extraer ambas mamarias, inyectaba Tecnecio en la zona muscular de uno de los hemitórax, apreciando que la difusión local ejerce un importante papel, afectándose menos si la disección era poco agresiva. Por esto mismo, los enfermos en los que se preserva la circulación venosa mamaria el edema será menor y consecuentemente la difusión local no se verá afectada a pesar de la lesión linfática que lleva implícita el uso del electrobisturí.

2.2.3. CIERRE DEL ESTERNÓN

Acabaremos este apartado estudiando otra variable, casi tan importante como la técnica de disección de la mama: la disposición de los alambres, en lo que a la perfusión se refiere, ya que en el próximo capítulo abordaremos este tema desde un punto de vista biofísico.

Ya hemos comentado que los alambres provocan al pasar a través del esternón pequeñas fracturas y hemorragias, especialmente en la zona superior, donde la anchura del esternón dificulta alcanzar el espacio intercostal, sin embargo su repercusión no deja de ser muy discreta.

A partir del 2º-3º espacio intercostal, se pueden disponer los alambres en la zona periesternal, técnica ampliamente extendida, y según múltiples artículos con menor riesgo de dehiscencia; sin embargo la distancia de la mama al borde esternal es más pequeña en los primeros espacios, unos 10 mm., que en los últimos, 20 mm.

No obstante, lo que nos interesara es preservar las ramas colaterales, ya que la mama habrá sido extraída en la mayoría de los casos. Sabemos que el 44% de las ramas están a menos de 5 mm. del borde esternal, por lo que el cierre se debe realizar lo más próximo posible a este⁴⁰. En caso de que hagamos un cerclaje lo anterior será una máxima, considerando que la disposición de las ramas es bastante anárquica, es decir, aún con el máximo cuidado, el riesgo de lesionar dichas ramas es muy alto⁸.

Por último, la compresión que ejerce el alambre en la cara lateral va a comprometer la circulación, especialmente a nivel de las arcadas intercondrales, disminuyendo aún más la circulación colateral del esternón. Esto nos obligará a que, cuando realicemos la torsión de los alambres debe ser siempre la suficiente para aproximar ambas mitades, pero sin llegar a producir pequeños desgarros en el borde esternal al tensarlos.⁴⁰

De igual forma, como ya sabemos, el drenaje venoso esternal fundamentalmente se encuentra ubicado en el borde lateral, a través de las foraminas, por lo que los alambres también ejercerán un compromiso sobre él. Esto se verá magnificado al utilizar dispositivos como placas, que producen un deterioro aún mayor sobre las arcadas vasculares y el drenaje venoso.

Por el contrario, en los casos en que apliquemos la técnica de Robicsek, aunque el riesgo de lesionar las ramas esternales es mayor, la compresión lateral va a estar más distribuida al ser transmitida por los alambres a lo largo de todo el esternón.

Igualmente el dejar el pericardio cubriendo la línea media como describimos, supondrá un sobreaporte de vascularización a corto plazo, ya que dicho tejido posee una gran

actividad angioblástica, con capacidad incluso, de crear circulación colateral con el epicardio en situaciones de isquemia; es decir, el pericardio ejercerá una triple función sobre el cierre esternal:

- Tejido de defensa para infecciones profundas y por tanto evitar una posible causa de dehiscencia o mala consolidación.
- Mayor aporte sanguíneo por colateralidad.
- En caso de reintervención, será un tejido que tras la apertura llegará hasta el borde esternal facilitando la disección y la consolidación nuevamente del esternón.

2.2.4. POSTOPERATORIO

Durante el postoperatorio, el momento de mayor compromiso hemodinámico será entre las 6-12 horas, margen en el cual acaece la mayor depresión miocárdica por la contusión tras la CEC y el clampaje. Esto hará que pueda necesitar mayor aporte de inotrópicos y por tanto, de vasoconstrictores en ocasiones, haciendo que la perfusión esternal se vea deteriorada aún más. No obstante, el déficit de perfusión en estos momentos no influirá en gran medida en la consolidación, ya que ésta tardará casi un mes, por lo que el hecho de que se vea comprometida sólo durante este corto periodo de tiempo, no debiera ejercer ninguna influencia sobre la osteogénesis tardía.

Sin embargo, sí favorecerá la proliferación de microorganismos en un momento muy próximo a la colonización de éstos durante la cirugía, y en un periodo de tiempo en el que existirán multitud de catéteres, drenajes y dispositivos invasivos que aumentarán el número de bacterias tanto a nivel local, como sistémico, con la consecuente influencia a corto-medio plazo sobre el desarrollo del callo óseo, actividad muy condicionada por la contaminación o infección local.

Hemos mencionado que el periodo de tiempo con mínima perfusión en el hemiesternón en que se ha extraído la mamaria ocurre durante las cinco primeras horas⁴⁹, tras lo cual, el aporte sanguíneo ocurre fundamentalmente a través de las intercostales, sobre todo las ramas intercostales posteriores permanentes, que son las arterias cuyo flujo no requiere invertirse además de estar menos afectadas por la edematización local, la cual irá aumentando con el paso de las horas.

Posteriormente la irrigación a través de las ramas perforantes de la musculatura pectoral aumentará paulatinamente. Por último, con el paso de los días, la perfusión homolateral por colateralidad mejorará hasta aproximadamente el séptimo día³¹, a partir del cual

también el lado contralateral, en caso de que sólo hallamos diseccionado una mamaria, empezará a aportar irrigación. Lo anterior podría ser la explicación de el porqué los estudios con Tc realizados de forma precoz hayan diferencias de perfusión entre ambas mitades si se realizan en los primeros horas independientemente de la técnica de disección⁴⁹. La diferencia se minimiza a medida que pasan los primeros días aunque de forma mas favorable si es esqueletizada, para ser nula transcurridos 10-12 días, incluso apreciando un aumento de la perfusión sobre la situación basal transcurridas unas semanas⁷³.

Todo lo mencionado hasta el momento es referente a la irrigación-perfusión esternal, que no guarda relación alguna con la situación de estabilidad o consolidación de la esternotomía, aunque esta última esté fuertemente influenciada por la primera. Conviene no confundir dichos conceptos. **La consolidación es la situación en la cual se ha producido una osteogénesis correcta que da lugar a una estabilidad definitiva independientemente de otras circunstancias como infección, retirada de alambres o reoperación. La estabilidad sin embargo es la situación en que, independientemente de una osteogénesis correcta o no, existe una ausencia de movilidad de los fragmentos (hemiesternones), pudiendo deberse tanto al correcto funcionamiento del cierre que hayamos llevado a cabo, como a una completa consolidación del esternón.**

Es decir, una consolidación lleva implícita una estabilidad, pero no a la inversa. De igual forma una infección probablemente impida una correcta consolidación pero no necesariamente va unida a una inestabilidad, aunque sí puede favorecer ésta. Finalmente, toda inestabilidad dificulta la consolidación y es proclive a la infección.

2.3. Análisis mecánico del cierre esternal

Desde el momento que aproximamos el esternón con los alambres, esta osteosíntesis esta sometida a innumerables tracciones causadas por movimientos de distinta índole, algunos de ellos tan repetitivos como la propia respiración. Dichas tracciones podemos dividir las según su origen se deba a fuerzas internas, es decir, aumentos de la presión intratorácica, o externas, aquellas causadas tanto por movimientos del enfermo como por circunstancias inevitables diarias como la sedestación o el decúbito.

Antes de analizar dichas fuerzas, es necesario exponer unas nociones físicas.

2.3.1. - VECTORES DE FUERZA

Toda fuerza puede ser expresada mediante un vector que nos indica su dirección y sentido; las distintas situaciones que desencadenan una tracción sobre la pared del tórax o un aumento de la presión intratorácica, provocan una fuerza sobre la esternotomía que denominaremos **Fuerza de Tracción (FT)**, expresada mediante un vector FT, que deberá ser contrarrestada por otra fuerza que llamaremos **Fuerza de Contra-tracción (FC)** determinada por el mecanismo de cierre, alambres en este caso, y expresada por otro vector, el cual varía según el tipo de cierre que apliquemos.

Entre ambos existe un **Ángulo de Tracción-contratracción (α)** determinado por los ejes del espacio "X" e "Y", y un segundo ángulo α_2 con el tercer eje del espacio "Z".

La resultante de ambos vectores dará como resultado un nuevo vector que denominaremos **Resultante Tracción-Contra-tracción (RTC)**, en relación con el vector FT dará lugar al **Ángulo Resultante de Tracción Contra-tracción (β)**, e igualmente existirá un ángulo β_2 si tenemos en cuenta un espacio tridimensional.

El análisis de los vectores FT y FC será básico a la hora de estudiar la eficacia de los distintos tipos de cierre, debiendo tener en cuenta el ángulo que forman, ya que el vector RTC aumentará a medida que dicho ángulo se aproxime a 180° y disminuirá si nos acerquemos a los 90° .

La suma de todas las fuerzas de tracción que actúan sobre una esternotomía la denominamos **Sumatorio de Fuerzas de Tracción (SFT)**, e igualmente la resultante de todas las fuerzas de contra-tracción será el **Sumatorio de Fuerzas de Contra-tracción (SFC)**, por lo que también existirá el vector **Sumatorio de Fuerzas de Tracción-Contra-tracción (SFTC)**. (Fig. 2.1.)

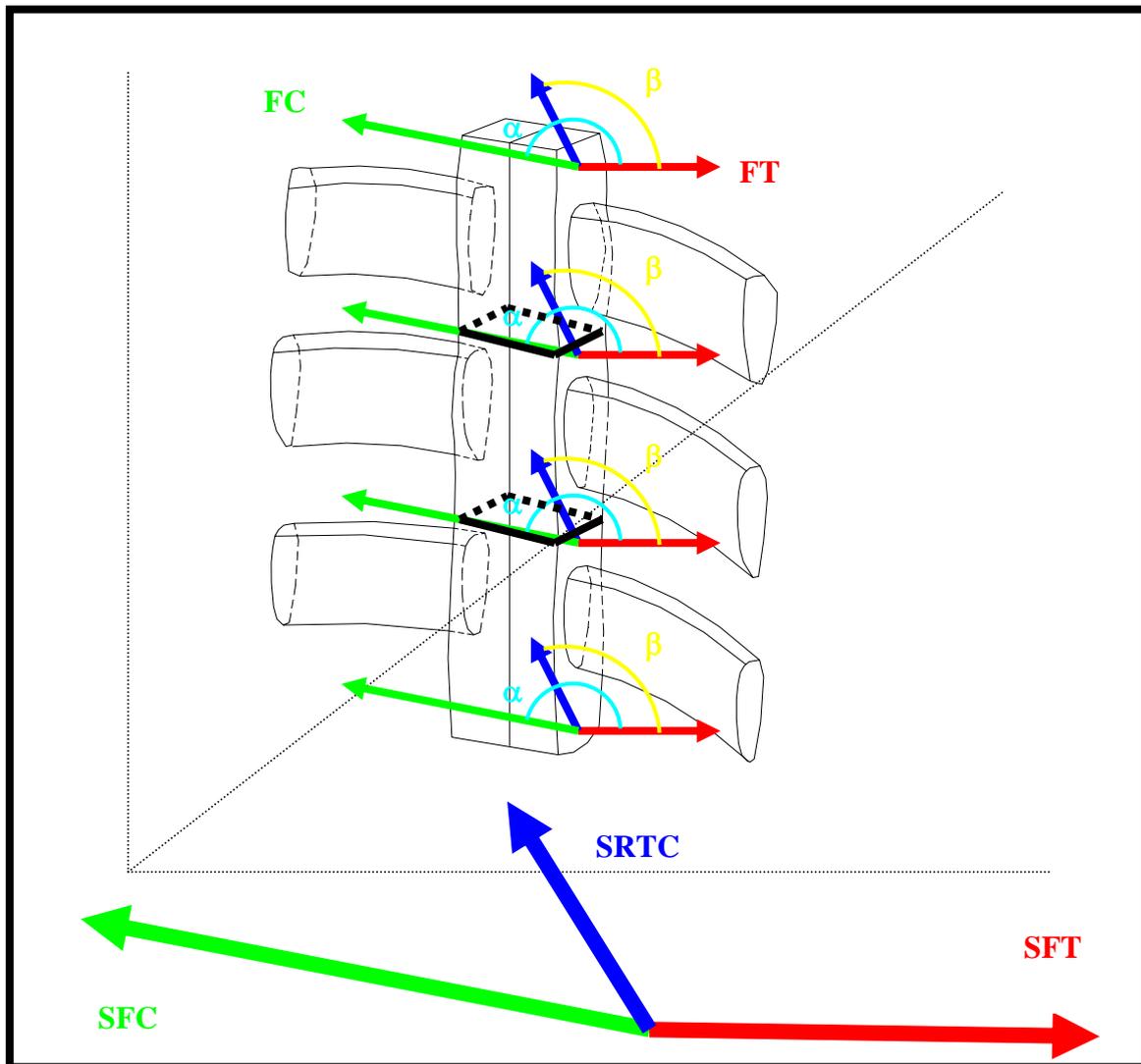


Fig. 2.1 Podemos apreciar los distintos vectores que componen el sistema de fuerzas tras el cierre: Fuerza de Tracción (FT); Fuerza de Contracción (FC); Resultante Tracción-contracción (RTC); Angulo FT-FC (α); Angulo FT-RTC (β); Sumatorio Fuerzas de Tracción (SFT); Sumatorio Fuerzas de Contracción (SFC); Sumatorio Resultante Tracción-contracción (SRTC). Aunque la imagen mostrada es tridimensional no están expresados los ángulos α_1 y β_1 respecto al tercer eje del espacio (Z).

De igual forma, el punto de donde nace el vector de la RTC, será la zona donde se aplique la intensidad de dicha fuerza, debiendo por tanto, analizar la resistencia de las dos superficies de contacto en ese área, en este caso el acero y el hueso, denominadas **Resistencia del Alambre (RA)** y **Resistencia Esternal (RE)**, requiriendo por ello estudiar la densidad y elasticidad de ambos, ya que si el vector resultante es de una intensidad superior a la resistencia de las dos estructuras interrelacionadas, se producirá la ruptura del alambre o el desgarro del esternón.

Al igual que con la tracción y contratracción definiremos el **Sumatorio de Resistencias del Alambre (SRA)** como la resistencia que ofrece el total de los alambres que unen ambos hemiesternones, **no del número de alambres utilizados como fijación, sino del número de veces que el alambre cruza la línea media de la esternotomía**, ya que en el punto de cruce de ésta será donde el alambre transmita las fuerzas entre los hemiesternones. Por último, el **Sumatorio de la Resistencia Externa (SER)** es, como su nombre indica, la resistencia que ofrece el esternón a ser seccionado por el alambre, dependiendo no de toda la superficie de contacto entre el hueso y el acero, sino sólo de la zona de hueso donde la Resultante de Tracción Contratracción actúa.

Según que el origen de la fuerza transmitida a la esternotomía sea por la tracción de la musculatura insertada en el tórax durante un movimiento, o por el aumento de presión a nivel intratorácico, distinguiremos: fuerzas extratorácicas e intratorácicas

2.3.2. - FUERZAS INTRATORÁCICAS

Definiremos estas, como aquellas que se deben a un aumento de la presión intratorácica ya sea por mecanismos fisiológicos, o no.

Dentro de las no fisiológicas, únicamente mencionaremos la respiración asistida con un ventilador, ya que, a diferencia de lo que ocurre cuando respiramos normalmente, los movimientos torácicos provocados por un respirador se deben a la insuflación del aire dentro de los pulmones, produciendo un aumento de presión en toda la vía aérea, en contra de lo que ocurre en el individuo eupneico, en el cual no existe una presión positiva que se transmite a la pared torácica, sino una presión negativa en el espacio intrapleural que expande los pulmones, producida por el aumento del tórax al contraerse la musculatura inspiratoria. Esta situación, aunque frecuente durante las primeras doce horas, apenas tiene importancia, dado que la presión será mínima, menos de 30 mm. Hg.

Dentro de las fisiológicas incluiremos fundamentalmente el habla, la defecación, la tos y el estornudo, siendo las dos últimas de máximo interés, ya que durante éstas se producirá el mayor estrés sobre el cierre esternal. A partir de este momento, sólo mencionaremos la tos, ya que el estornudo, como ya dijimos, se trata del mismo mecanismo variando únicamente el orificio de salida del aire según la posición del paladar blando. Ambas circunstancias, son situaciones en las cuales las presiones intratorácicas alcanzarán su máximo valor, más de 120 mm. Hg.

Aunque la fuerza es desmesurada, y mucho mayor de lo que en principio pudiéramos pensar, las leyes de la física jugarán a nuestro favor, dado que al tratarse de una presión intratorácica, ésta se va a transmitir con igual fuerza en todos los puntos de la caja, lo cual hará que zonas como las uniones condrocostales, sumamente elásticas, incluso huesos como las costillas, amortigüen en gran parte la transmisión de dicha tensión sobre las mitades esternales.

La fuerza ejercida dentro del tórax, y por tanto la transmitida a la esternotomía durante el aumento de la presión intratorácica vendrá expresada por el modelo de Casha²⁵, el cual dictamina que la tensión ejercida sobre la pared es directamente proporcional a la presión que existe en su interior, al radio de la misma y a su longitud.

$$T = r \cdot L \cdot P$$

La presión intratorácica será uniforme, ya que está ejercida dentro de un gran sistema de ramificaciones como lo es la vía respiratoria (bronquios, bronquiolos y alvéolos); esto hará que, según la ley de Pascal, la presión se transmita al unísono en todo el pulmón, como si un inmenso sistema de vasos comunicantes se tratara, y por tanto al espacio intrapleurales y a la pared torácica. **Es decir, P es igual en toda la pared torácica.**

Sin embargo existe una condición que va a modificar lo anterior: los espacios intercostales están fundamentalmente compuestos por fascia, músculo y grasa, es decir tejidos mucho más distensibles que el hueso, por lo que los primeros podrán amortiguar la presión. La tensión que a nosotros nos interesa se ejerce fundamentalmente sobre las costillas, el componente más rígido de la pared torácica, y por tanto el que transmite la presión al esternón.

Todas las costillas presentan cierta rotación que ayuda a aumentar su longitud en la inspiración, y de igual forma a amortiguar parcialmente la tensión durante la tos. Además, al disponerse de forma radial, especialmente en la zona inferior, hacen que el plano de transmisión no sea transversal al eje mayor del tórax, sino oblicuo.

Si dividiéramos en planos transversales el tórax, la tensión vendría determinada sólo por el radio y la presión, de forma que en la zona inferior donde el radio es mayor, también lo sería la tensión (fig. 2.2.).

De esto, se concluye que la tensión a la que está sometida la porción inferior de la esternotomía es mucho mayor que en el resto del tórax. Esto se ve magnificado, si tenemos en cuenta que en el tercio inferior del esternón se insertan la mitad de las costillas, lo que contribuye a que esta zona sufra aún más tensión. En otras palabras, **el**

tercio inferior externo soporta la tensión de más de dos tercios de la cavidad torácica. Esto será una consideración **fundamental** de nuestro estudio.

Lo anteriormente expuesto, junto al hecho de que la tos es el momento de máxima tensión, nos ayuda a entender el porqué la mayoría de las dehiscencias se producen durante los accesos de tos, y en la zona mencionada: el tercio inferior.

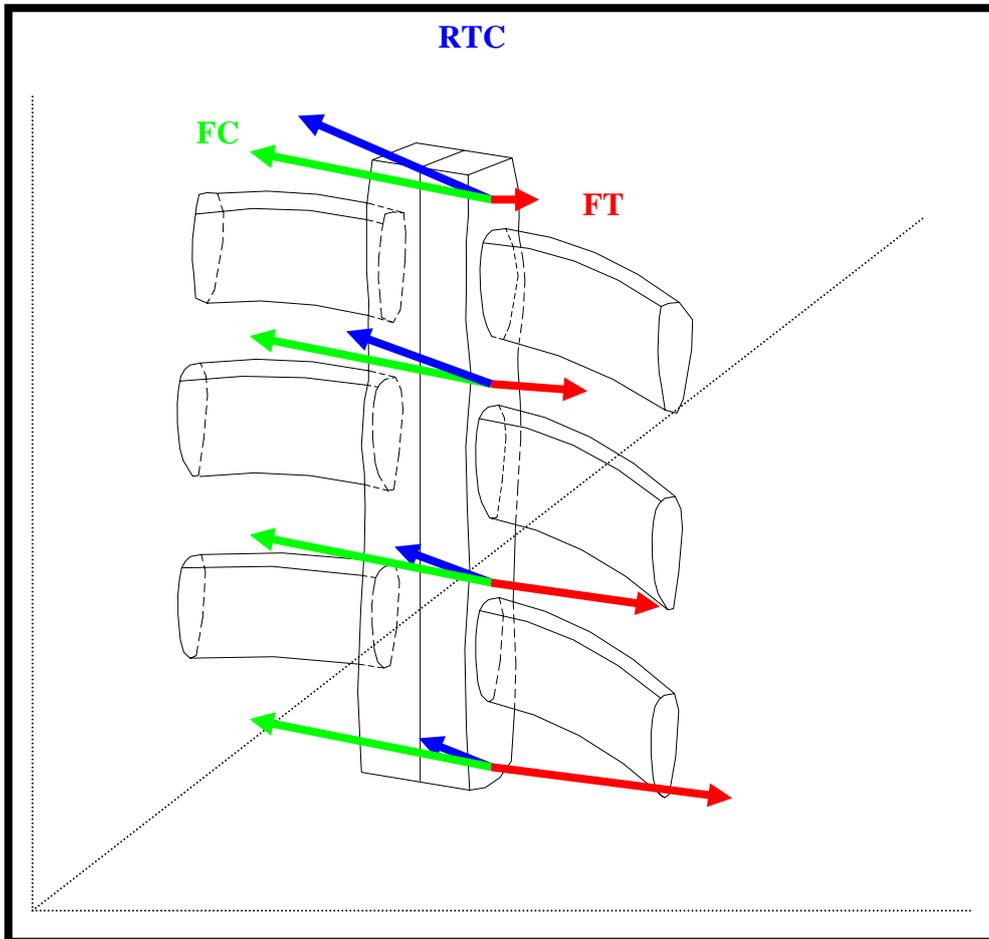


Fig. 2.2. En la zona externa inferior la FT se incrementa debido al aumento del diámetro costal, mientras que la FCT se mantiene constante, siendo por tanto la RTC menor, y mayor el riesgo de dehiscencia.

2.3.2.1.- Tensión sobre la esternotomía en los distintos cierres

Haremos una valoración teórica de los cierres dentro del apartado de las presiones intratorácicas, ya que éstas, a diferencia de las extratorácicas, se ejercerán de forma uniforme y simétrica.

Habitualmente consideramos que la tracción sobre los hemiesternones ya aproximados se produce de forma que ambas mitades se separen de forma lateral. Sin embargo, en una representación gráfica de las fuerzas ejercidas durante la tos se comprueba que éstas no presentan dicha dirección en el espacio. Si la presión es ejercida intratorácicamente,

la fuerza se transmite de forma radial en todas las direcciones, o dicho de otra forma, la línea media de la esternotomía no tiende a separarse porque se ejerce una fuerza con dirección lateral y sentido opuesto en ambas mitades esternales, sino que la presión interna expande la cavidad torácica en sentido radial desde un eje imaginario del tórax. Dado que las costillas están ancladas en la columna, los hemiesternones se desplazarán con una dirección oblicua al plano de la superficie esternal. Esto origina que la lámina externa del esternón se separe más que la interna, es decir, **más que separarse las dos mitades del esternón, lo que aparece es un movimiento de apertura “tipo bisagra”, cuyo radio está situado en la columna vertebral, punto de apoyo de las costillas (Fig. 2.3).** No obstante, al tratarse el esternón de un hueso de un grosor aproximado de 10-20 mm., las diferencias serán inapreciables *de visu*.

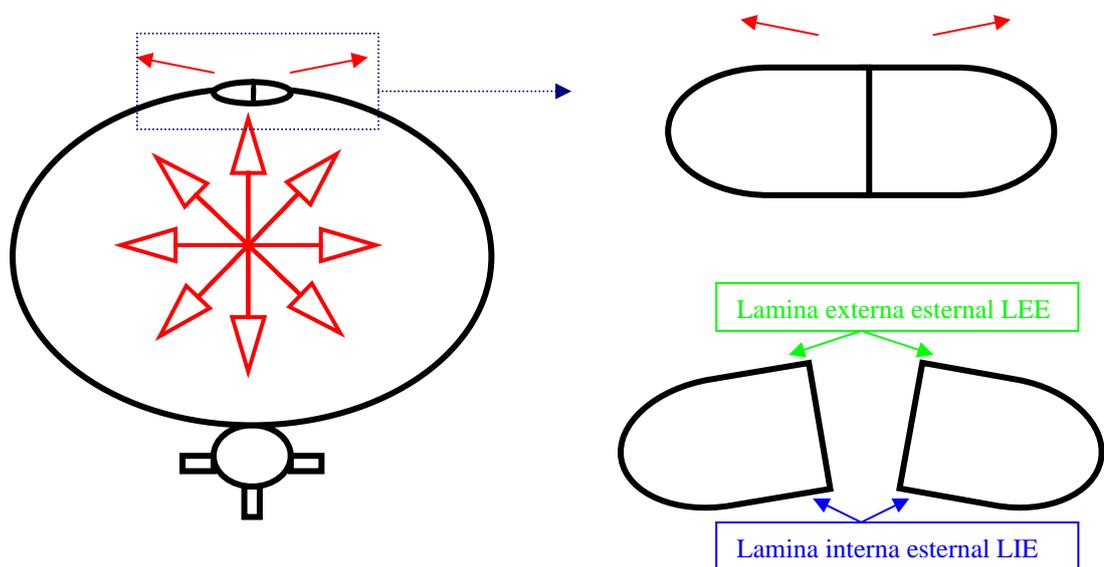


Fig. 2.3. Apreciamos como la presión intratorácica se transmite sobre la esternotomía de forma que el vector no produce un desplazamiento lateral de ésta si no un movimiento de expansión de todo el tórax y de “apertura” sobre la esternotomía, separándose más la lamina externa(LEE), que la interna (LIE).

A pesar de la aparente poca importancia de éstas fuerzas, lo serán en el momento que consolidemos la esternotomía con alambres de acero, haciendo que el vector fuerza de tracción (FT) en cada hemiesternón, sea ligeramente oblicuo a la cara anterior esternal alejándose de la esternotomía y de mayor intensidad en la porción inferior del esternón; y aunque el ángulo del vector tracción-contratracción varía, **nunca llega a producirse un movimiento puro de separación lateral con presiones intratorácicas.** Esto último es fácil de comprobar en aquellas situaciones desgraciadas en las que, además de una dehiscencia, el enfermo presenta una apertura del plano superficial, ya

que podremos objetivar que aunque durante la respiración la separación de ambos bordes es similar, al hablar o toser la separación es mucho mayor en el tercio inferior. Si aunamos este último concepto con el anterior, deducimos que **la superficie de contacto sobre la que el alambre ejerce mayor tensión será la zona donde éste está en contacto con la zona del esternón donde nace el vector de la Resultante Tracción-Contraetracción**. Es decir, no toda la superficie del esternón en contacto con el alambre está sometida a igual fuerza de tracción-contratracción. La intensidad de esta resultante dependerá además del ángulo en el que interactúen las fuerzas de tracción y contratracción de forma que, cuanto más se aproximen a 180° mayor será la tensión sobre ese punto, debiendo siempre considerar este ángulo en un sistema tridimensional. Esta conformación de tracción del hueso y contratracción de los alambres, ocurre en el supuesto de que la aproximación de ambos hemiesternones se lleve a cabo con el cierre conocido como “simple”, es decir, cada alambre realiza un sola pasada en ambas mitades. Así el vector FT y FC tienen un ángulo cercano a 180° , con lo que la fuerza de penetración o rasgado sobre el hueso es mayor. (Fig. 2.4.), actuando esta sobre la superficie lateral del esternón, lo que llamaremos superficie esternal a tensión (SET).

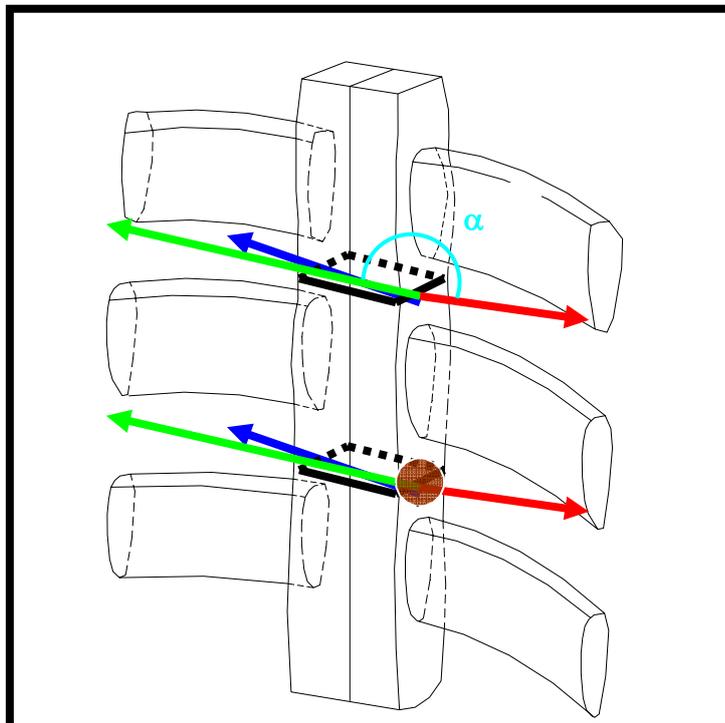


Fig. 2.4. El ángulo α de los vectores FT(rojo) y FC(verde) es casi 180° siendo mayor la tensión ejercida sobre el hueso y por tanto la capacidad de penetración o rasgado sobre este, la superficie esternal a tensión se ubica en la cara lateral de este (marrón). No expresamos el ángulo β dado que es similar al α .

En el caso de que el mismo alambre realice dos pasadas, como ocurre en el cierre conocido como “en X” o “en 8”, la contratracción se realizará en una tercera dimensión, ya que las fuerzas de cada nivel donde el alambre abraza a las dos mitades del esternón, estarán interrelacionadas; en estos casos será cuando juegan un papel más importante el tercer eje del espacio y por tanto los ángulos de tracción contra-tracción α_2 y el de la resultante tracción contra-tracción β_2 . (Fig. 2.5.)

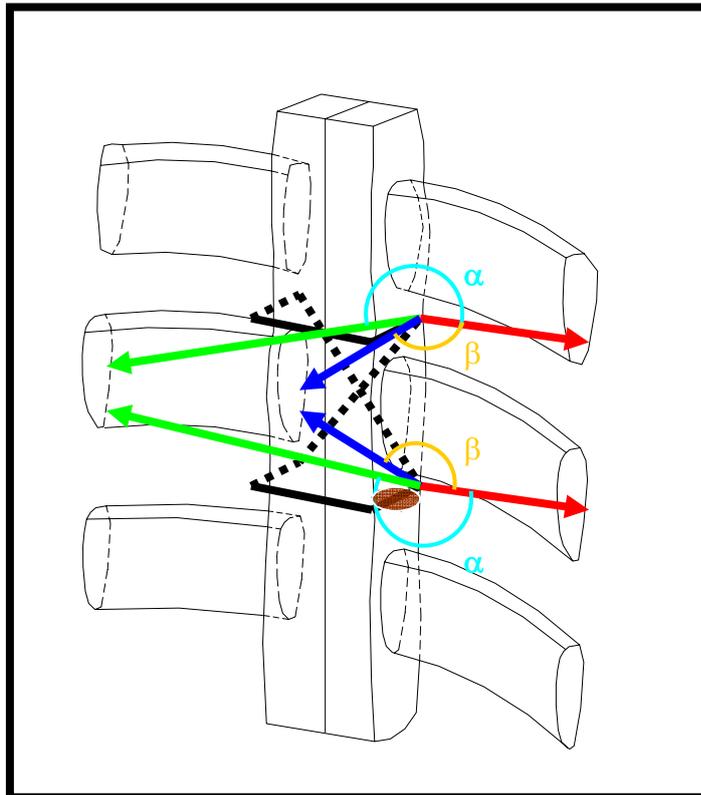


Fig. 2.5. Véase como en el cierre en “X” o en “8”, la FC(verde) y por tanto la RTC(azul) se encuentran desplazadas hacia donde se cruza el alambre, por lo que el ángulo β (amarillo) será menor que en el cierre simple además de existir un ángulo β_2 al relacionarse dos “vueltas” al esternón con un mismo alambre (este vector no está representado para simplificar el gráfico). Destacar como en el mismo alambre existen dos RTC a nivel de cada “pasada” alrededor del esternón con igual ángulo pero distinta dirección, ya que los vectores FC también tienden a dirigirse hacia donde el alambre se cruza, mientras que los vectores FT(rojo) son similares. Observar que la superficie esternal a tensión es la misma que en el cierre simple.

La zona de máximo estrés sobre el esternón será la misma en cualquier situación para un mismo tipo de cierre; es decir, **las mismas fuerzas actuarán de forma repetitiva sobre la misma porción de hueso (aunque no con igual intensidad)**, produciendo un desgaste de éste que facilita aún más su desgarramiento o fractura. Esto nos

explica el mecanismo básico de la mayor parte de las dehiscencias: la fractura esternal por fatiga del hueso al ser sujeto por los alambres que soportan las tensiones ejercidas sobre ambos hemiesternones. Dado que el acero es un material rígido y menos elástico que el esternón, se acabará rasgando éste, mientras que el alambre se mantendrá intacto en la mayoría de las ocasiones.

Según lo anterior, si los vectores de tracción-contracción se encuentran en un mismo plano y con un ángulo cercano a 180°, la tensión en el punto que confluyen será mayor, concepto que *a priori* nos desaconsejaría la disposición simple de los alambres, ya que como hemos visto en la figura 2.4. la tensión sobre el hueso es mayor, mientras que en el cierre en 8, la repartición de fuerzas sobre el hueso se lleva a cabo en tres dimensiones con ángulos menores. Por tanto, la resultante tracción-contracción tendrá menor intensidad y el riesgo de desgarro disminuye, aunque como hemos dicho la superficie esternal a tensión es la misma.

Es decir, nuestra finalidad será intentar aplicar un cierre en el cual las fuerzas se transmitan al esternón de forma que puedan amortiguarse lo mejor posible, mediante un sistema que permita una elasticidad limitada y un aumento de la superficie de contacto entre hueso y acero sobre la que se ejerce la tensión, independientemente de la rapidez con que se instaure dicha tensión.

Explicaremos mejor esto último. La tensión ejercida sobre la pared torácica no sólo depende de la fuerza o presión, sino de otra variable la cual va a magnificar la situación de estrés: el tiempo en el que se ejerce dicha fuerza. La tos es un reflejo cuya base física no sólo es un aumento de presión intratorácica, sino que este aumento es brusco, seguido igualmente, de una rápida disminución de presión al abrirse las cuerdas vocales.

Todo ello trae como consecuencia una situación en la que la transmisión o repartición de las fuerzas en el complejo esternón-alambres es difícil. Se puede explicar con un experimento simple: si atamos una cuerda a un sistema fijo y ejercemos una tracción brusca en su extremo opuesto, superior a su resistencia, la cuerda se romperá en la mayoría de las ocasiones en el punto donde se ancla al sistema inmóvil. Si por el contrario dicha tracción la ejercemos lentamente, permitiremos que la fuerza de tracción se distribuya de forma uniforme a lo largo de toda la cuerda, de forma que ésta se romperá en su punto más débil, pero no necesariamente donde se encontraba anclada, y de esta forma soportará una fuerza superior que si se estableciera bruscamente.

Por consiguiente, si una tensión se instaura lentamente, permite que las fuerzas se distribuyan a lo largo de todo el sistema; por el contrario, si se ejerce en un corto intervalo de tiempo dicha transmisión será mucho más difícil, tolerando fuerzas de menor intensidad.

Aplicando lo anterior al cierre esternal, deducimos que dado que la tos es un aumento de presión brusco y que la fuerza es elevada, la transmisión de la tensión a todo el sistema de cierre es complicada, más aún teniendo en cuenta que la capacidad de amortiguación por parte de un material como el acero será mínima.

Según lo mencionado, parecería lógico que el material de osteosíntesis a usar para la aproximación de ambos hemiesternones debiera ser elástico, de forma que este amortiguara las fuerzas y así no fracturar el esternón. Sin embargo, ese supuesto material, ante tensiones de menor intensidad, también tendría cierta capacidad de distensión, no aportando una de las principales condiciones para una correcta osificación: la inmovilidad.

De todo lo dicho anteriormente se llega a la conclusión de que el material que utilicemos para la aproximación de la esternotomía debe ser **suficientemente rígido para permitir la inmovilización, pero con una discreta elasticidad para que a tensiones elevadas confiera cierta deformidad al sistema**, y así el hueso no se vea sometido a una fuerza tal que lo desgare.

No obstante, dicha combinación, dado el margen de fuerzas en el que nos movemos (desde 30-40 N durante la respiración asistida, hasta 1200 N durante la tos), limita bastante el tipo de materiales a utilizar. Debemos decantarnos siempre hacia la máxima estabilidad posible, aún a costa del inconveniente mencionado, ya que de no ser así, aunque el esternón no llegara a romperse nunca por la elasticidad del material utilizado, serviría de poco si no logramos una estabilidad que permita una correcta osificación.

Por todo ello, las dos alternativas son:

- Un sistema de osteosíntesis con capacidad elástica a elevadas tensiones pero que aporte inmovilidad a bajas cargas
- Una disposición de los alambres que permita:
 - o Vectores resultantes de tracción contra-tracción con un valor lo más pequeño posible
 - o Mayor superficie de contacto en la zona de tracción contra-tracción

- Transmisión de fuerzas rápida

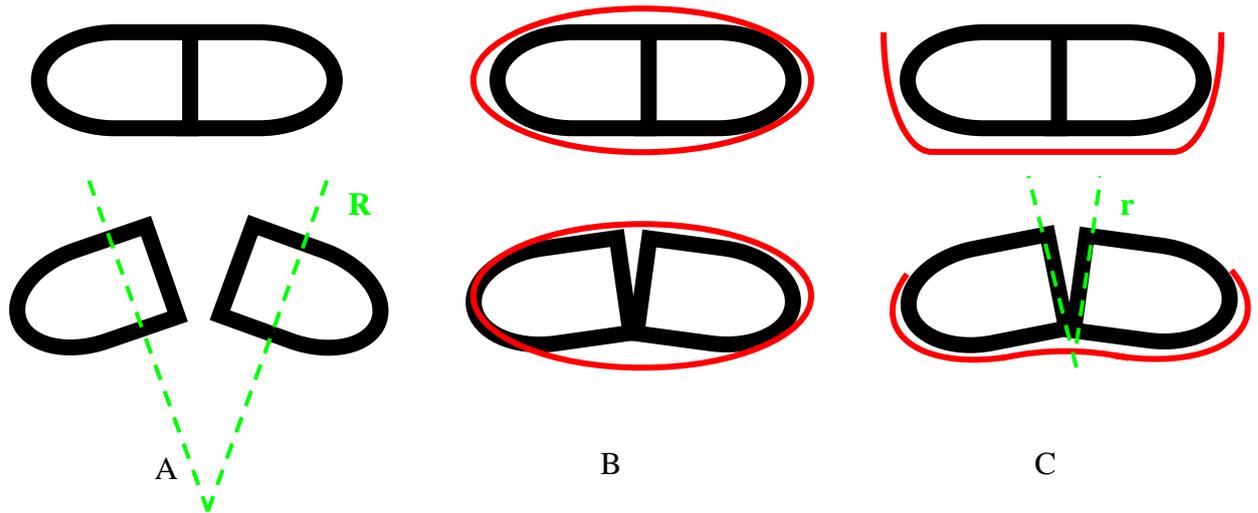
2.3.2.2. Ventajas del cierre pericondral lateral

Todo lo expuesto hasta ahora ha dado origen a la disposición de los alambres con la técnica que denominamos cierre pericondral lateral cuya técnica describiremos detalladamente más adelante. En él concurren tres circunstancias que intentarán compensar los problemas anteriormente descritos:

1.) En primer lugar, el mecanismo ya explicado de cómo se desplaza la esternotomía de forma radial, ante las presiones intratorácicas, que hará separarse los hemiesternones mediante un movimiento de apertura en forma de “bisagra”, separándose más la lámina externa que la interna. En este cierre, los alambres cruzan la línea media sólo en la cara posterior, la cual se encuentra más próxima al centro del tórax y a la columna vertebral, permitiendo una separación mayor en la lámina externa que en la interna, sin que por ello exista un aumento del estrés sobre la superficie esternal en que se apoya el alambre, es decir, será un cierre que tolera movimientos mínimos bajo situaciones de elevada presión, ya que el radio de apertura de ambas laminas del tórax (R), es mayor que el radio de apertura del alambre (r). (Fig. 2.6.)

Fig. 2.6. Respuesta de ambos hemiesternones ante una presión intratorácica en distintas situaciones:

A) Hemiesternones sin ningún tipo de fijación: apertura no limitada con, el origen del radio R de separación situado en la columna vertebral; B) Cierre simple o en X, no hay capacidad de apertura, y si esta ocurriera sería a costa de que el alambre penetre en el hueso; C) Cierre pericondral lateral: el alambre se deforma permitiendo cierta apertura de la esternotomía sin que el acero rasgue el hueso con el origen del radio r en la zona donde el alambre cruza la línea media.



2. Dado que el cerclaje se ha realizado con alambres de acero, y que éste presenta una escasa elasticidad, ante tensiones pequeñas, el desplazamiento de la esternotomía será mínimo.

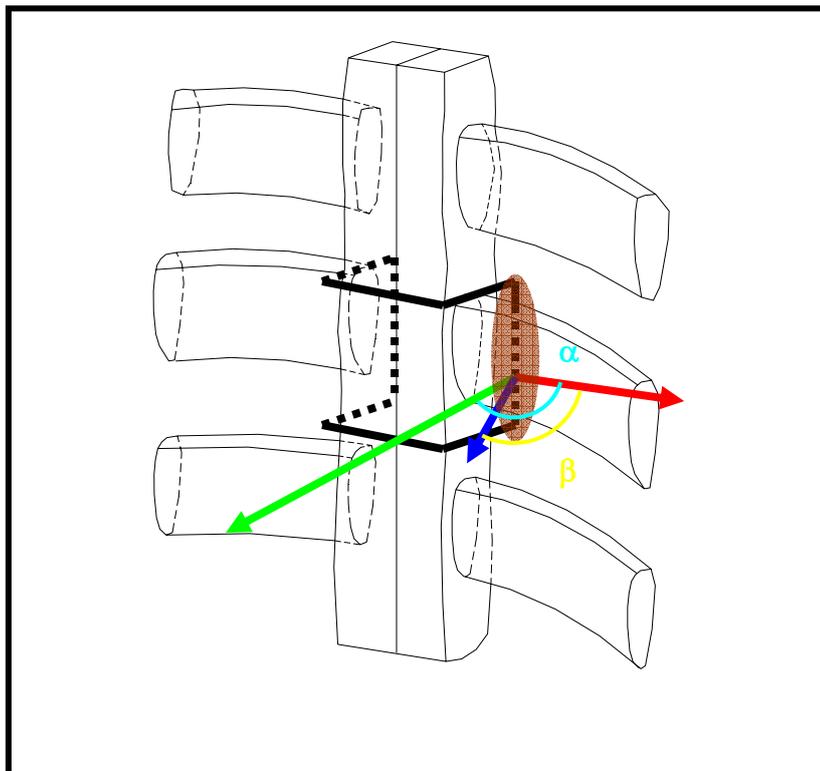


Fig. 2.7 Obsérvese como la superficie esternal a tensión es diferente del cierre simple y en “X”, ya que esta se encuentra en la cara anterior del cartílago condrocostal (zona marrón). La RTC nace en una zona con mayor superficie de contacto esternón-alambre y con una dirección más perpendicular a la FT, el

ángulo α se aproxima a los 90° , dando lugar a una RTC de menor intensidad, con la disminución de la capacidad de penetración en el hueso, ya que el ángulo β es también próximo a los 90° .

3.) Por el contrario toda la tracción-contracción se ejercerá sobre la porción de alambre paralela a la esternotomía, siendo su superficie de contacto muy amplia (zona amarilla de la fig. 2.7.), ya que se apoya sobre la articulación esternocostal o el cartílago condrocostal, esto traerá como consecuencia unas situaciones que favorecerán enormemente la transmisión de fuerzas, a saber:

- Los vectores de tracción y contracción en la superficie de contacto entre el esternón y el alambre tendrán direcciones con ángulos cercanos a los 90° por lo que la resultante tracción-contracción disminuirá, situación que dificulta el desgarro esternal, al contrario de como ocurre en el cierre simple.
- La superficie de contacto será mucho mayor, por lo que dado que la capacidad de penetración es inversamente proporcional a esta, el hueso tendrá menos posibilidades de ser fracturado.
- La superficie sobre la que se apoya el alambre con el máximo estrés es el cartílago condrocostal, tejido más elástico que el hueso y por tanto más difícil de fracturar, a esto podríamos añadir el hecho de que es una zona donde se encuentran los ligamentos que unen la articulación condrocostal, los cuales, como ya sabemos, presentan una enorme resistencia y elasticidad.
- Por último, al no realizarse apenas tracción sobre el espacio intercostal a nivel del esternón, en las arcadas intercostales, la circulación de dicha zona se verá más preservada, facilitando la capacidad de osteogénesis de la esternotomía.

2.3.2.3. Inconvenientes del cierre pericondral lateral

Sin embargo, aunque a priori pudiéramos deducir que este cierre goza de grandes ventajas, también encontramos ciertos inconvenientes:

1.) Cada situación de gran presión, provoca una pequeña apertura en la lamina externa respecto a la interna, lo cual conlleva que el alambre en la zona donde cruza la línea media tras atravesar el espacio intercostal y dirigirse al lado opuesto sufra cierto grado de flexión y por tanto de fatiga. No obstante dado que el desplazamiento es mínimo, que este ocurrirá sólo en los momentos de máxima presión intratorácica, y que

además dicha flexión incide en una porción del alambre, no en un punto, conduce a que el riesgo de ruptura del alambre por fatiga en esa zona sea bajo.

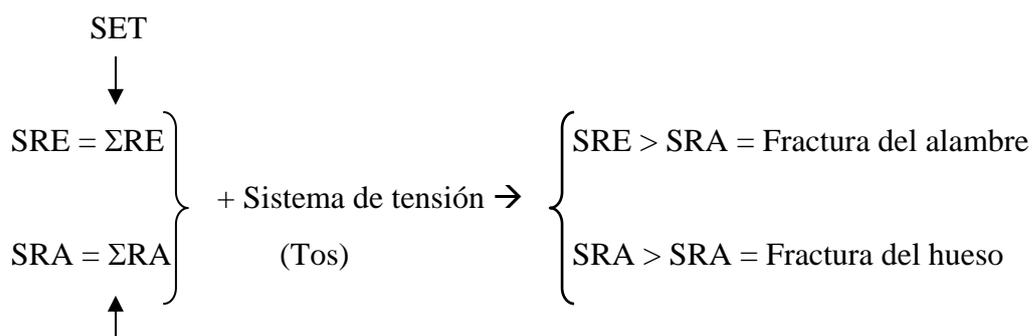
2.) El número de alambres que atraviesan la línea media es inferior al de los cierres habituales, por lo que la tensión a la que se verá sometido cada alambre en esa porción es superior.

Explicaremos esto con un ejemplo práctico: el cierre habitual consiste en seis alambres simples, imaginemos que sometemos al sistema a una fuerza intratorácica de 1200N (un episodio de tos), cada uno de los alambres cruza la línea media de la esternotomía tanto en la cara externa como en la interna; es decir, existen un total de doce puntos donde los alambres cruzan la línea media y unen ambos hemiesternones, o lo que es igual, doce **Puntos de Transmisión de Fuerzas (PTF)** entre hemiesternones.

Si dividimos la Fuerza de Separación de la Esternotomía o Sumatorio de las Fuerzas de Tracción (SFT), entre el número de puntos donde los alambres cruzan al otro lado corresponderá a un valor que llamaremos **Tensión de Separación por Alambre (TSA)**, la cual en el caso del cierre simple es $SFT/12$. Dicha TSA debe ser menor que la **Resistencia por Alambre (RA)**, ya que de no ser así, éste se rompería.

De igual forma, cada alambre en el caso del cierre simple, se apoyará en dos zonas, una de cada hemiesternón, existiendo una **Resistencia Externa (RE)** o la resistencia que el hueso ofrece a ser rasgado, el total de estas dan el **Sumatorio de Resistencia Externa (SRE o ΣRE)**. Cada zona donde se aplica la tensión sobre él la llamaremos **Superficie Externa a Tensión (SET)**.

Dado que el **Sumatorio de la Resistencia de los Alambres (SRA o ΣRA)** a su ruptura es la suma de cada uno de ellos, en el caso de seis alambres simples es de $RA \times 12$ (fig. 2.8. A), el total es muy superior al Sumatorio de Resistencia Externa, esto es: **el riesgo de fractura de los alambres es bajo en comparación con el de que se rasgue el esternón.**



PTF

Fig. 2.9. El SER (sumatorio resistencia del esternón) es directamente proporcional a la SET (superficie esternal a tensión). El SRA (sumatorio resistencia del alambre) es directamente proporcional al número de PTF (puntos de transmisión de fuerzas). Dependiendo cual de los dos sea superior ante una tensión, dará lugar a la ruptura del alambre o la fractura del hueso.

Por otro lado, si aumentamos el número de alambres, el sumatorio de resistencia de los alambres aumenta, pero también lo hace la superficie de contacto entre estos y el esternón, haciendo que la tensión que se aplica sobre cada alambre sea menor e igualmente su capacidad de rasgado o penetración en el hueso. No olvidar que el sumatorio de la resistencia de los alambres, sigue superando con mucho el sumatorio de la resistencia del esternón, lo que explica que en las dehiscencias habitualmente se deba al rasgado del hueso más que a la ruptura de los alambres.

Es decir, el riesgo de ruptura de un esternón es directamente proporcional a la tensión ejercida sobre cada alambre e inversamente proporcional al número de alambres sobre los que se aplique dicha tensión. Por el contrario el riesgo de fractura de un alambre es directamente proporcional a la resistencia esternal e inversamente proporcional al número de alambres que cruzan la línea media.

Todo lo dicho se puede aplicar al cierre en 8: cada alambre cruza el esternón en 4 localizaciones, dos en la anterior, y dos en la posterior, es decir, el cierre habitual en 8 llevado a cabo con 3 alambres hace que existan 12 porciones de alambre que cruzan la línea media, cuatro por cada alambre, por lo que existe bastante similitud entre el cierre simple con seis alambres y el cierre en 8 con tres alambres en lo que a superficies de apoyo entre alambre y esternón y riesgo de fractura se refiere, así como la tensión que debe soportar cada alambre que cruza la línea media.(fig.2.8. B)

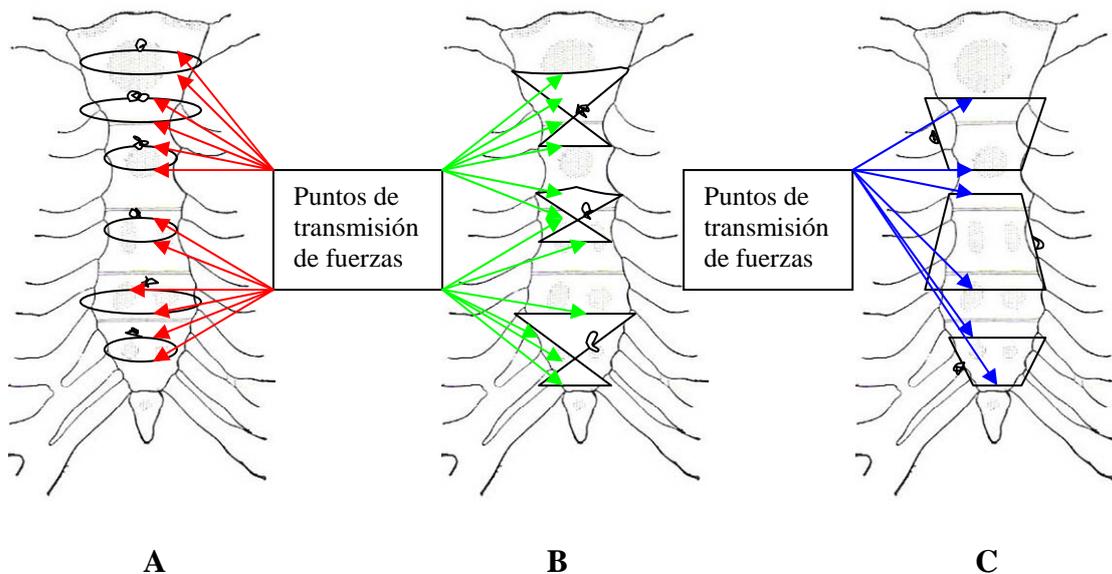


Fig. 2.8. Puntos de transmisión de fuerzas (PTF) según el tipo de cierre: En el cierre simple (A) seis alambres cruzan a línea media en doce puntos (flechas rojas), dos por cada alambre, uno en la cara anterior y otro en la posterior. En el cierre en X (B) tres alambres cruzan la línea media también en doce puntos (flechas verdes), cuatro por alambre, dos en la cara posterior de forma horizontal y dos en la cara anterior en oblicuo. En el pericondral lateral (C) tres alambres cruzan la línea media en seis puntos (flechas azules), dos por cada alambre, ambos en la cara posterior.

Por el contrario, en el cierre que nosotros describimos realizado con tres alambres, cada uno de ellos cruza la línea media sólo en dos ocasiones en la cara interna, es decir, un total de seis alambres deberán repartirse el sumatorio de las resultantes de tracción existentes tras el cierre. De esto nos es fácil deducir que el riesgo de fractura de los alambres será el doble que los anteriores, lo cual será el segundo problema al que nos enfrentaremos con el cierre que nos atañe.

Concluiremos tras el ejemplo anterior que el aplicar las diferentes técnicas con la disposición y número de alambres descritos: seis en el simple, tres en el 8 y tres en el pericondral lateral, la tensión a la que se someten dichos alambres es superior en el último cierre en comparación con los dos restantes, sin embargo la superficie de contacto también es mayor.

Con todo lo dicho, **nos veremos en la necesidad de utilizar más alambres en los dos primeros casos (cierre simple y cierre en 8) con el fin de aumentar la superficie de contacto para mejorar o repartir la tensión sobre el esternón. Por el**

contrario en el cierre pericondral lo haremos para disminuir la tensión por alambre.

Sin embargo, no debemos olvidar que ambos fines se consiguen al unísono, con la diferencia que el mayor problema de un cierre esternal es evitar el rasgado del esternón, fin que a priori estaría suplido desde un principio con el tercer cierre.

Aún en el supuesto de que consiguiéramos una relación similar entre superficie de contacto y tensión de cada alambre, entraría a jugar el papel las otras dos ventajas que aporta nuestro cierre: la tolerancia a cierto grado de apertura y la angulación de los vectores de tracción y contratracción, casi de sentido opuesto en el simple, un ángulo más abierto en el 8, y casi perpendicular en el pericondral lateral.

2.2.3. – FUERZAS EXTRATORÁDICAS

Hasta ahora hemos analizado situaciones en las que el esternón se ve sometido a fuerzas de gran intensidad, como la tos, ahora lo vamos a hacer con las de menor grado aunque no por ello menos importantes, dado que se trata de las más frecuentes, tanto como pueden serlo los movimientos respiratorios.

Para ello las dividiremos en dos tipos, aquellas que normalmente se ejercen de forma simétrica y aquellas que no.

Existen maniobras como levantar un peso, que someten a la esternotomía a tensiones superiores a las que produce la tos, pero no nos entretendremos en ellas ya que son evitables durante el postoperatorio, no así el incorporarse, caminar o comer.

2.2.3.1.- Simétricas

Cabe destacar la respiración y la fonación, ya que aparte de estas, salvo inspiraciones profundas o el bostezo, no se desarrollarán grandes tensiones simétricas sobre la esternotomía en el postoperatorio habitual.

Durante la respiración, la tensión sobre el esternón es mínima, máxime si ésta se ejecuta fundamentalmente con el diafragma ya que aumentará la cavidad torácica sobre todo en el eje axial; sin embargo con la musculatura accesoria la fuerza que se ejerce sobre la esternotomía es mayor, ya que lo hace en un eje transversal, de hay la necesidad de una correcta educación de Fisioterapia respiratoria.

Aún así, aunque realicemos inspiraciones con toda la musculatura accesoria, la tracción sobre la línea de esternotomía es escasa, no mas de 200 N. Además al tratarse de fuerzas simétricas producirían una separación similar en ambas mitades. Si a esto añadimos el

hecho de que la espiración es fundamentalmente pasiva, nos será fácil deducir la escasa relevancia de estos movimientos, aunque no despreciable dada su constante repetición. La fonación, sin embargo, será una situación más estresante para la esternotomía, ya que para ello deberá existir una oclusión de las cuerdas vocales en algunos momentos, por lo que dicha acción podría englobarse más dentro de las fuerzas intratorácicas; sin embargo, dado que se realiza a la vez que la respiración, es comentada en este apartado. Como hemos dicho, el cierre de la glotis provoca un aumento de presión, de forma muy similar a la tos pero en menor grado, por lo que nuevamente la presión intratorácica aumentará y las fuerzas sobre la esternotomía serán de expansión o apertura, especialmente en el tercio inferior, como ya sabemos.

2.2.3.2.- Asimétricas

Todas las fuerzas mencionadas producían fuerzas de tracción sobre la esternotomía cuyo resultado era que ésta se abriera, o lo que es lo mismo, existían fuerzas cuyos vectores resultantes provocaban una separación similar en ambos hemiesternones.

Sin embargo, con movimientos habituales como el simple deambular o girarse para mirar, darán lugar a que los músculos de un hemicuerpo se contraigan mientras que los del lado opuesto se relajen. Esto se transmitirá a la esternotomía produciendo un nuevo tipo de fuerzas cuyos vectores darán como resultado un desplazamiento de ambas mitades en las tres direcciones del espacio. Es decir, el desplazamiento de ambos hemiesternones también ocurrirá tridimensionalmente, siendo de tres tipos:

- Lateral: de forma las dos mitades del esternón se desplazan en un mismo plano, con dirección perpendicular a su eje mayor y en sentido opuesto.(Fig.2.9.A)
- Transversal: los hemiesternones se desplazan hacia planos diferentes de forma que el movimiento de uno es anterior o posterior respecto al otro.(Fig.2.9.B)
- Longitudinal: ambas mitades se desplazan en un mismo plano, pero con dirección paralela a su eje mayor y en sentido contrario.(Fig.2.9.C)

La primera es la que juega un mayor papel sobre el sistema de cierre, mientras que las otras dos producen además de una tensión sobre la esternotomía **fuerzas de cizallamiento**, las cuales según sea el tipo de ejercicio serán desde baja intensidad como el deambular con un mínimo balanceo de los brazos, hasta situaciones extremas como el asirse a cualquier punto para incorporarse lateralmente o elevar un objeto pesado.

Todas estas circunstancias, rara vez alcanzarán la intensidad de la tos, y aunque podrían superar fácilmente a ésta, el enfermo ha sido instruido para no hacerlo.

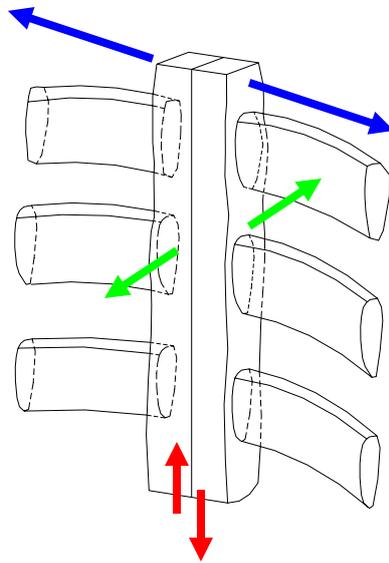


Fig.2.9. Tipos de desplazamiento expresados con flechas según el eje en que se presentan:

A: Lateral (azules)

B: Anteroposterior (verdes)

C: Longitudinal o Cefalocaudal (rojas)

Las que denominamos fuerzas de cizallamiento tendrán una consecuencia muy desfavorable para los neovasos que se están formando, base del futuro callo óseo, por lo que debemos evitarlos en la medida de lo posible. No obstante su consecuencia no sería a priori una dehiscencia sino una incorrecta osificación o pseudoartrosis, con lo que esto implica: dolor crónico y por tanto una mala mecánica respiratoria.

III. OBJETIVOS

Testar de forma experimental un nuevo tipo de cierre, el pericondral lateral.

Comparar dicho cierre de forma experimental con otros utilizados habitualmente.

Realizar un modelo experimental con una disposición del sistema de tracción no descrita en los estudios previos, pero más fisiológica, para analizar la resistencia del esternón y los alambres ante distintas fuerzas con diferentes cierres.

Aplicar a la práctica clínica en un grupo de pacientes, una nueva disposición de los alambres, haciendo un estudio prospectivo de dichos enfermos.

Comparar clínicamente el resultado del cierre pericondral lateral con las técnicas de cierre más habituales: cierre simple y en 8.

Comparar a nivel tisular, mediante una técnica objetiva y cuantificable (gammagrafía), cómo repercute el tipo de cierre sobre la osificación del esternón.

Realizar un estudio epidemiológico descriptivo de los casos de dehiscencia ocurridos en nuestro centro durante los últimos 10 años.

Diferenciar los factores condicionantes de los causantes de una dehiscencia, y dentro de ellos distinguir cuales pueden ser modificados y cuales no.

Describir las características ideales de un posible cierre considerando los defectos que apreciemos en las técnicas analizadas.

IV. MATERIAL Y MÉTODO

El estudio fue diseñado de forma que el cierre en cuestión que hemos denominado cierre pericondral lateral (CPL) se analizara, intentando en todo momento recopilar parámetros lo más objetivos y cuantificables. Para ello el trabajo será dividido en distintos apartados, todos ellos igualmente importantes, pero con diferentes aspectos de un mismo fin, probar la eficacia de un nuevo cierre a la vez que compararlo con las técnicas más comunes. Distinguiremos:

A) Fase experimental, realizada in vitro con diferentes modelos, humanos y artificiales.

B) Fase clínica, basándonos en:

- Pruebas radiológicas: radiografía y gammagrafía ósea, con el fin de hacer una valoración morfológica-tisular de los distintos cierres.
- Historia clínica: recopilando datos pre, intra y postoperatorios

4.1.- Fase experimental: Modelos humanos

La obtención de esternones se llevo a cabo de enfermos fallecidos en nuestro centro tras las correspondientes autorizaciones por parte de la dirección, servicio de anatomía patológica, familiares del finado, y comité ético del hospital.

Una vez el fallecido era trasladado al depósito de cadáveres, se procedía a la extracción del esternón antes de 24 horas.

4.1.1. - DISECCIÓN DEL ESTERNÓN

Para ello tras realizar un incisión desde la horquilla esternal a la región suprapúbica, y separar el plano subcutáneo y muscular lateralmente accedemos a la parrilla costal, la cual es desinsertada mediante un osteotomo seccionando todas las costillas desde la unión acromioclavicular, siguiendo la línea medioclavicular; de esta forma obtendremos el esternón en su totalidad y las últimas costillas antes de fusionarse en el cartílago condrocostal inferior. Esta porción será conservada en recipientes con formol al 1%, con el fin de ser trasladado al centro donde se llevaría a cabo la fase experimental. Tras la extracción adjuntamos a cada recipiente las características y patologías del individuo de quien hemos obtenido la muestra.

En total se emplearon once esternones de los cuales dos no eran validos debido a desperfectos en su conformación o estructura durante su extracción. No obstante estos últimos fueron empleados para llevar a cabo los ajustes pertinentes en el sistema de tracción que habíamos diseñado y evitar posibles errores.

4.1.2. - MONTAJE DEL SISTEMA DE TRACCIÓN Y ANALISIS DE FUERZAS

Como ya sabemos, durante los movimientos se ejercen cargas sobre la esternotomía en las tres direcciones del espacio, con lo que el desplazamiento de ambos hemiesternones también acaece tridimensionalmente: lateral, transversal y longitudinal. Los dos últimos predominan durante la deambulaci3n o la incorporaci3n desde una posici3n a otra, es decir situaciones que se realizan de forma consciente y que no someten a la esternotomía a grandes cargas tras la instrucci3n del enfermo. Por todo ello, únicamente estudiamos aquellos movimientos que puedan influir de forma más importante en la producci3n de una dehiscencia: la tos, el estornudo, y la fonaci3n, o lo que es lo mismo, aquellos que producen un aumento de la presi3n intratorácica y el desplazamiento de ambos hemiesternones de forma lateral.

Aunque en algunos trabajos se ha analizado el desplazamiento de ambas mitades en direcci3n longitudinal o transversal, supondría en el sistema fijar ambas parrillas costales en bloque o sólo el estern3n, con lo cual alteraríamos una de las principales características fisiológicas del t3rax, el hecho de que la tensi3n ejercida sobre el tercio inferior es muy superior al resto, por insertarse en él más de la mitad de las costillas y las de mayor diámetro.

Por todo las razones expuestas hasta ahora, diseñamos un sistema en el cual la tensi3n se ejerciera sobre cada una de las costillas, de esta forma podríamos representar más fielmente la realidad, ya que si lo hiciéramos directamente sobre el estern3n, la tensi3n sería uniforme sobre él, cosa que no ocurre *in vivo*. Sin embargo, en la mayoría de las ocasiones era complicado obtener hasta la 10ª costilla (la última que se inserta indirectamente en el estern3n) debido a que ello suponía una basta desinserci3n de la parrilla costal y la consecuente deformidad en el finado, cosa que por respeto a los familiares no llevamos a cabo, por lo que limitamos la extracci3n del estern3n a la séptima-octava costilla. (Fig.4.1.1. y fig. 4.1.2.) Esto nos obliga a que durante el experimento sólo pudimos aplicar la tracci3n sobre las siete primeras costillas.

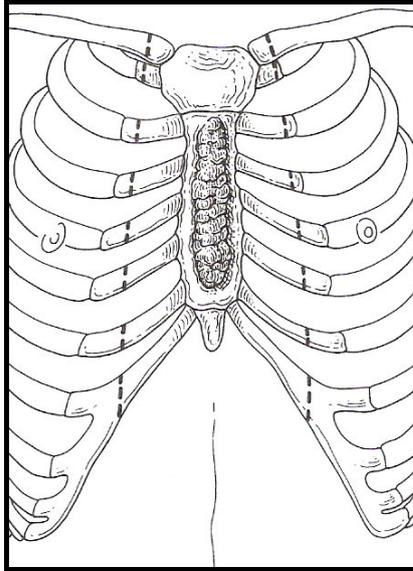


Fig.4.1.1.Podemos apreciar la línea de sección en la obtención del esternón de cadáver. Esto impedirá la tracción *in vitro* sobre todas las costillas.



Fig. 4.1.2. Vista sagital oblicua de los siete cartílagos costales obtenidos con cada esternón.

Para ello en cada una de las costillas, realizamos un **Orificio Costal (OC)** de 5 mm. de diámetro con un taladro, e introducimos en el un **Pasador Metálico (PM)** engarzado a su vez en unos estribos que denominaremos **Resortes de Anclaje (RA)** que se articulan y se insertan en el **Distribuidor de Fuerzas (DF)**, pieza que va fija al **Generador de Tracción (GT)**. Gran importancia tendrá el hecho de que la unión entre el Resorte de Anclaje y el Generador de Tracción permita una gran libertad de movimiento, ya que así el sistema completo esternón-PM-RA-DF no sea rígido y facilite un movimiento tridimensional para ir adaptándose a los tamaños de cada una de las muestras y a las deformidades que puedan aparecer al ir aumentando la tracción. (Fig. 4.1.3.)

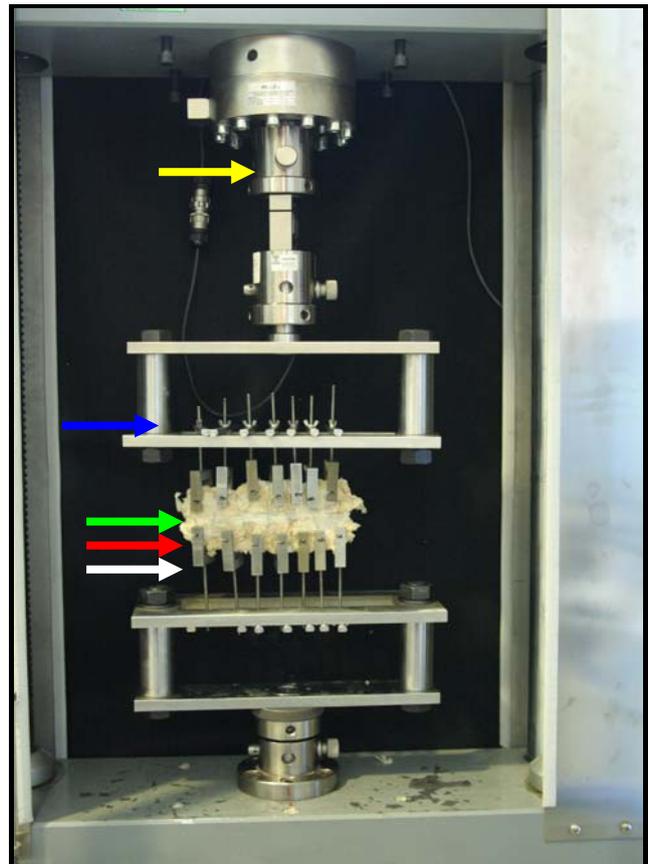
En principio, en todas las costillas aplicamos una fuerza similar, cosa que no es real, ya que el diámetro de éstas va aumentando y por tanto la tensión que soportan, pero dada la dificultad de calcular dicha diferencia entre cada una deberemos aceptar dicho error. A esto añadiremos la ausencia de la 8ª, 9ª y 10ª costilla, con lo que la tracción sobre el tercio inferior del esternón será menor de lo que ocurre *in vivo*.

Todos los esternones se han sometido a una esternotomía media realizada por una misma persona, con amplia experiencia en dicha técnica, mediante una sierra “Saber”® ya que permite el corte longitudinal de 1 mm. a alta velocidad.

La disposición de los alambres de cierre se llevo a cabo por la misma persona, utilizando un portaguñas para alambres CODMAN® y alambres de acero Ethicom Johnson & Johnson® n° 5 de 0.78 mm. de grosor y 45 cm. de longitud con una aguja de acero insertada de 48 mm. de diámetro y ½ circunferencia. Para cortarlos hemos utilizado una tenaza de alambres (Medical Corporation®). Finalmente para su ajuste se utilizó el mismo portaguñas para alambres. El generador de tracción fue una INSTRON 1362, mientras que los resortes de anclaje fueron diseñados por nosotros y fabricados expresamente para este experimento.

Fig.4.1.3. Disposición y componentes del sistema de tracción con el que se realizaron las pruebas in vitro, señalados mediante flechas:

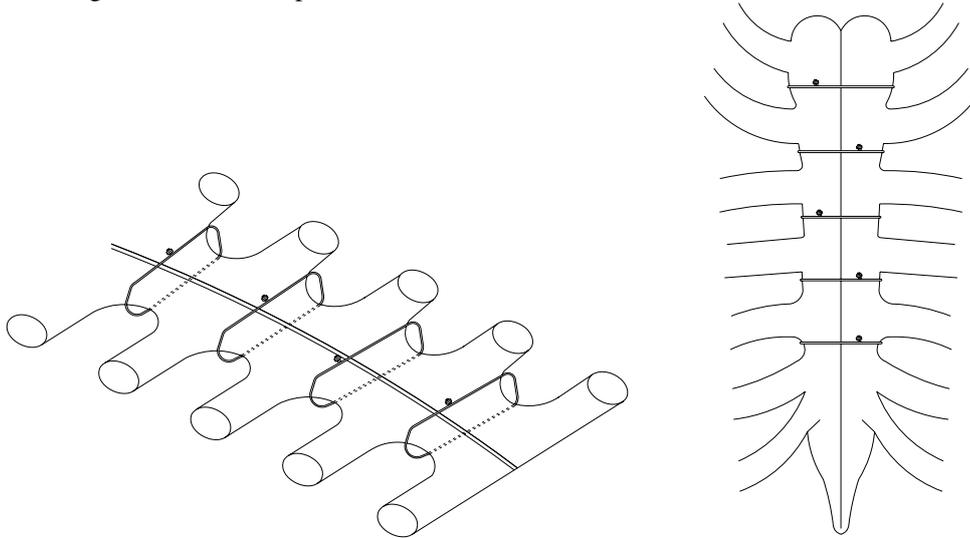
- Esternón (blanco)
- Pasador (rojo),
- Resortes de anclaje (verde),
- Distribuidor de fuerzas (azul)
- Generador de tracción (amarillo)



Estudiaremos tres métodos de cierre que a continuación describimos:

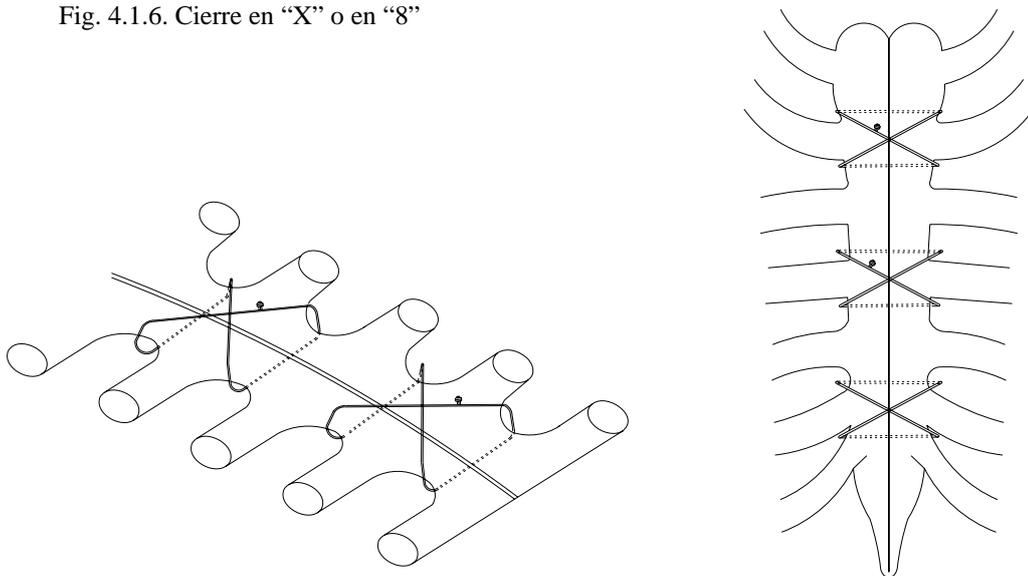
- **Cierre simple**: Utilizaremos seis alambres, cada uno penetra desde la zona externa a la interna en un hemiesternón, tras lo cual, atravesará la línea media al hemiesternón contralateral perforando desde la zona interna a la externa. El procedimiento se repetirá con cada uno de los alambres ubicando dos en el manubrio, y cuatro en el cuerpo, de forma más o menos equidistante. Fig. 4.1.5.

Fig. 4.1.5. Cierre simple



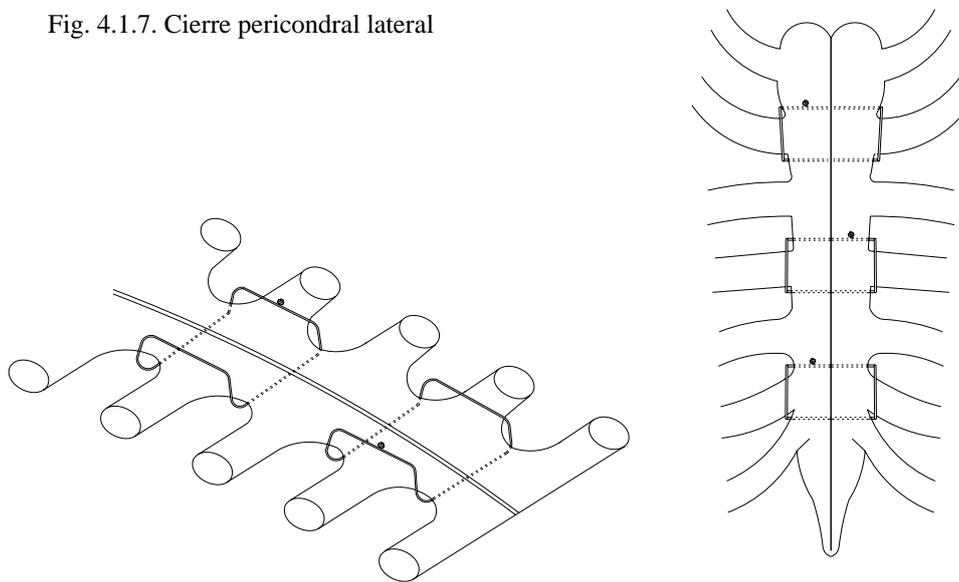
- **Cierre en ocho o en "X"**: Se utilizan tres alambres, cada uno penetra de fuera a dentro en un hemiesternón, se pasa al hemiesternón contralateral, el cual se atraviesa de dentro a fuera. La maniobra se repite con el mismo alambre en el hemiesternón por el que habíamos comenzado, pero dos o tres cm. más abajo, perforando de nuevo de fuera a dentro, para volver a cruzar la línea media y salir otra vez de dentro a afuera. Finalmente retorceremos ambos extremos del alambre, dando como resultado un cierre que en su cara externa presenta un cruce del alambre en la línea media formando una "X". La disposición será un alambre en el manubrio y dos en el cuerpo.

Fig. 4.1.6. Cierre en "X" o en "8"



- **Cierre pericondral lateral:** Empleamos tres alambres, cada uno perforará un hemiesternón de fuera a dentro, para cruzar la línea media y salir de dentro a fuera. Posteriormente, en el mismo hemiesternón donde nos encontramos, atravesaremos el hueso de fuera a dentro dos o tres centímetros más abajo (lo justo para excluir la costilla y entrar en el siguiente espacio intercostal), para cruzar nuevamente la línea media y salir de dentro a afuera, donde encontraremos el otro extremo del alambre unos centímetros más arriba en el mismo hemiesternón. Quedarán visibles dos porciones de cada alambre dispuesto de forma paralela a la línea media, mientras que las que cruzan la línea media se hallan en la cara interna. Distribuiremos los alambres de forma que quede uno en el manubrio y dos en el mango.

Fig. 4.1.7. Cierre pericondral lateral



Intentaremos abarcar el esternón en su totalidad con cada uno de los alambres, independientemente del tipo de cierre, evitando en la medida de lo posible perforar el hueso atravesando la parrilla costal en la zona intercostal. Tras cortar la aguja de cada alambre procedemos a su tensado con el fin de evitar acodaduras. Posteriormente se realiza un movimiento dextrógiro con ambos extremos, dejando aproximadamente 5 mm. de alambre retorcido. Finalmente, tras un último tensado y azocado, doblamos los cabos hacia el propio esternón, tal y como se realiza habitualmente en una intervención.

El sistema de medición de tracción utilizado ha sido el *Microtest*® el cual nos permite ejercer cargas de más de 10000 N, superando con creces la tensión máxima a la que un esternón se ve sometido. Este aparato puede ser programado con una determinada configuración de los pulsos de tensión; es decir, cada uno de los movimientos que realiza la maquina para que el sistema se vea sometido a una carga en concreto, pudiendo determinar:

- Tensión de cada pulso, en Newtons.
- Cadencia de pulsos en cada ciclo, o número de pulsos que acaecen en un periodo de tiempo, medido en pulsos/minuto.
- Intervalos de reposo entre ciclos, o tiempo que transcurre entre cada ciclo, medido en segundos.
- Duración de cada pulso de tensión, o tiempo durante el cual se ejerce una carga en cada pulso, medida en décimas de segundo.
- Velocidad de tensión, o tiempo en el cual se alcanza la tensión deseada en cada pulso, medida en Newton/décimas de segundo.

Los ciclos se realizaron en grupos de 3 pulsos con un incremento de 10N cada ciclo respecto al anterior, es decir con control de carga. Entre cada pulso la carga era cero durante aproximadamente 60 segundos, y entre cada ciclo durante 180 seg., con desaparición de la carga entre ellos.

La velocidad de instauración de la carga se realizó de dos formas:

- 1.- Lenta: entre 1 y 10 N/seg. con el fin de simular una carga lenta y mantenida
- 2.- Rápida: >100 N/seg. simulando las situaciones bruscas de estrés.

Las pruebas que se realizaron de la forma descrita se denominaron “FASE A”. Posteriormente con cada uno de los cierres se repitió el experimento, pero empleando un mayor número de alambres (ocho en el caso del cierre simple, y cuatro en el cierre “en X” y en el pericondral lateral); ésta se denominó “FASE B”. Finalmente se hizo el mismo experimento con el mismo número de alambres de la fase α pero con un grosor de 10 mm., denominándose a esta la “FASE C”.

En cada ciclo se realizaron dos mediciones:

A.- En el pico de máxima tracción de los diferentes ciclos con el fin de apreciar la separación de los hemiesternones durante la tracción.

B.- Entre los diferentes ciclos sin tracción alguna, de forma que nos mostrara cuando el sistema quedaba separado sin volver a su posición inicial. Esta última medición es la que nos determinara el limite inferior de tensión del sistema o **limite máxima estabilidad (LME)**, o aquella separación que va a repercutir sobre la estabilidad del cierre y la consolidación esternal, pero que no obligaría a reintervenir al enfermo, habiendo considerado como tal hasta 5 mm. Definiremos aquí el limite superior de tensión del sistema o **limite de mínima estabilidad (LmE)**, es decir aquella tensión a partir de la cual el sistema o lo que es lo mismo ambas mitades esternales quedan separadas mas de 10 mm., ya que esto implica una inestabilidad tal que impide la correcta consolidación y afecte a la función respiratoria del individuo. Tomamos estos valores considerando que el ancho de un hemiesternón es aproximadamente 10 mm., ya que “in vivo”, una separación tal implica que una de las mitades esternales se ha rasgado, con lo que existe una inestabilidad total de esa porción esternal.

Posteriormente, para su estudio se desglosan los diferentes ciclos en:

- baja intensidad, considerados como tales fuerzas inferiores a 10 N/mm^2 ya que es la carga habitual durante movimientos como la respiración
- intensidad media, los que se hallan entre los 10 y 30 N/mm^2 , simulan las fuerzas que ocurren durante esfuerzos como el hablar alto o la defecación
- intensidad alta, superiores a 30 N/mm^2 , tensión que ocurre al toser o el estornudar
- carga máxima o sin límite, en la cual se rasga el esternón o se rompen los alambres.

Se han realizado fotografías de alta resolución con un cámara Nikon® D200 ubicada de forma constante a la misma distancia del sistema de tensión, con el fin de poder medir la distancia de separación a la que se ven sometidos los hemiesternones durante y después de los distintos ciclos de tensión. Para ello, tras la esternotomía se aplicaban ocho grapas, cuatro en cada lado, que nos servían como referencia a la hora de medir la separación entre hemiesternones. Dichas grapas se ubicaron en (fig. 4.1.8.):

- manubrio, en la primera costilla
- porción superior del cuerpo, en la tercera costilla
- porción media-inferior del cuerpo, en la quinta costilla
- xifoides, en la séptima costilla

Tras realizar las fotografías se analizaron digitalmente con un ordenador, mediante el programa *Photoshop*, para cuantificar la separación de las grapas según su localización. No obstante durante las pruebas también se median las distancias con un pie de rey digital DCA 150.

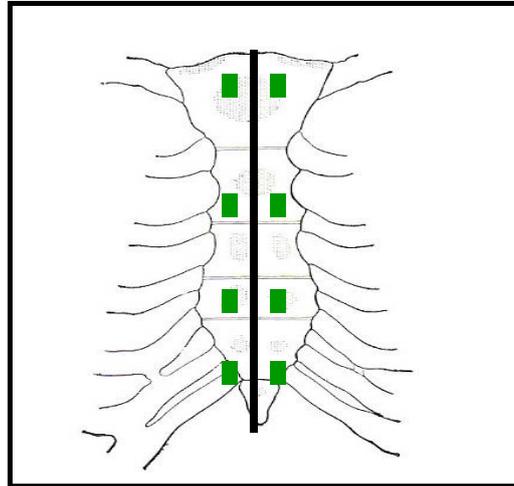


Fig. 4.1.8. Localización de las grapas en el esternón para medir el desplazamiento

4.2. Fase experimental: Modelos no humanos

En esta fase del estudio en el laboratorio, lo que pretendimos fue eliminar el sesgo que supone el utilizar diferentes esternones empleando un material más resistente que el hueso y que el propio alambre; de esta forma, los resultados que obtendríamos dependerían exclusivamente de la resistencia-conformación de los alambres, o lo que es lo mismo, como el alambre soporta o se adapta a la tensión a la que sometemos el sistema. Otra razón para esta fase del estudio fue que en ocasiones, al someter los esternones a grandes tracciones estos se fracturaban a nivel de los puntos de anclaje en los resortes de tracción alterando todo el resultado de la prueba.

Para ello diseñamos dos piezas de aluminio de tamaño y conformación similar al de cada uno de los hemiesternones que llamamos **modelo esternal de aluminio (MEA)**, (fig. 4.2.1.) fabricadas de una sola pieza con una resistencia muy superior al alambre. Una de ellas presenta en un extremo una prolongación homogénea que permite ser sujeta mediante una mordaza, mientras que en la otra existe un orificio, lo que nos facilita realizar la tracción sobre ésta mitad mediante una rótula. Esto último, hace que el sistema pueda pivotar sobre dicha rótula, permitiendo que la pieza se adapte a los diferentes alambres, ya que de no ser así, el alambre más ajustado sería el primero en romper.

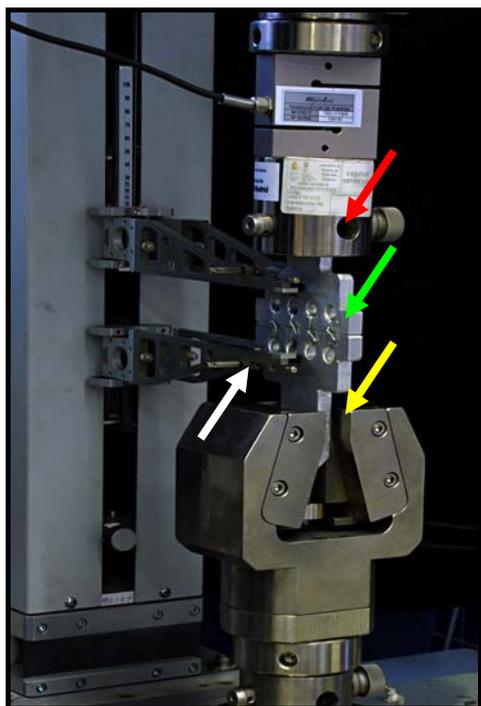
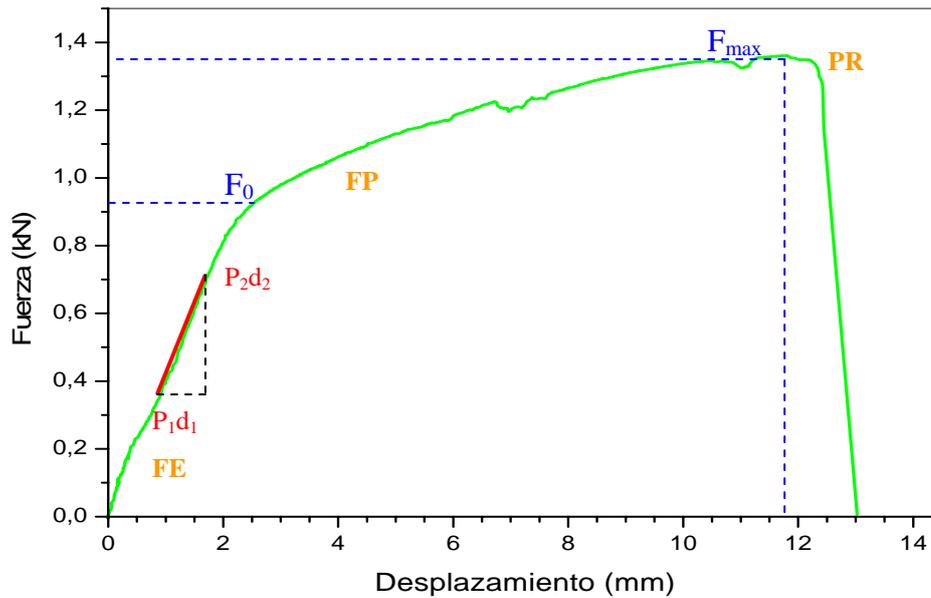


Fig. 4.2.1. Modelo esternal de aluminio (flecha verde), con las distintas porciones de fijación, la superior o en rotula (flecha roja) y la inferior o en mordaza (flecha amarilla). A ambos lados del cierre, apoyado sobre las piezas de aluminio, podemos ver el extensiómetro (flecha blanca).

Antes de realizar el experimento con los diferentes cierres, realizamos una simple prueba con vistas a objetivar la rigidez del acero empleado habitualmente, con una tracción en un solo plano, de forma que nos exprese gráficamente el comportamiento del alambre ante una tracción uniforme y creciente. Esta grafica representa la deformidad del material en relación a la tensión a que se ve sometido, de forma que inicialmente existe una línea ascendente que nos muestra la **fase elástica (FE)**, es decir aquella en la cual una vez que ceda la tracción sobre el alambre, éste recupera su tamaño inicial sin alterar su estructura. Durante esta fase gráficamente aparecerá un ascenso de la curva de forma más o menos constante, es lo que denominamos **pendiente de resistencia o rigidez (PR)**, que nos servirá para determinar la ductilidad o maleabilidad del acero en cuestión, dicho de otra forma la rigidez será el cociente de la fuerza y el desplazamiento en la región elástica.

Tras esta primera fase aparece un aplanamiento de la curva, es la **fase plástica (FP)** en la cual el alambre es sometido a una tracción que altera de forma irreversible su estructura, permaneciendo deformado cuando dicha tracción ceda. En ella pueden existir pequeñas oscilaciones debido a ajustes del sistema, como por ejemplo que algún alambre se desrrote parcialmente al inicio de la prueba.

Finalmente aparece una caída en la curva, o **punto de ruptura (PR)** a partir del cual como su propio nombre indica se produce una fractura del material. (Fig. 4.2.2.)



$$\text{Rigidez(N/mm)} = \frac{\text{Fuerza}}{\text{desplazamiento}} = \frac{(P_2 - P_1)}{(d_2 - d_1)}$$

Fig. 4.2.2. En la grafica la porción ascendente de la fase elástica nos permitirá calcular la pendiente de dicha curva, o lo que es lo mismo, la rigidez del material si se realiza con un solo alambre, o del cierre si el experimento se realiza con el modelo esternal de aluminio unido por los alambres. F₀ Fuerza inicial; F_{max} Fuerza máxima; FE Fase elástica; FP Fase plástica; PR Punto de ruptura.

Si tomamos la grafica de un solo alambre nos dará los **valores base o de referencia del acero**, o lo que es lo mismo, la unidad respecto a la cual podemos relativizar o normalizar el resultado con los diferentes cierres. Si un alambre soporta 200 N antes de comenzar la fase plástica, al realizar un cierre con alambres simples, dicha fase plástica debería iniciarse teóricamente tras superar la tracción resultante de multiplicar 200 N por el numero de alambres que cruzan la línea media, de no ser así indicaría que la conformación empleada para el cierre altera las propiedades del acero en detrimento de este.

El aparato empleado para todo lo anterior fue el mismo empleado con los esternones, el *Microtest INSTRON 1362*, con una tracción de 3 milímetros/minuto, es decir con control de desplazamiento, al contrario del experimento anterior que la tracción se llevo a cabo según la tensión (Newtons/segundo) midiendo lo que el sistema se deslazaba, en este caso la variable programada será la distancia de separación (milímetros/segundo), ya que lo que queremos saber con este experimento es la rigidez del sistema.

Durante la prueba se empleó un extensiómetro NSPMLC de forma que nos monitorizara la separación de ambos hemiesternones de aluminio. Este mecanismo no fue empleado con los esternones, dado que la separación fue medida a diferentes niveles, sin embargo en esta parte del experimento, al tratarse de piezas rígidas “irrompibles” a la tracción con la que fueron sometidos, la separación es similar a todos los niveles.

De igual forma los diferentes cierres fueron sometidos a una tracción progresiva de tal forma que pudiésemos obtener la misma representación grafica que con un alambre simple. Esto se realizó con un número diferente de alambres según el tipo de cierre, de forma que así pudiésemos apreciar la variabilidad grafica de las diferentes técnicas con un mismo número de alambres, y la variación de estos resultados respecto al valor base del acero empleado.

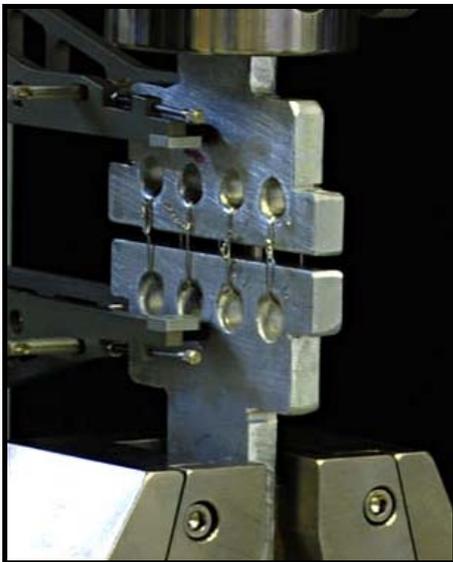


Fig. 4.2.3.A

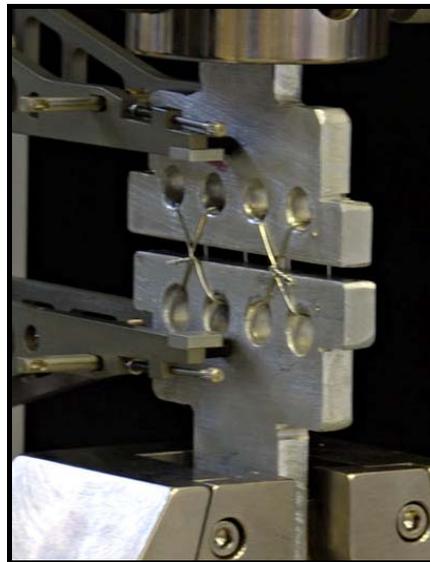


Fig. 4.2.3.B

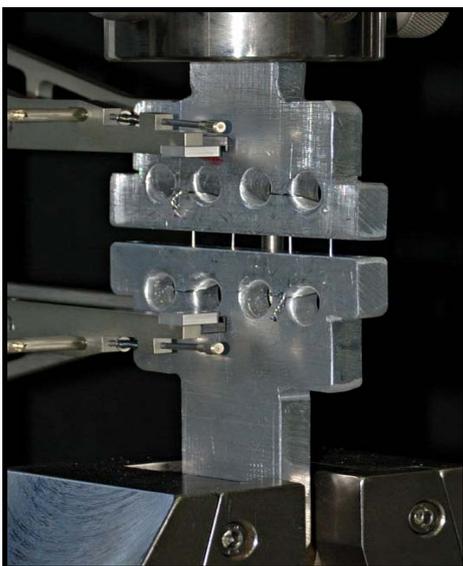


Fig. 4.2.3.C

En las fig. 4.2.3 podemos ver los MEA durante el proceso de tracción según las diferentes **conformaciones sencillas**: CS(A), CX(B), CP(C). En todas ellas por cada agujero el acero pasa sólo una vez, a diferencia de la conformación doble o doble pasada en las que por cada orificio el alambre pasará en dos ocasiones.

Hasta ahora los cierres se realizaban según los esquemas 4.1.5, 4.1.6 y 4.1.7, denominándolos como la *conformación sencilla* fig. 4.2.3. (**no confundir con el termino simple que hace referencia a un tipo de cierre en concreto**), no obstante basándonos en lo explicado en el capítulo del análisis mecánico de los cierres (pag. 62-63) nos planteamos realizar el experimento variando el numero de veces que el alambre cruza la línea sin aumentar el tamaño-número de orificios del MEA, para ello se repitió el experimento empleando dos variaciones dentro de cada cierre.

Una de ellas consiste en realizar el mismo cierre dos veces, es decir repetir el cierre con el doble de alambres o lo que es igual realizar el mismo cierre dos veces con diferentes alambres a través de los mismos orificios del MEA, es la conformación que denominamos “**doble**” (fig. 4.2.4.A). La otra consiste en repetir el cierre con el mismo alambre dos veces, o lo que es igual, describir dos veces la conformación de cada cierre al mismo nivel a través de los mismos orificios del MEA, es lo que denominamos “**doble pasada**” (fig 4.2.4.B).

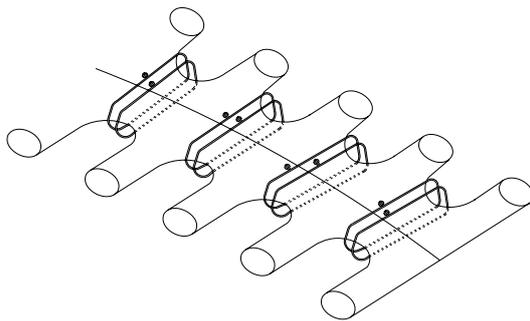


Fig. 4.2.4.A

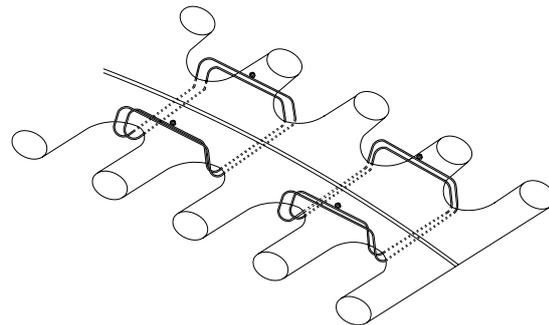


Fig. 4.2.4.B

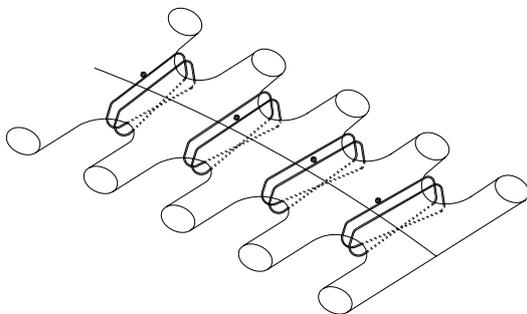


Fig. 4.2.4.C

Ejemplos de conformación doble: fig. 4.2.4.A y 4.2.4.B, en la primera podemos ver un cierre simple con alambres **dobles** (CS8d) y en la segunda un pericondral doble (CP4d). Podemos apreciar como cada alambre solo realiza la conformación en una sola ocasión.

Ejemplo de conformación doble pasada es la fig. 4.2.4.C en la que vemos un cierre simple con alambres en **doble pasada** (CS4dp). Destacar como a diferencia del anterior, un mismo alambre lleva a cabo la conformación del cierre en dos ocasiones, con lo que a diferencia de la conformación doble existen la mitad de nudos.

No se adjunta el CP doble pasada ni ninguno del CX dada la dificultad a la hora de visualizar los gráficos que los representan.

Los datos recopilados y su definición fueron (Fig. 4.2.2.):

- Rigidez (Rig): la razón entre la fuerza a la que se somete un cierre (expresada en Newtons) y la elongación del material en cuestión (expresada en milímetros) en el primer tramo del diagrama Carga-Elongación, en la fase elástica de la grafica.

$$\text{Rig (N/mm)} = \frac{\text{Fuerza}}{\text{Elongación}} = \frac{(F_2 - F_1)}{(d_2 - d_1)}$$

- Fuerza inicial (F_0): Carga máxima alcanzada en el primer tramo del diagrama Carga-Elongación (expresada en Newtons). A nivel práctico podría decirse que es aquella a partir de la cual se pasa de la fase elástica a la fase plástica del cierre, no obstante, no podemos definirla así ya que inicialmente los primeros milímetros de elongación se producen por el ajuste o “tensado” del cierre.
- Fuerza máxima (F_{max}): Carga máxima que soporta el cierre (expresada en Newtons) a partir de la cual se produce la ruptura del cierre, por fractura de los alambres en este caso, dado que los MEA, a diferencia del hueso, no se rompen.
- Fuerza normalizada (F_{norm}): Razón entre la fuerza instantánea aplicada al cierre y la carga de rotura del hilo en condiciones de tracción uniaxial.
- Número de unidades intermedias (NUI): número de veces que el alambre atraviesa la línea media que une las dos piezas de MEA (en el análisis mecánico los denominamos PTF o puntos de transmisión de fuerzas). Importante no confundirlo con el número de alambres empleado ya que un mismo alambre según el tipo de cierre cruzará la línea media en indistintos puntos, es decir cada alambre según el cierre tendrá un número de unidades intermedias diferentes.
- Eficacia del cierre (η): relación entre la fuerza normalizada máxima ($F_{\text{norm max}}$) y el número de unidades intermedias (NUI), expresada en %.
- Zona de ruptura del alambre.
- Grafica del comportamiento del cierre, expresando la zona elástica o zona de máxima pendiente, la zona plástica o zona de mínima pendiente y el punto de ruptura o zona de caída brusca de la pendiente.

Con el fin de descartar variaciones accidentales, cada uno de estas pruebas se realizó tres veces, es decir cada técnica de cierre, con cada número de alambres fue llevado a cabo en tres ocasiones.

4.3. Fase clínica: Pruebas radiológicas

Como ya dijimos, en la fase clínica se han realizado pruebas que de forma objetiva nos permiten comparar el resultado de los distintos cierres, tanto a nivel macroscópico mediante la radiografía de tórax, como tisular con la gammagrafía ósea.

4.3.1.- RADIOGRAFIA ÓSEA

Se realizó en todos los enfermos incluidos en el estudio, al menos una en el periodo preoperatorio, tres en el postoperatorio en UVI, y una en planta previa al alta.

Preoperatorio:

En todo enfermo se ha hecho una Rx simple de tórax como parte del preoperatorio, con un generador de rayos X MGR 50 hf de General Medical Merate ®, con 120 KV y 2 mA/s.

Esta prueba nos es útil para recopilar la morfología del esternón:

- En la Rx posteroanterior se podrá apreciar: la anchura del esternón, que condicionará la apertura, existencia de alguna fractura previa, alteraciones en las costillas debidas a escoliosis, calcificación de los cartílagos condrocostales, desviaciones del xifoides, etc.
- En la Rx lateral: Es la mejor proyección para estimar el grosor del esternón, densidad de la médula, concavidad de su cara interna, cifosis de la columna, etc.

Todas estas características radiológicas no fueron incluidas en la base de datos de nuestro estudio ya que dicha radiografía no condicionaba el tipo de cierre, aunque sí la apertura, pues los enfermos que presentan fracturas o gibas suelen tener esternones asimétricos.

Cabe destacar que normalmente todas las radiografías preoperatorias se realizan para visualizar “tejidos blandos”, con el consiguiente detrimento en la información en lo que a estructuras óseas se refiere.

Postoperatorio en UVI:

Durante este periodo las radiografías se realizaron con un sistema portátil PHILIPS MOVIL 300 C®, utilizando el mismo tipo de placa y sistema de revelado que el preoperatorio pero con el enfermo en posición de decúbito supino con la placa en el dorso del enfermo.

Dada su variabilidad, difícilmente apreciaremos alteraciones en el esternón; no obstante sí nos dan información sobre signos indirectos de dehiscencia:

- Derrames de repetición. Debido al continuo exudado que se produce en los bordes esternales cuando estos están separados, expresándose como cardiomegalia si el derrame es pericárdico o veladura del hemitórax si es pleural.
- Ruptura de los alambres. Signo de difícil apreciación ya que normalmente en el tercio inferior, lugar donde comienzan la mayoría de las dehiscencias, no se visualiza bien debido a la mala calidad de las radiografías portátiles, por lo que este signo es de escasa utilidad.
- Separación de los bordes esternales. Igualmente de poco valor, salvo en aquellos enfermos en los que la dehiscencia sea completa, ya que la radiografía se realiza en inspiración, momento en el cual no se produce un gran aumento de la presión intratorácica, ni una gran separación de los bordes. Si además tenemos en cuenta que en la mayoría de los casos la radiografía se realiza cuando el enfermo se encuentra en decúbito y que al apoyarse en la parte posterior de las costillas estas en su cara anterior se aproximan, hace que este signo sea aún menos útil si cabe. Esta baja rentabilidad diagnóstica es disminuye si el enfermo está con respiración asistida, ya que la presión intratorácica durante esta es aún menor.
- Neumomediastino. De escasa utilidad, salvo que la dehiscencia sea precoz, ya que si ocurre ésta tras la cicatrización del plano subcutáneo, no entrará aire en el mediastino y por tanto no aparecerá en la Rx.
- Fracturas transversales en el hueso. Difíciles de apreciar al ser, como ya dijimos, radiografías para estructuras blandas. En algunas ocasiones la radioscopia aprecia el movimiento paradójico del esternón durante la respiración espontánea y la fonación.

En resumen, la Rx de tórax obtenidas en la UVI sólo nos aportará información complementaria a la hora de diagnosticar una dehiscencia, siendo poco sensible en todos los signos, teniendo en cuenta que cuando estos aparecen, casi seguro que el cuadro clínico será tan evidente que la simple palpación nos dará el diagnóstico.

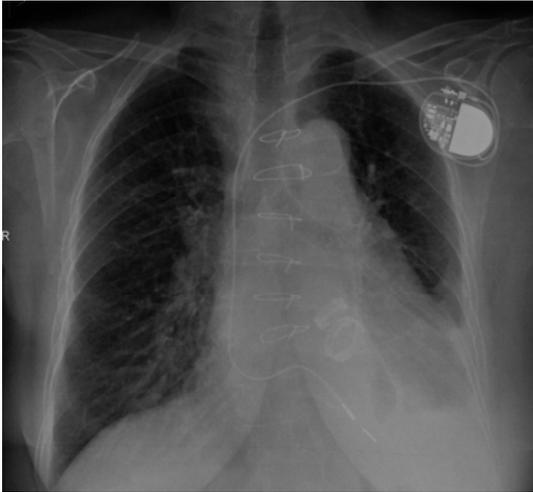


Fig.4.3.1.A



Fig.4.3.1.B



Fig. 4.3.2.A

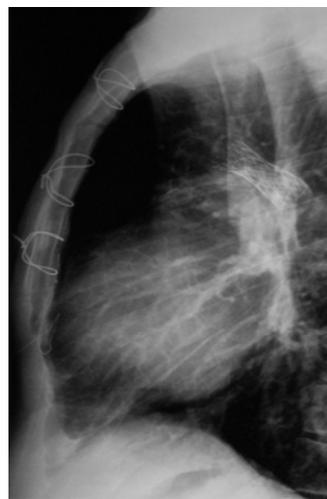


Fig. 4.3.2.B



Fig. 4.3.3.A



Fig. 4.3.3.B

Podemos apreciar la conformación de los diferentes tipos de cierre en la radiografía con proyección posteroanterior (B) y lateral (A). 4.2.1.Cierre Simple; 4.2.2.Cierre en X; 4.2.3.Cierre Pericondral.

Postoperatorio en planta:

En este momento la radiología nos dará más información ya que:

- Se realizan con un aparato de mayor calidad.
- El paciente puede estar en bipedestación posición que permite visualizar mejor los signos ya mencionados, además de poder realizar también Rx laterales.
- Podremos efectuar las radiografías durante la fonación fácilmente, con lo que los bordes esternales se separarán aún más.

La Rx nos dará signos indirectos de una dehiscencia; esto es, complementarios a la clínica, y sin la cual todo hallazgo radiológico deberá ser valorado con mucha cautela.

Por todo ello, sólo tomaremos como signo objetivo, cuya sensibilidad es muy superior al resto y relativamente fácil de apreciar la ruptura de los alambres. Sin olvidarnos que aún en ausencia de dehiscencia, todo alambre roto expresa que ha sido sometido a una tensión elevada, y no puede ser reparado por lo que lo consideramos como una advertencia del riesgo de dehiscencia.

4.3.2.- Gammagrafía Ósea

Esta sólo se realizará en un número limitado de enfermos, un total de nueve, dado que presenta los siguientes condicionantes:

- Su alto costo, por tratarse de una técnica nuclear, en torno a los 1000 €
- No es una técnica exenta de riesgos ya requiere el uso de marcadores administrados por vía intravenosa e implica la necesidad de una vía periférica y riesgo de reacciones alérgicas.
- El procesamiento de datos es lento y su interpretación laboriosa.

Por lo ya mencionado debimos seleccionar el número de enfermos y el tipo de éstos, para optimizar los resultados. Se llevo a cabo en un subgrupo de individuos en los que se habían empleado ambas mamas, lo que compromete aún más la perfusión del esternón, por lo que a priori, presentaban un mayor riesgo de dehiscencia, y las diferencias, si existían, serían más marcadas. Los grupos se seleccionaron de forma que cumplieren los siguientes requisitos:

Preoperatorio: mismo sexo y edad entre 55 y 65 años, ausencia de cualquier tratamiento preoperatorio que condicionará la osteosíntesis, no diagnosticado de EPOC ni DM, IMC <35%, Fe preoperatoria normal, sin antecedentes de insuficiencia renal, hepatopatía, discrasia sanguínea o alteraciones digestivas que impidan una correcta alimentación, digestión u absorción.

Intraoperatorio: revascularización coronaria con CEC, empleando ambas mamas, sin patología valvular asociada y con similar profilaxis antibiótica.

Postoperatorio: ausencia de complicaciones.

De igual forma dada la variabilidad existente según el tiempo transcurrido tras la cirugía, ésta se ejecutó en tres momentos diferentes:

- A las seis semanas de la cirugía, dado que antes el proceso inflamatorio postcirugía falsearía el resultado en gran medida.
- A los tres meses, periodo de tiempo tras el cual se considera que puede existir una actividad similar a la habitual.
- A los seis meses, límite en el cual se prevé que la actividad osteogénica ha finalizado.

La gammagrafía fue realizada mediante la inyección de 20 mCi de DPD ^{99m}Tc (ácido difosfopropano dicarboxílico con 575 MBq Tecnecio 99). Las imágenes fueron obtenidas con una gammacámara topográfica de General Electric INFINIA® equipada

con doble lector y un colimador de baja energía y alta resolución. Posteriormente fueron procesadas con una estación de trabajo Xeleris®.

Tras una imagen de control, se obtuvieron imágenes dinámicas de la fase vascular cada 3 segundos e imágenes estáticas en la fase precoz y tardía:

- Fase vascular: A los 30 segundos, durante la cual apreciamos como el contraste se distribuye a través de la circulación hacia la zona ósea. Esto nos informa sobre la rapidez con la que el contraste alcanza el esternón, condicionado por la vascularización a través de vasos de mediano calibre, alcanzando en estos casos el hueso por la circulación colateral, ya que como hemos dicho la prueba se realizó con individuos en los se habían extraído ambas mamas.
- Fase precoz: A los 60 segundos, el contraste se dispersa a través de la microcirculación por los capilares del tejido óseo, aportándonos información de cómo se difunde la sangre dentro del esternón y qué zonas son las mejor perfundidas dentro del propio hueso; es decir, la zona cortical o medular, la del mango o el xifoideas.
- Fase ósea: A los cinco minutos, obtendremos información de cómo el tejido capta el contraste y por tanto la actividad de osteosíntesis, evidenciando cual es el grado de actividad de ésta, la existencia de zonas con gran actividad osteoblástica, zonas con escasa actividad por la consolidación ya completada, o zonas sin actividad por una defectuosa osteogénesis o pseudoartrosis.

Las imágenes han sido sometidas a un análisis visual por dos observadores independientes, valorando según el tamaño las diferencias de captación del isótopo y su grado. Para ello se utiliza una escala colorimétrica que va desde el azul oscuro para una captación nula, al blanco en caso de una gran captación.

4.4.- Material y método (fase clínica):

Inclusión de enfermos

El estudio clínico entre los distintos tipos de cierre se realizó en un único hospital con el fin de eliminar distintas variables intra y postoperatorias.

4.4.1. REQUISITOS DE INCLUSIÓN

En un principio valoramos sólo incluir pacientes en los que se hubiera utilizado al menos una mamaria como injerto. Esto nos daría una muestra más homogénea, a costa de cometer un sesgo de selección, además de asumir que la extracción de la mamaria era un factor de riesgo. Es decir la comparación de los cierres exclusivamente se vería beneficiada, sin embargo no podríamos establecer factores de riesgo generales de la complicación que pretendemos estudiar.

Sin olvidar que esta selección nos limitaría enormemente el tamaño de la muestra, faceta muy importante si tenemos en cuenta la baja incidencia de la complicación en cuestión.

Por todo lo anteriormente expuesto, reclutamos de forma prospectiva todos los enfermos intervenidos en nuestro servicio a los que se realizó una esternotomía y eran mayores de 16 años, durante los últimos cuatro años, periodo de tiempo durante el cual empleamos el cierre pericondral. El límite de edad, es debido a que en nuestro centro realizamos intervenciones en niños, y a partir de los 16 años el postoperatorio cursa en la UVI de adultos, mientras que el resto son remitidos a la UVI pediátrica, evitando así el sesgo asociado a los diferentes protocolos entre las dos unidades.

Los enfermos incluidos durante este periodo se dividieron en tres grupos según el cierre fuera simple, en X o pericondral lateral. La inclusión en cada grupo no fue aleatorizada ya que la técnica aplicada dependía del cirujano que realizara la intervención, aunque si tenemos en cuenta que el reparto entre cirujanos no seguía patrón alguno, podríamos decir que existe cierto grado de azar en lo que a la técnica empleada se refiere. De cada enfermo se estudiaron más de 30 variables, comparando inicialmente si las muestras eran homogéneas en lo que ha dichos parámetros se refiere.

Posteriormente con el fin de conseguir un mayor número de casos, añadimos al estudio todos los enfermos operados en nuestro servicio, tomados de forma retrospectiva en la última década, con el fin de analizar las causas de dehiscencia en nuestro hospital. Esto

nos obligo a no recopilar algunas variables, dado que no podíamos asegurar que estuviesen bien recogidas, o que los criterios en los que actualmente nos basamos estuviesen definidos correctamente.

Para terminar, con el fin de buscar factores de confusión entre las propias variables, realizamos un análisis multivariante con el objetivo de discernir, si lo que en un principio consideramos causas de dehiscencia, no eran otra cosa que vínculos entre distintos factores de riesgo.

4.4.2. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

En el grupo prospectivo de cuatro años, el único motivo de exclusión por parte del enfermo fue la necesidad de bastones, muletas o andador para deambular, ya que se trata de un factor que influye en la consolidación esternal, afecta a un grupo minoritario y obliga a tomar una actitud muy diferente de lo habitual.

En el grupo retrospectivo de diez años, a la condición anteriormente expuesta se añadió el hecho de ser operado por un cirujano con un número de pacientes menor de 200 en el intervalo de 10 años. Esta última premisa surgió al recopilar los datos del grupo prospectivo, ya que en este se apreciaba claramente que uno de los grandes condicionantes a la hora de una dehiscencia era el médico que había llevado a cabo la intervención, y al tratarse de una complicación con una incidencia del 1-1.5%, se requería un tamaño mínimo de muestra por cada cirujano.

4.4.3.- CARACTERISTICAS DEL ENFERMO

Todo enfermo que iba a ser sometido en nuestro hospital a una intervención quirúrgica es incluido en un programa de recogida de datos SICSS®, el cual utiliza el Access® como programa base, recopilando así toda la información que requerimos para nuestro trabajo, a saber:

Preoperatorio:

Genotípicos: Edad, sexo, peso, altura, índice de masa corporal (calculado mediante la formula $IMC = \text{peso}/\text{talla}^2$).

Factores de Riesgo Cardiovascular (FRCV): Aunque todos ellos podrían formar parte de la patología por aparatos, hemos preferido analizarlos también de forma independiente, ya que en algunos enfermos era imposible realizar pruebas que objetivaran la

repercusión de estos, v.g. tabaco y su situación repercusión respiratoria, siendo sin embargo fácil el recoger la cantidad de cigarrillos que fumaba al día.

Fumador: según el número de cigarrillos, y si ha dejado el hábito, cuanto tiempo ha transcurrido desde entonces.

Bebedor: de poco interés dado que en nuestro medio es un hábito muy extendido que los enfermos infravaloran.

Diabetes: dentro de ésta si es tratada con dieta, antidiabéticos orales o insulina, independientemente del grado de afectación micro o macrovascular.

Hipertensión arterial: independientemente del tiempo de evolución.

Dislipemia: colesterol total >210, LDL >150 o triglicéridos >120.

Sobrepeso: aquellos con IMC superior a 30%, aunque este dato será analizado más exhaustivamente ya que se trata de un factor que influye enormemente.

Historia familiar: patología coronaria en familiar de primer grado antes de los 40 años en el hombre y 50 en la mujer

Enfermedad vascular periférica: claudicación previa, ausencia de alguno de los pulsos pedios o enfermedad carotídea con estenosis superior al 50%.

Tratamientos concomitantes: para nuestro estudio únicamente valoramos el tratamiento con inmunosupresores o corticoides, no incluyendo dentro de estos últimos los inhalados y sin tener en cuenta la dosis.

Patología concomitante: de los innumerables datos que recogemos durante su ingreso en este trabajo sólo consideraremos aquellos que de alguna forma puedan influir sobre la correcta consolidación esternal:

- Respiratoria: EPOC, considerando como tal si había sido catalogado previamente, dado que en la mayoría de los enfermos no se disponía de espirometría en el estudio preoperatorio. Esto nos obliga a analizar con más objetividad a los pacientes fumadores o no versus los catalogados como EPOC. Grupo aparte fueron los asmáticos, ya que aunque sus parámetros ventilatorios no se encuentren alterados, el sólo hecho de serlo implica mayor riesgo de tos.
- Endocrina: hipo-hipertiroidismo
- Neurológica: sólo si ésta había provocado algún tipo de déficit permanente motor o del estado de conciencia (demencia o desorientación), ya que de no ser así, no condicionaría su situación en lo que a la esternotomía se refiere.

- Nefrológica: según su creatinina preoperatoria, saber si el paciente ha sido trasplantado o se encuentra en diálisis o hemofiltración crónica.
- Neoplásica: solo si ésta no es activa, ya que previamente a toda intervención se corrobora la curación de dicha patología. Como excepción a esta norma general, estarían los casos de neoplasias hematológicas crónicas como la LMC o urológicas como la neoplasia de próstata. Siempre se reseñará si han recibido radioterapia torácica
- Digestiva: únicamente la insuficiencia hepática.
- Hematológica: considerando como tal, las que supongan una inmunodepresión, aunque están incluidas a su vez en el apartado de neoplasias
- Infecciosa: únicamente las endocarditis, no porque suponga un riesgo para la infección de la herida *per se*, sino porque corre el riesgo de complicación intra y postoperatorias, y por tanto esternas. En el caso de coexistir una infección de otro tipo, la cirugía se difería hasta ser resuelto el cuadro infeccioso, a excepción de los casos urgentes.
- En relación a la patología cardiológica:
 - o Valvulopatía: aórtica, mitral, tricúspide o pulmonar
 - o Fracción de eyección preoperatoria: dividiéndola en normal o leve (>50%), moderada (30-50%) o severamente deprimida (<30%).
 - o Cirugía programada, de urgencia o emergencia.
 - o Angina inestable en clase funcional IV/IV de la **CHA** (Canadian Heart Association) con o sin nitroglicerina intravenosa, o insuficiencia cardiaca clase funcional IV/IV de la **NYHA** (New York Heart Association), dado que en ambos casos el enfermo no puede deambular y en ocasiones ni sentarse, con el consiguiente riesgo de atelectasias o complicaciones respiratorias.
 - o Infarto preoperatorio de menos de 10 días, dado que al igual que en el caso anterior, el enfermo se ha encontrado inmovilizado unos días.

Intraoperatorios:

Todas las cirugías se realizaron en el mismo hospital, y por consiguiente con el mismo protocolo, motivo por el cual únicamente definiremos variables que dependan exclusivamente del enfermo y el cirujano:

- Duración de la intervención: en minutos.

- Nombre del cirujano.
- Duración de la CEC: a excepción de los realizados sin CEC, en minutos.
- Temperatura mínima durante la intervención.
- Uso de antifibrinolíticos, ya que algunos de ellos (aprotinina: Traxylol®) disminuye la respuesta inflamatoria.
- Numero de mamas utilizadas y su técnica de extracción, pediculada o esqueletizada.

No hemos recogido si se utilizaba cera, ya que cuantificar la cantidad de ésta sería imposible, sin embargo es una variable fuertemente asociada a cada cirujano por lo que si consideraremos si éste la usa o no habitualmente. Igualmente, algunos miembros del servicio utilizan el electrobisturí en modo coagulación en todo momento, mientras que otros prefieren la modalidad de corte, dato que también recogimos. Por último, tampoco analizaremos el uso de inotrópicos intraoperatorios, dado que en la mayoría de los enfermos, éstos se usan durante los primeros minutos tras la salida de CEC.

Postoperatorios en UVI:

1. Numero de días en UVI
2. Intubación prolongada: mas de 24 o 48 horas
3. Realización de traqueotomía
4. IAM, considerando éste si el enfermo presenta dos de los siguientes requisitos: aparición de nuevas Q o alteraciones del ST mantenidas en dos o más derivaciones, aparición de nuevas hipoquinesias o aquinesias en el ecocardiograma, elevación enzimática con MB superior a 50 siempre y cuando esta sea mas del 10% de la CPK total y con curva ascendente.
5. Shock cardiogénico: considerando como tal el uso de más de 10 µg/kg/m de inotrópicos DOPA y DBT , o NAdr a más de 0,5 µg/kg/m durante al menos 24 horas o el uso de BIA.
6. Reoperación: ya fuera por sangrado o cualquier otra complicación
7. Cierre diferido: ya fuere debido a un “paking” o a una “Bogota bag”. La primera consiste en dejar compresas dentro del mediastino con el fin de que exista una compresión de las estructuras consiguiendo un efecto hemostático cerrando en un primer momento sólo la piel. La segunda técnica se trata de cubrir el

mediastino con una membrana transparente sin que se aproximen los bordes del esternón ni de la piel para evitar la compresión de las estructuras mediastínicas.

8. Masaje postoperatorio
9. Sangrado excesivo: entendiendo como tal mas de 1500 c.c. en 24 horas
10. Numero transfusiones: considerando las de hematíes, plasma fresco congelado y plaquetas
11. Desorientación postoperatoria con agitación: valorando como tal si el enfermo requirió haloperidol.
12. Insuficiencia renal postoperatoria, si requirió hemofiltro, siempre y cuando no existiera previamente. No consideramos el uso de diuréticos intravenosos en bolos ya que esta medida es casi constante en el postoperatorio.
13. Glucemias descontroladas: considerando como tal si requirió de perfusión de insulina.

Postoperatorio en planta:

- Caídas accidentales del enfermo mientras caminaba, o desde la cama.
- Exudados de la herida y sus cultivos pertinentes.

Algunos datos del postoperatorio no fueron analizados estadísticamente, ya que se trata de situaciones muy subjetivas; a un enfermo puede habersele administrado haloperidol, pero es muy difícil valorar el grado de agitación del enfermo con una escala, máxime cuando la enfermera o el familiar no se encuentran continuamente observándolo y puede ser tan perjudicial el hecho de que tosa como que se agite, y sin embargo, ¿cómo medir el grado de tos en un enfermo? Igualmente el sangrado no tiene mucha relevancia si no está relacionado con su peso, ya que no es lo mismo que una enferma de 50 Kg. drene 1000 en 24 horas, que lo haga un varón de 100 Kg.

4.4.4.- PROTOCOLO QUIRURGICO

El enfermo era rasurado en planta con una maquinilla eléctrica donde además realizaba dos duchas enjabonándose con esponjas E-Z Scrub® impregnadas en povidona yodada al 10% (0.5% yodo) o en clorhexidina al 0.5%. Este protocolo no se llevaba a cabo en las intervenciones de emergencia.

Ya en quirófano, tras la inducción anestésica, se procede de nuevo al enjabonado del enfermo con las mismas esponjas con las que realizó la ducha, para posteriormente secarlo con compresas estériles, y más tarde aplicar Betadine® (povidona yodada al 5%) directamente sobre la herida, dejando este actuar durante dos minutos.

Tras disponer el campo se aplicaba un apósito plástico Steri Drape® 1050 de 3M.

Al menos 15 minutos antes de la incisión se procedía a la infusión del antibiótico correspondiente:

- cefotaxima 1 g. intravenoso, repitiendo esta durante 8 horas hasta completar las 48 horas postcirugía, en el caso que no se empleara material protésico alguno.
- vancomicina 1 g. intravenoso, repitiendo ésta cada 12 horas durante 48 horas en caso de alergia a penicilinas o derivados, o si en la cirugía se practicaba el implante de algún material protésico o injerto biológico, no incluyendo dentro de este grupo el uso de parches de pericardio.

El cambio de guantes se realizaba protocolariamente, tras montar el campo y antes de cerrar el esternón si el cirujano lo deseaba, o siempre que se produjera algún tipo de contaminación.

La incisión se realizaba con bisturí frío del nº 15, para posteriormente según la predilección del cirujano, realizar el corte del subcutáneo y marcar el periostio con un electrobisturí con mango desechable Promed® conectado a un generador de este Valleylab Force FX ®bipolar de Pfizer en modalidad de corte o coagulación.

Tras realizar la apertura con una sierra Saw II 5590 de SARNS, se cauterizaban los bordes del periostio; dos cirujanos tenían predilección por cauterizar sólo las zonas sangrantes, mientras que los tres restantes cauterizaban todo el borde.

La aplicación de cera para hueso de Ethicom (Johnson&Johnson)®, se llevaba a cabo en todo el esternón por parte de tres cirujanos y sólo en las porciones de médula con sangrado incoercible los dos restantes.

La disección de la mamaria se realizó de forma pediculada por dos cirujanos y esqueletizada en tres. En ambos casos utilizan clips Premium Surgiclip II® de Autosuture.

La apertura del pericardio fue paramedial izquierda en el caso de dos cirujanos y medial en los tres restantes.

Durante la intervención cuatro cirujanos utilizaron sendas compresas entre el separador y el esternón mientras que uno de ellos lo hizo directamente.

La intervención se realizó con o sin CEC, según la preferencia del cirujano.

Tras la finalización de la cirugía tres cirujanos aplicaban electrobisturí sobre todo el periostio como maniobra de hemostasia mientras otros dos sólo donde este sangraba.

El cierre se realiza con los mismos alambres que en el modelo experimental, alambres de acero Ethicom nº5, según el cirujano fueron

- Tres simples
- Uno en X
- Uno pericondral lateral

Las tres técnicas fueron descritas en el apartado experimental, aunque mostramos en las fotos el aspecto externo que presentan los cierres antes de aproximar el plano subcutáneo y la piel, pudiendo aportar más información las Rx expuestas en este mismo capítulo.

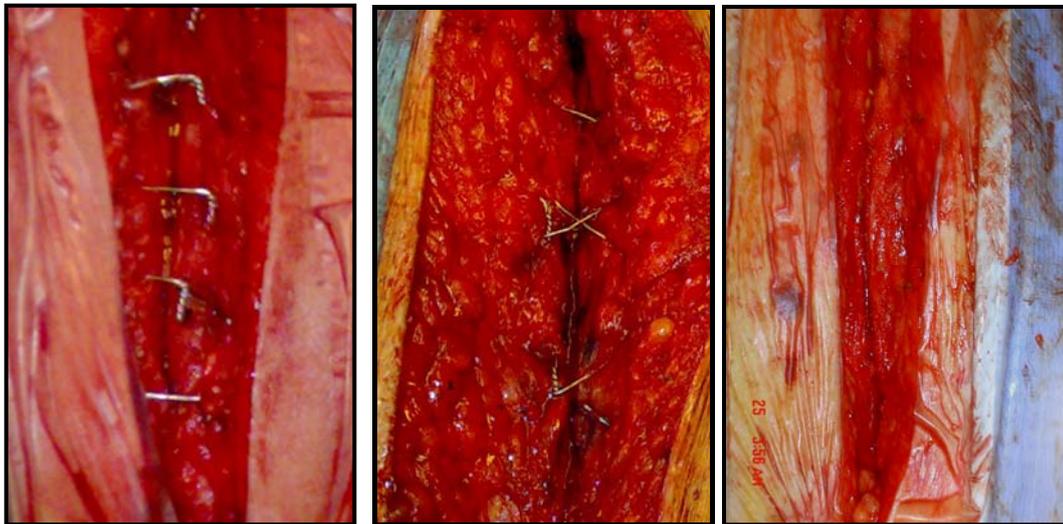


Fig. 4.4.1.A

Fig. 4.4.1.B

Fig. 4.4.1.C

Fig. 4.4.1. Aspecto de los tres tipos de cierre antes de aproximar el plano subcutáneo.

A: Cierre Simple; B: Cierre en X; C: Cierre Pericondral

El cierre del tejido subcutáneo se llevó a cabo con sutura reabsorbible de ácido poliglicólico impregnada de 2º (Dexon de Johnson&Johnson)® en uno o dos planos según el grosor del panículo adiposo, y posteriormente grapas Royal 35W® de Autosuture, o se realizaba una intradérmica en ocasiones con sutura trenzada reabsorbible de 4º o con monofilamento no reabsorbible del mismo tamaño.

Uno de los cirujanos además daba, si el enfermo era obeso o mujer, dos o tres puntos de colchonero en el tercio inferior con monofilamento del 2 (Maxon)®.

Tras esto se aplicaba povidona yodada y la herida se cubría con un apósito.

Cuidados postoperatorios:

De la herida:

- Todos los días cura con povidona yodada tras haberse lavado o duchado el enfermo, según éste se encontrara capaz de hacerlo o no, y la herida era cubierta con un apósito Mepore®. En días posteriores se retiraban los puntos totales si existían (quinto día), la mitad de grapas (séptimo u octavo día) y el resto de grapas (uno o dos días después).
- A partir del séptimo día la herida se dejaba expuesta, salvo que el enfermo refiriera roce o molestias, en cuyo caso se mantenía cubierta con un apósito.

Del enfermo:

- Previamente a la cirugía programada, el paciente es visto por el fisioterapeuta para instruirle cómo realizar ejercicios para mejorar su mecánica y función respiratoria, además de enseñarle a sujetarse durante los accesos de tos.
- En el postoperatorio los enfermos obesos se les aplicaba una faja de contención, aunque ésta se mantenía según decisión del cirujano o confort del paciente, siendo tres cirujanos proclives a su uso, otro según el caso y un quinto reticente.
- Se obligaba, sin embargo, a las enfermas que tuvieran mamas voluminosas a la utilización de un sujetador de algodón ajustado.
- Instrucción, por parte del personal de enfermería, de cómo dormir y levantarse de la cama, dejando para ello una cuerda en el pie de ésta, de forma que pudiera asirse a ella para incorporarse. Aplicando la regla mencionada de A, B, C, D, E.
- Tras ser dado de alta, se le aconsejaba no dormir de lado durante al menos 4 semanas, así como no levantar pesos ni conducir hasta el tercer mes.

4.4.5.- PARAMETROS CLÍNICOS A ESTUDIO DE LOS DISTINTOS CIERRES

En este estudio analizaremos tres datos:

- Dolor del enfermo: dado que este parámetro es muy subjetivo, y que en muchos casos los enfermos durante el postoperatorio no se encuentran en disposición de especificar el grado de éste, hemos utilizado una misma pauta de analgesia durante su estancia hospitalaria, siendo ésta: Cloruro mórfico en perfusión hasta que el enfermo era extubado, posteriormente Droal® (Ketorolaco) una ampolla de 50 µg. cada 6 horas intravenoso alternando con Proferalgan® 1 gramo cada 8 horas. Ya en planta dos cirujanos utilizaban Ketorolaco® oral cada 8 horas si refería dolor, mientras que tres lo hacían con Paracetamol® 1 gramo cada 8 horas, e Indometacina en el caso de que el enfermo fuese menor de 65 años, dejando como rescate y si el enfermo lo solicitaba el uso de un derivado mórfico oral (Adolonta® 50 m.g. cada 8 horas). Si con ello no era suficiente y el enfermo reclamaba más analgesia, se utilizaron parches de Durogesic® de 50 cada 72 h. Por ello, dada la diversidad de analgesia, hemos reagrupado las pautas en:
 - Enfermos que se mantuvieron solo con AINES
 - Enfermos que requirieron derivados mórficos
- Infección de la esternotomía:
 - o infección superficial: exudado con cultivo positivo o supuración superficial con o sin afectación general (fiebre, leucocitosis o aumento de la PCR), sin o con solución de continuidad de la piel, pero en caso de que exista, no debe visualizarse el esternón; es decir sólo afectación de la piel y/o tejido subcutáneo superficial.
 - o infección profunda: exudado con cultivo positivo o supuración profunda, con o sin afectación general, llegando con la torunda de cultivo al hueso o apertura de la herida visualizándose éste o algún alambre.
 - o Mediastinitis: infección profunda con afectación esternal o del mediastino, con exudado purulento y/o cultivo positivo (local o en sangre) y afectación sistémica (fiebre, leucocitosis, aumento de la PCR, sepsis) sin otro foco aparente.
- Dehiscencia de la herida:
 - o Dehiscencia superficial de la herida: separación de los bordes de la piel

- Dehiscencia profunda: separación de los bordes de la herida visualizándose el hueso o los alambres.
 - Dehiscencia ósea: separación de los hemiesternones manteniéndose la piel sin solución de continuidad.
 - Dehiscencia de todos los planos: tanto de la piel y el tejido subcutáneo como de los bordes esternales.
- Inestabilidad esternal:
- Parcial: aquella en la cual el enfermo refiere “claqueteo” de los bordes o se aprecia que alguna porción del esternón es inestable mediante la presión de este mientras el enfermo tose.
 - Total: aquella en la que ambos hemiesternones se encuentran con motilidad independiente en toda su longitud.

Ante la gran diversidad de situaciones, y con el fin de no englobar en el estudio enfermos con dehiscencia esternal secundaria a mediastinitis, ya que estas se asocian frecuentemente, sólo tomamos como casos aquellas dehiscencias esternales que:

1. Fueron reintervenidas quirúrgicamente con el fin de fijar ambos hemiesternones, independientemente del momento en que se llevara a cabo.
2. No presentaban signos de infección profunda, o mediastinitis.

4.4.6.- INTERVALO DE TIEMPO-NUMERO DE INDIVIDUOS A ESTUDIO

Dada la baja incidencia de la complicación en cuestión, se recopilaron enfermos durante un periodo de tiempo de cuatro años de forma prospectiva y de seis años más retrospectivamente, no obstante cabe mencionar ciertos detalles.

1. El tiempo no fue el condicionante primario del total de individuos incluidos en el estudio, sino el necesario para recopilar una muestra suficiente para disponer, sino del mismo número de enfermos dentro de cada grupo, si al menos una muestra de más de 200 enfermos de cada cirujano, es decir, dentro del trabajo existen cirujanos cuyo tamaño de muestra fue alcanzado en poco más de tres años, mientras que en otros fue necesario un periodo de tiempo superior, por lo que este estudio se basa en casos recogidos de forma retro y prospectivamente.
2. En ocasiones, han pasado por nuestro servicio cirujanos con una corta estancia, que aunque realizaban las técnicas de cierre habituales no alcanzaron el mínimo de enfermos requerido. Si además tenemos en cuenta que la dehiscencia depende del cirujano, según

vimos en el análisis de datos *a posteriori*, hizo que excluyéramos los enfermos intervenidos por estos profesionales con el fin de no añadir un sesgo en el estudio.

3. Las pruebas gammagráficas se llevaron a cabo de forma prospectiva en el plazo de un año para evitar sesgos debido a diferente aparataje o personal.

4. La muestra recabada de forma prospectiva durante cuatro años fue la utilizada para comparar los diferentes cierres, mientras que el resto de enfermos incluidos retrospectivamente fueron empleados para analizar factores de riesgo de la dehiscencia, sin tener en cuenta el tipo de cierre.

5. El límite de tiempo de 10 años, fue establecido basándonos en el inicio del uso de la base de datos existente actualmente en nuestro servicio (SICSS).

4.4.7.- RECOGIDA DE DATOS

Todos los datos de los enfermos fueron incluidos en el programa SICSS® el día de la intervención del enfermo, igualmente en el momento del alta se recopiló todo lo acaecido durante el postoperatorio. Por último, se añaden las complicaciones pertinentes en lo que a nuestro estudio se refiere al ser visto en consultas externas, generalmente al mes tras ser dado de alta. Este límite de tiempo es suficiente para considerarlo como el punto de inflexión, a partir del cual, la posibilidad de una complicación esternal, si no existía previamente, sea despreciable.

Durante su ingreso frecuentemente el cirujano observó la herida y valoró la estabilidad esternal, presionando con el dedo índice y pulgar en la región xifoidea, ordenando al enfermo toser y así apreciar la inestabilidad de la zona. Si en algún momento aparecía un exudado se tomaba una muestra con una torunda que se enviaba a cultivar en el laboratorio de microbiología de nuestro centro, el cual posteriormente nos facilitaba los datos recogidos.

En caso de que el cultivo fuera positivo, se recogieron el germen y su antibiograma, esta faceta sólo se pudo recopilar en los enfermos operados durante los últimos cinco años.

De igual forma, en caso de que existiera una inestabilidad, ésta era seguida hasta que desaparecía, describiendo si en las radiografías se apreciaba algún hallazgo de los ya mencionados en el apartado de la radiografía de tórax, siendo tratada según el criterio del cirujano.

Por último, aquellos pacientes que precisaron ser reintervenidos para una nueva fijación esternal, la técnica quirúrgica dependió del cirujano que la realizó, describiendo:

- Existencia de alambres rotos.

- Sección total o parcial de los hemiesternones y a que nivel se encontraban.
- Existencia o no de derrame pericárdico.

4.4.8. ANALISIS DE DATOS

Tras la recopilación de datos de nuestra base (SICCSS) en una tabla de Excel, fueron transformados y analizados por el servicio de epidemiología de nuestro centro, utilizando el programa SPSS 11.1®, expresando los resultados de forma numérica y gráfica.

Primeramente compararemos los enfermos en los que se realizaron los diferentes tipos de cierre con vistas a discernir si los grupos eran homogéneos y si existían diferencias significativas entre los resultados, valorando su tanto por ciento respecto al total de cada grupo.

Posteriormente analizamos todos los casos de dehiscencia acaecidos en nuestro hospital durante los últimos diez años independientemente del tipo de cirugía al que fueron sometidos, comparándolos con el grupo control de enfermos operados durante este tiempo para discernir los posibles factores de riesgo.

Finalmente buscamos asociaciones entre las características de los casos de dehiscencia recojidos, con el fin de buscar interrelaciones entre los condicionantes y discernir cuales son realmente factores de riesgo, y cuales factores de confusión, desglosando algunas de las variables con gran diversidad como la edad o el IMC.

V.- RESULTADOS

5.1. – Resultados de la actividad tisular.

Dado que los resultados de esta prueba son cuantificables con una escala de color, expondremos primero esta teniendo en cuenta que el azul oscuro significa una captación mínima, mientras que el blanco quiere decir que es máxima, colores intermedios de mayor a menor captación son: rosa, rojo, naranja, amarillo, verde, azul. Fig. 5.1.



Fig. 5.1. Escala de captación desde el blanco (máxima), hasta el azul oscuro (mínima).

Todos los enfermos sometidos a esta prueba fueron intervenidos en nuestro servicio de revascularización coronaria, realizándose extracción de ambas mamas. Ninguno presentaba factores de riesgo de dehiscencia, y su evolución cursó sin complicaciones intra o postoperatorias, es decir se trata de un grupo seleccionado y muy homogéneo.

Cada tipo de cierre, simple (CS), en ocho (CX) y pericondral (CP) se analizó a las seis semanas (1.5M), tres meses (3M) y seis meses (6M) de forma independiente, comparándolos según el momento postcirugía y el tipo de cierre, denominando cada caso con una letra según el esquema. Fig. 5.1.

		Tiempo transcurrido tras la cirugía		
		6 semanas	3 meses	6 meses
Tipo de cierre	Simple	A	D	G
	Ocho	B	E	H
	Pericondral	C	F	I

Fig. 5.2. Código de imagen en cada caso según el tipo de cierre y el momento en que se realizó la prueba.

Los resultados fueron los siguientes:

1.- Fase precoz.

Sin diferencias entre los distintos tipos de cierre aunque con mayor captación en las realizadas a los tres y seis meses.

Esto nos indica que la rapidez con la que el contraste alcanzó el esternón es similar, independientemente del tipo de cierre, pero algo más lenta en la realizada a las seis semanas debido que al haberse extraído ambas mamas la circulación colateral aún no está totalmente establecida. Sin embargo, como hemos dicho, ninguno de los cierres modificó la llegada de contraste.

Esta fase está sometida a una gran variabilidad del resultado ya que se lleva a cabo a los 30 segundos tras la administración del contraste, con la consiguiente influencia de factores tan variables como el gasto cardiaco en ese momento.

2.- Fase vascular.

Al igual que en la anterior, no se apreciaron diferencias entre cierres; sin embargo, también encontramos un enlentecimiento de la captación en la realizada a las seis semanas, por el mismo motivo que hemos comentado en la fase previa; recordemos que en la fase que nos encontramos la medición se realiza a los 60 segundos de inyectar el contraste. No obstante, ni esta fase, ni la anterior, son el objetivo de este trabajo.

3.- Fase ósea.

Las diferencias fueron más marcadas según el criterio a considerar:

- Momento en que se realizó la prueba: en todos los enfermos estudiados a las seis semanas (A, B, C) se aprecia una captación muy superior, tanto en intensidad como en la extensión del área esternal afecta, que las realizadas posteriormente. De igual forma, la porción de esternón con mayor captación, tanto en grado como en extensión, es la del manubrio. Las zonas de mayor intensidad se centran en la línea media (blanco), de forma que según nos alejamos de ésta, disminuye paulatinamente (rojo-amarillo-verde). Cabe destacar la frecuente aparición de cierta captación a nivel de la articulación acromioclavicular.

En las realizadas a los tres meses (D, E, F) la captación, ha ido haciéndose menor en superficie e intensidad, ya que sólo la zona correspondiente al manubrio presenta una intensidad máxima (blanco) en algunos puntos, mientras que más de la mitad

del esternón sólo tiene una intensidad baja (verde). Igualmente la zona descrita a nivel de la región acromioclavicular casi ha desaparecido.

Las efectuadas a los seis meses (G, H, I), la captación ha disminuido aún más, en los dos aspectos ya comentados ; sin embargo existe un remanente en el manubrio, manteniéndose no obstante, la captación en el resto del esternón, aunque con un grado muy inferior a los previos.

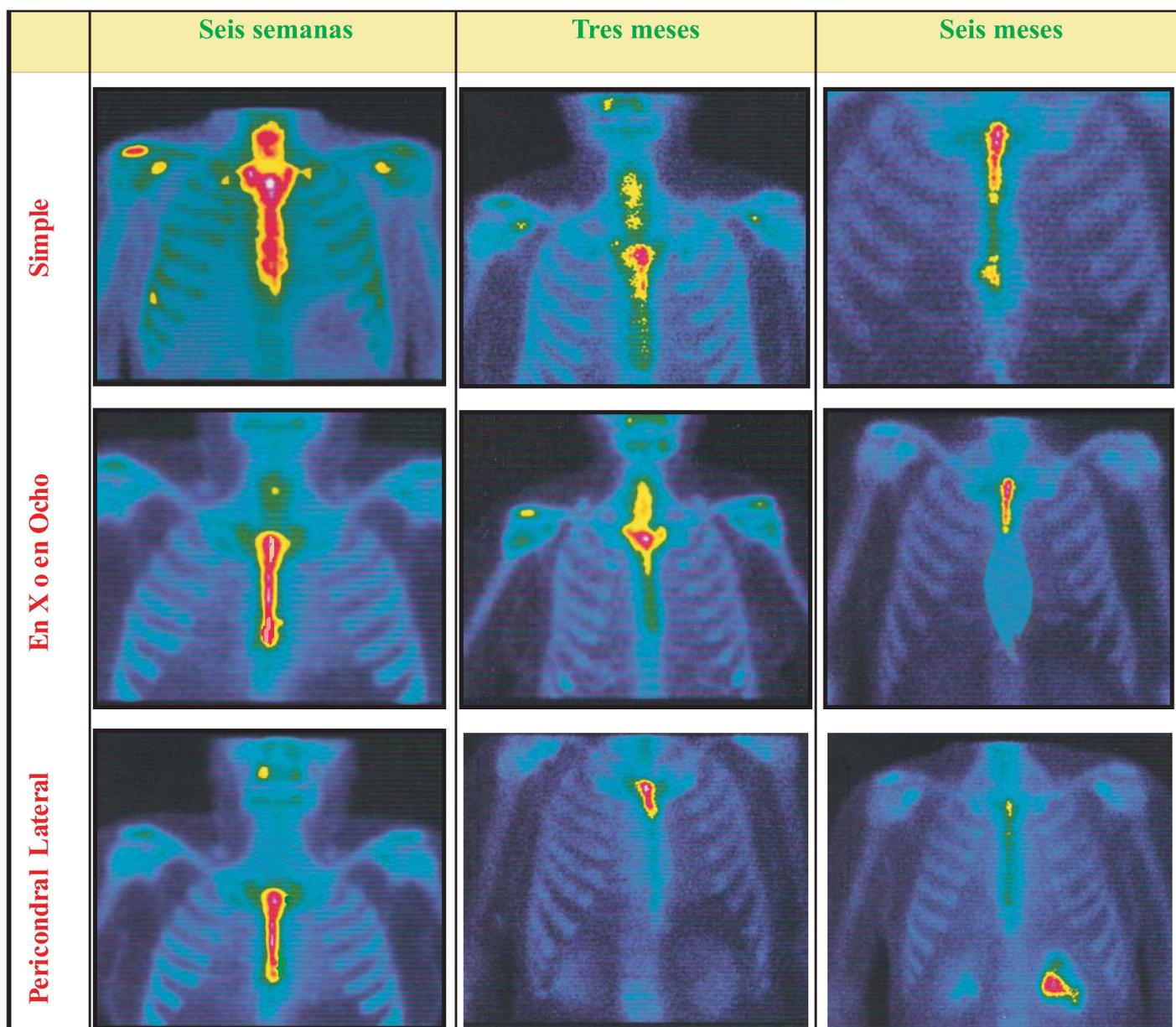


Fig. 5.3. Las imágenes según el cierre y el momento en el que se realizó la gammagrafía. Cada imagen se corresponde con el esquema de la fig. 5.2.

- Tipo de cierre: No se apreciaron diferencias significativas entre los diferentes modelos de cierre en lo que a la extensión de la captación se refiere, aunque sí parecen ser menores con el cierre pericondral lateral y en ocho.

Referente al aspecto de intensidad, es clara la diferencia si comparamos en las imágenes el descenso de intensidad en los tres casos en los que se llevó a cabo el cierre pericondral lateral respecto a los otros dos modelos, existiendo a las seis semanas una menor extensión del área con alta captación del C (CP) respecto del A (CS) y el B (CX), siendo en proporción, según el momento en el que se realizó la prueba, el que más diferencias mostraba.

A los tres meses, la diferencia entre F (CP) y E (CX) es mínima aunque sí existe entre ambas con la imagen D (CS).

Finalmente a los seis meses de nuevo la diferencia reaparece en el I (CP), ya que es notablemente menor que la de los otros dos cierres: G (CS) y H (CX).

No obstante, valoradas las imágenes por los especialistas correspondientes no hallaron diferencias significativas entre ellos.

5.2. - Resultados experimentales.

5.2.1. RESULTADOS EXPERIMENTALES: MODELOS HUMANOS

Como ya comentamos en los apartados de material y método, los distintos tipos de cierre fueron sometidos a tracciones de diferente intensidad, es decir, **con control de carga**, valorando el desplazamiento que se producía entre los hemiesternones, hasta llegar a la fractura del hueso o del alambre. Los resultados serán expresados en una tabla en la que figuran múltiples conceptos, figurando entre paréntesis la nomenclatura abreviada, a saber:

- **Columnas o tipo de cierre analizado**, existiendo por tanto tres: cierre simple (CS); cierre cruzado en X o en 8 (CX); cierre pericondral lateral (CP).
- Cada una de dichas columnas vendrán a su vez desglosadas en tres **subgrupos de columna o numero-grosor de los alambres**: el A y el B, varían según la cantidad de alambres empleados, de tal forma que el número de puntos donde se atraviesa el esternón en cada lado será diferente dentro de una misma columna, pero similar dentro de los subgrupos de columna con igual letra; en el subgrupo A existirán 12 puntos donde el acero se ancla al hueso, mientras que en el B serán 16. Es importante no confundir el número de puntos donde el alambre se ancla al esternón con el número de alambres que cruzan la línea media (cada alambre con cierre simple penetra el esternón en dos puntos mientras que cada alambre en X o pericondral lo hará en cuatro puntos). Este concepto fue explicado en el capítulo de hipótesis, apartado 2.2. (Análisis mecánico del cierre esternal), pero hablaremos de él más detalladamente en la discusión. Por último, existirá un tercer subgrupo dentro de las columnas con la letra C. En este, el número de zonas donde se ancla el sistema al hueso será similar al subgrupo A, es decir 12 puntos en todos los cierres, pero la sección del alambre será mayor: mientras que en el grupo A y B el acero es de 0.8 mm. en C 1 mm.
- **Filas o intensidad a la que fueron sometidos los cierres**: se realizó una tracción con control de carga, desde 10 N/mm^2 , con incrementos progresivos de 10 N/mm^2 , hasta aquella intensidad en que se produjo la fractura de más de 1/3 de los alambres, o el desgarró completo en dos puntos a diferente nivel en cualquiera de los hemiesternones, permitiendo una separación de más de 5 mm. entre hemiesternones sin estar sometido el sistema a ninguna tracción. Esta última tensión es lo que definimos como **limite de máxima estabilidad (LME)**,

es decir la tensión a partir de la cual el sistema deja de ser eficaz para una correcta osificación aunque exista suficiente estabilidad mecánica (Fig.5.4.B).

El experimento finaliza cuando más de 2/3 de los alambres están fracturados, y/o más de 2/3 de los puntos de anclaje del alambre al esternón han rasgado por completo a éste (considerándose sólo los situados a distinto nivel) o la separación entre hemiesternones es mas de 10 mm superando así lo que hemos denominado el **límite de mínima estabilidad (LmE)** o límite a partir del cual el cierre se considera que no aporta la estabilidad suficiente como para que sea eficaz clínicamente y obliga a reintervenir al enfermo (Fig. 5.4.C).

- **Línea amarilla transversal o representación grafica del límite eficaz de máxima estabilidad**, a partir del cual las tensiones que han conducido a la rotura del hueso o el alambre, de continuar, acabarían provocando una dehiscencia total, debido a que la tensión por alambre en ese momento aumentaría bruscamente al tener que repartir la tensión total entre un menor número de alambres o puntos de anclaje.
- **Línea roja transversal o límite de mínima estabilidad**, a partir de la cual el experimento finaliza, por lo que a partir de esa intensidad no aparecen más valores. No ha lugar el seguir traccionando de unos hemiesternones que a nivel clínico ya se considerarían totalmente inestables. Esta consideración parte de la base que la capacidad de desgarrar o fractura en un sistema de osteosíntesis múltiple no es aislada, sino que la movilización de parte de dicho sistema lleva implícita que el resto se desplace en mayor o menor medida, es lo que denominamos **interrelación del sistema**, o dicho de otro modo, nunca existirá un desgarrar o fractura local sin que las zonas próximas sufran en mayor o menor medida cierto desgarrar u alguna otra fractura. Finalmente, decir que en la mayoría de los casos de dehiscencia clínica que requieren una reoperación, presentan la parte del manubrio mas o menos integra, esto se debe a la explicación ya dada de que el tercio inferior se desplaza, o aumenta de volumen, mucho más durante la inspiración que la zona superior.

Explicaremos lo anterior con un ejemplo, si en el cierre simple con seis alambres se produce el desgarrar completo en uno de los hemiesternones y la fractura de un alambre a otro nivel (es decir no coincide la zona de fractura con el alambre roto) habremos alcanzado el limite de máxima estabilidad, pero no el limite de mínima estabilidad. De igual forma si en el cierre en X con tres alambres se rompe un alambre sin existir ninguna fractura esternal en una porción de hueso no relacionada con ese alambre, hemos alcanzado el limite de máxima

estabilidad, ya que cada alambre engloba al esternón a dos niveles. Por el contrario si en el cierre simple con seis alambres tenemos la fractura de un alambre y el rasgado de dos puntos en el esternón, todos ellos a distinto nivel, no habremos alcanzado el límite mínimo de estabilidad, mientras que si esto mismo ocurre en el cierre en X con seis alambres sí lo habríamos hecho.

- Dentro de cada fila existirán cuatro **subgrupos de fila o las distintas porciones del esternón** donde se mide la separación, siendo estas: μ o manubrio, π o cuerpo y ψ o xifoides.
- **Resultados o desplazamiento de los hemiesternones**, expresados en milímetros, o la distancia a la que se separan los hemiesternones tras el ciclo, es decir en el momento de la medición no existe tracción alguna, con la intensidad que expresa la fila correspondiente.

Un ejemplo de nomenclatura de cada casilla de resultado será aquella en la que la primeras dos letras determinan la columna o tipo de cierre (CS, CX, CP), la primera letra griega el subgrupo de la columna o numero de alambres empleado o su grosor (A, B, C), las columnas vendrán separadas de las filas por un guión. La fila vendrá definida por un numero seguido de una "N" o la intensidad máxima de tracción del ciclo (...N), los subgrupos de la fila por la segunda letra griega o lugar de la medición (μ , π , ψ). v.g. la casilla CS.A-20N π :2mm corresponde al cierre cruzado en X con tres alambres sometido a un ciclo de diez pulsos de 20 N/mm² de intensidad, en la porción del mango, se ha desplazado 2 milímetros.

Comparaciones entre los resultados, no analizados estadísticamente los resultados desde un punto de vista numérico ya que nos obligaría a definir qué separación la consideramos como tolerable, sabiendo que la ideal es 0, o en el peor de los casos, aquella que aunque se presente durante la tracción, al ceder esta regrese sin provocar daños en el hueso o el acero, es decir la diferencia entre cierres queda determinada por los límites de mínima y máxima estabilidad.

El límite de máxima estabilidad se mantiene en todos a bajas tensiones (10N/mm.²), pero al superar las tensiones medias (20 y 30 N/mm.2) se mantiene mejor en aquellos que se han utilizado un mayor número de puntos de anclaje en todos los casos, pero en el cierre pericondral este límite mejora tanto al aumentar el numero de puntos de anclaje como el grosor del alambre.

El LmE seguirá siendo, al igual que el LME, mayor cuantos más puntos de anclaje existan, sin embargo ante tensiones de alta intensidad (40 o más N/mm.²) en el caso de los cierres simple y en X se producía un desgarró del hueso, cosa que no ocurrió en ningún caso utilizando el cierre pericondral. En el caso del cierre simple el aumentar el

grosor del acero no llevó implícito un aumento del LME, cosa que sí pareció ocurrir en el caso del cierre en X y mucho más aún en el pericondral.

Por último, en caso del cierre pericondral, tanto el aumento del número de alambres como el grosor del acero trajo consigo soportar mejor las tracciones, con una mayor ventaja al aumentar la sección del alambre respecto al aumento de los puntos de anclaje, siendo siempre estos los que se fracturaban sin causar destrozos sobre el cuerpo esternal, aunque en ocasiones ocurrió que se rompían los puntos de anclaje en los orificios costales.

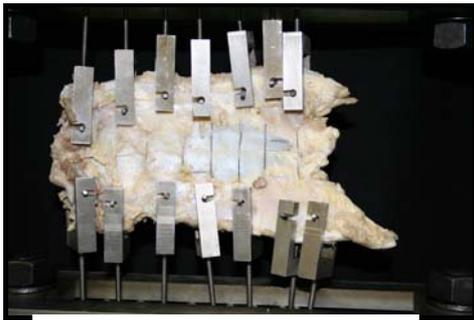


Fig. 5.4.A: Inicio del estudio

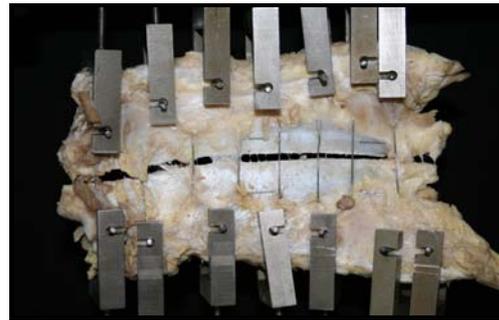


Fig. 5.4.B: límite de máxima estabilidad (LME)

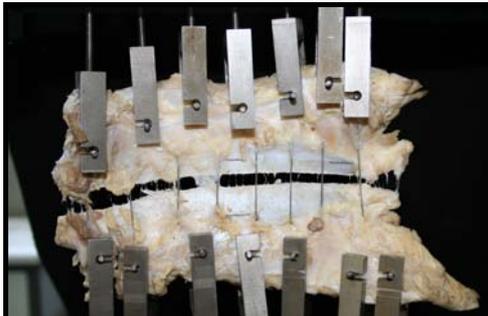


Fig. 5.4.C: límite de mínima estabilidad (LmE)



Fig. 5.4.D: Rasgado del esternón por carga máxima

En la tabla sólo hemos expresado los datos del estudio con establecimiento de la tracción rápida (más de 100N/seg.), ya que son más fisiológicos, aunque en ningún momento alcanzamos la velocidad de instauración que ocurre en vivo, recordemos que se instauran 1200 N en 0,2 segundos. Por el contrario, cuando la instauración de las cargas se realizaba lentamente los esternones se separaban de forma similar en todas las porciones esternales, con cierta tendencia a hacerlo en mayor medida en el tercio inferior. Todo ello con valores de mayor intensidad, ya que al establecerse la tracción lentamente se repartía uniformemente por el sistema (comentamos el ejemplo de la cuerda atada a un extremo sobre la que traccionamos bruscamente), lo que hacía que se separara tanto la porción del mango como la del xifoides. Sin embargo cuando

superábamos cargas de mas de 100 N/mm² lo que se fracturaba no era el hueso ni el alambre, sino el lugar donde los resortes de anclaje se unían al esternón a nivel de la unión condrocostal.

		Cierre Simple			Cierre en 8 o en X			Pericondral Lateral		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
10N/mm ²	μ	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	π	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ψ	0	0	0	0	0	0	1	0	1
20N/mm ²	μ	0	0	0	0	0	0	1	0	1
	π	1	0	0	1	0	1	1	1	1
	ψ	0	1	1	1	1	1	1	0	1
30N/mm ²	μ	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	π	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	ψ	4	4	4	4	4	4	4	4	4
40N/mm ²	μ	2	2	4	5	3	3	4	2	3
	π	6	4	6	6	4	6	4	2	4
	ψ	9	5	8	8	5	7	6	4	5
50N/mm ²	μ	—	4	4	—	5	4	6	3	4
	π	—	7	7	—	7	7	8	3	4
	ψ	—	9	8	—	9	8	10	6	6
60N/mm ²	μ	—	—	—	—	—	—	—	5	7
	π	—	—	—	—	—	—	—	7	7
	ψ	—	—	—	—	—	—	—	8	8
70N/mm ²	μ	—	—	—	—	—	—	—	7	9
	π	—	—	—	—	—	—	—	9	9
	ψ	—	—	—	—	—	—	—	10	10

Tabla 5.2.1. Columnas: tipo de cierre; filas: tensión de tracción; A: 12 puntos de anclaje (acero 0.78 mm.); B: 16 puntos de anclaje (acero 0.78 mm.); C: 12 puntos de anclaje acero 1.2 mm.; μ: manubrio; π: cuerpo; ψ: xifoides; línea amarilla: límite mínimo de estabilidad; línea roja: límite máximo de estabilidad.

Sin embargo, el experimento con establecimiento de carga lento nos aportó un dato muy interesante: la capacidad de recuperación tras la tracción. Mientras que en el cierre simple y “en X” tras ser sometido el esternón a tensión, cuanto esta cedía, ambas mitades se mantenían a una distancia muy similar a cuando se ejercía la tracción. Fig. 5.5.A y 5.5.B. Sin embargo el cierre pericondral lateral cuando se ejercía la tracción, existía una separación que remitía tras ceder la tensión Fig.5.5.C y 5.5.D. Este comportamiento se mantuvo durante todos los ciclos, si bien fue haciéndose menos evidente cuando las tracciones superaron los $70\text{N}/\text{mm}^2$, que empezaron a aparecer las primeras fracturas tanto del hueso, como de las zonas de anclaje de los resortes de tracción. En la tabla 5.2.2. expresamos en tanto por ciento la capacidad de recuperación de cada uno de los cierres hasta que aparecieron las mencionadas fracturas. En esta fase del estudio, ningún alambre se fracturó, siendo siempre el hueso quien sufrió desperfectos.



Fig.5.5.A

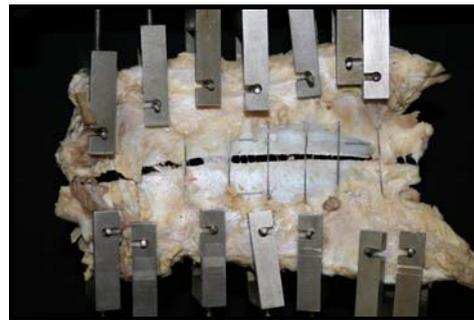


Fig.5.5.C



Fig.5.5.B

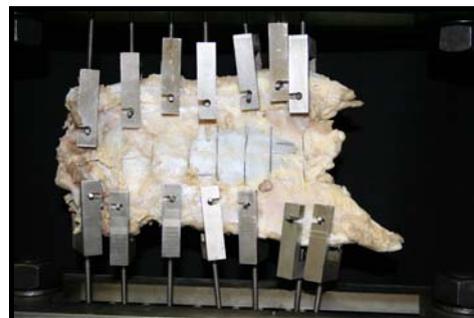


Fig.5.5.D

Fig.5.5. El cierre simple durante la tracción (A) y tras ceder esta (B).

Fig.5.5. Cierre pericondral lateral durante la tracción (C) y tras ceder esta (D).

		CS	CX	CPL
30 N/mm²	Con carga (mm.)	5	5	6
	Sin carga (mm.)	1	1	1
	Recuperación (%)	80	80	83.4
40 N/mm²	Con carga (mm.)	6	6	7
	Sin carga (mm.)	3	2	1
	Recuperación (%)	50	66.6	85.8
50 N/mm²	Con carga (mm.)	7	7	8
	Sin carga (mm.)	5	4	2
	Recuperación (%)	28.5	42.8	75

Tabla 5.2.2. a medida que aumentamos la carga, la capacidad de recuperación en todos los cierres disminuye al deformar o rasgar el esternón, sin embargo en el CP como no se producen dichos desgarros su capacidad de recuperación es superior.

5.2.2. RESULTADOS EXPERIMENTALES: MODELOS NO HUMANOS

Inicialmente se realizó la tracción y la representación grafica del comportamiento del alambre empleado para el resto de los cierres. Vemos como el acero soporta una carga de 200 N, con una pendiente que expresa la condición elástica del material en cuestión, para posteriormente aplanarse la curva, esto es fruto de la plasticidad del alambre lo que hace que con un leve aumento de la tracción el sistema se deforme. Esta sería la zona que en teoría no deberíamos alcanzar en ningún momento, ya que el material no recupera su longitud al ceder la carga. Finalmente llegamos al punto de ruptura por lo que la curva cae bruscamente.

Fig. 5.6.

Tensión Densidad Diámetro Inicial (kgf/mm ²) (mm)	Sección Inicial (mm ²)	Diámetro Final (mm)	Sección Final (mm ²)	Estricción (%)
0,77	0,466	0,36	0,102	78,1
Fuerza límite elástico (kgf)	20			
Fuerza máxima (kgf)	33			

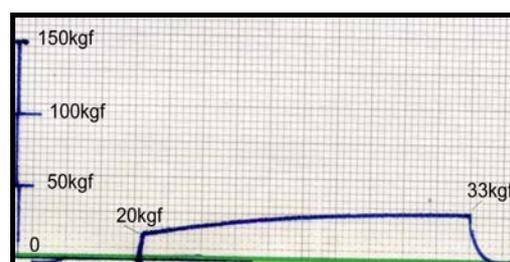


Fig. 5.6. Grafica y valores de tracción para el alambre empleado

Posteriormente repetimos el análisis con los tres cierres en cuestión: CS, CX, CPL. Cada uno de ellos fue sometido a tracciones crecientes de 3 mm./minuto de separación entre ambas mitades, es decir, **con control de desplazamiento**. Cada cierre se realizó con un número diferente de alambres, y dispuestos de diferente forma, al igual que hicimos con los esternones. Monitorizamos los siguientes parámetros que para recordar definimos también aquí (fig. 5.7.)

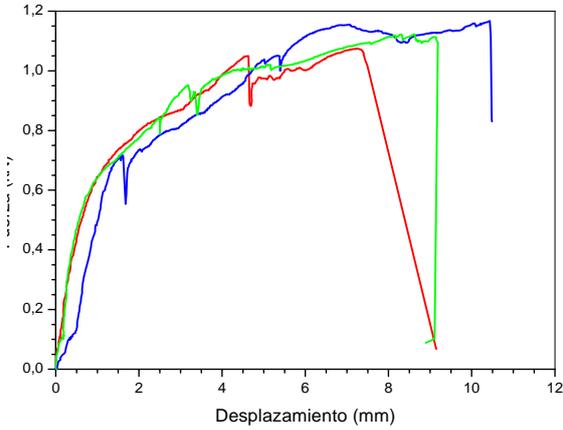
- Rigidez: Razón entre fuerza en Newtons y la elongación en mm. en el primer tramo del diagrama carga-elongación.
- Fuerza inicial (F_0): carga máxima a partir de la cual comienza la deformación plástica del acero (donde finaliza la zona de la curva con mayor pendiente).
- Fuerza máxima (F_{max}): carga máxima que soporta el cierre a partir del cual el acero se rompe (donde finaliza la zona de la curva con menor pendiente).
- Fuerza normalizada (F_{Norm}) razón entre una fuerza aplicada al cierre y su correspondiente en el alambre ante una tracción uniaxial.
- NUI: número de alambres que cruzan la línea media, o numero de unidades intermedias de acero que transmiten la tensión entre ambas mitades del MEA.
- Eficacia del cierre (η): relación entre la fuerza normalizada máxima ($F_{Norm\ max}$) y el número de veces que el alambre cruza la línea media, expresado en %.
- Grafica del comportamiento de los alambres, expresando la zona elástica, zona plástica, punto de ruptura y ductilidad del sistema, expresada en unas graficas aparte (fig. 5.8., 5.9. y 5.10.), no obstante dado que la variación de las curvas se encuentra fundamentalmente en la zona elástica expresaremos un valor que indica la pendiente de la curva en esta zona de la grafica. Por último recordar lo ya dicho en el capítulo de material y método, la grafica no representa exactamente la fase elástica y plástica, ya que durante la primera existe cierta elongación que se debe al ajuste inicial del cierre, y durante la segunda existen caídas de fuerza debidas a desrotación de los alambres donde fueron anudados.

Primero expondremos los resultados en una tabla y a continuación detallamos las graficas de cada experimento. Con cada numero de alambres se llevó a cabo tres veces la misma prueba a excepción de que existiera algún error en alguna, en cuyo caso se repetía, apareciendo cada una en distinto color. No se exponen todas las graficas ya que los resultados numéricos están expresados en la tabla 5.7.

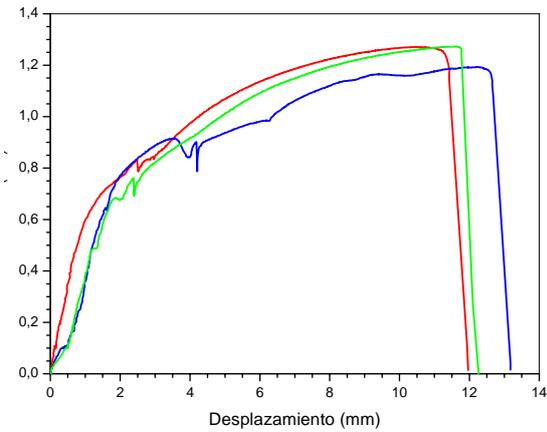
		Rigidez	F _o	F _{max}	NUI	Eficacia
CS	2s	719	315	1074	4	76,1
	4d	862	1217	2280	8	80,8
	2dp	1266	1380	2509	8	88,9
	4s	1224	761	2087	8	73,9
	8s	2051	2389	4669	16	82,7
	16d	3415	4781	8091	32	71,7
	8dp	3912	4958	8508	32	86,3
CX	1s	677	489	1271	4	90,0
	2d	904	1243	2274	8	80,6
	1dp	1049	1301	2309	8	81,8
	2s	947	1258	2275	8	80,6
	4s	1845	2522	4693	16	83,1
	8d	2843	4906	8846	32	78,3
	4dp	2956	4869	8758	32	79,9
CP	1s	230	369	690	2	97,7
	2d	395	789	1357	4	96,2
	1dp	322	817	1372	4	97,2
	2s	443	733	1361	4	96,4
	4s	622	1720	2874	8	100
	8d	1413	2944	5283	16	93,5
	4dp	1312	3009	5349	16	95,6

Fig. 5.7. Las columnas expresan el tipo de cierre empleado, siendo el valor numérico la expresión de cuantos alambres se han utilizado en ese tipo de cierre. La letra “s” (sencilla) significa que el cierre se realizó de la forma habitual, “dp” (doble pasada) que con cada alambre se efectuó dos veces el mismo cierre al mismo nivel externo, “d” (doble) que el mismo cierre se llevó a cabo dos veces al mismo nivel del esternón con alambres diferentes, es decir en cada nivel dos alambres realizaban el mismo cierre. Como el CX y CP abarcan el esternón a dos niveles diferentes cada alambre, el número de estos es siempre la mitad que en el CS a la hora de compararlos. Los valores de las fuerzas están expresados en Newtons; la rigidez en N/mm y la eficacia del cierre en %. Para facilitar las comparaciones en relación al número de alambres o de unidades intermedias (NUI) que cruzan la línea media hemos representado de igual color aquellos con igual valor. Destacar que el CP es el que presenta una mayor eficacia (η) independientemente del número de alambres, no obstante los valores de las demás variables para este tipo de cierre son menores dado que el número de alambres que cruzan la línea media es también menor.

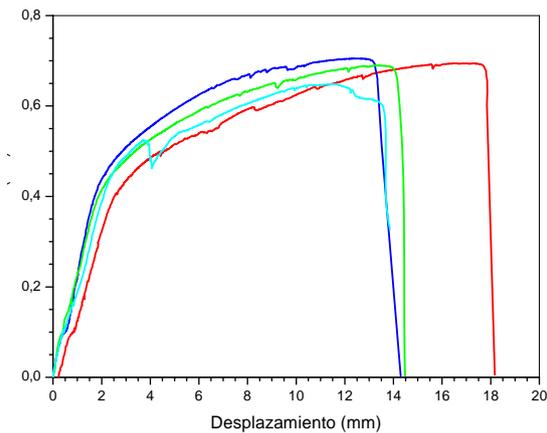
Fig. 5.8. Representación grafica de la tracción realizada con los MEA, con dos alambres simples (CS2s), un alambre en 8 (CX1s), y un alambre pericondral lateral (CP1s), todos ellos con la conformación sencilla. Los puntos de inflexión en las curvas se deben a ajustes del cierre o desrrotaciones de los alambres.



	CS 2 s (1)	CS 2 s (2)	CS 2 s (3)
Fuerza máxima	1074	1168	1122
Rigidez	719	680	650
Zona ruptura	Rompe a haces del nudo	Cede el nudo pero no rompe	Rompe en el nudo

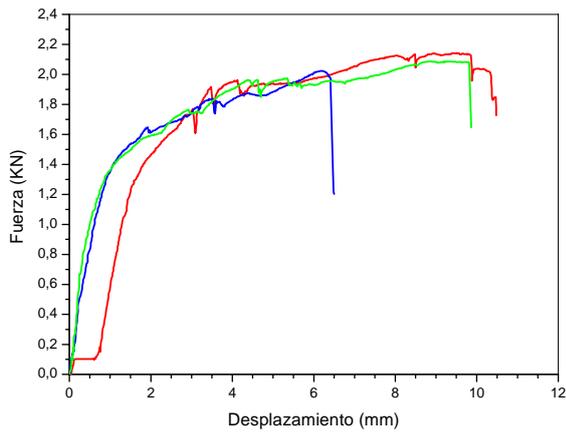


	CX 1 s (1)	CX 1 s (2)	CX 1 s (3)
Fuerza máxima	1271	1193	1273
Rigidez	677	712	516
Zona ruptura	Rompe en el medio	Rompe a haces del nudo	Rompe en el medio

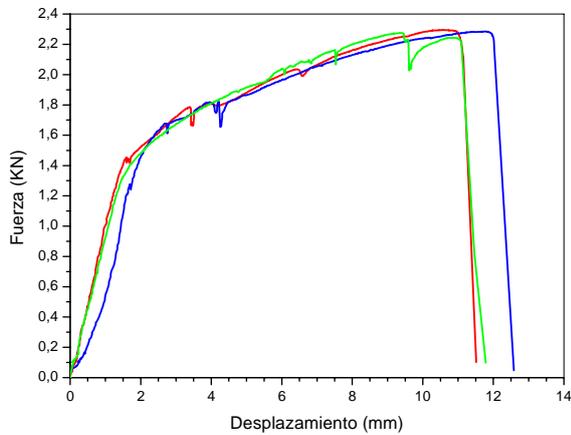


	CP 1 s (1)	CP 1 s (2)	CP 1 s (3)	CP 1 s (4)
Fuerza máxima	694	705	690	649
Rigidez	194	288	230	230
Zona ruptura	Rompen en el medio			

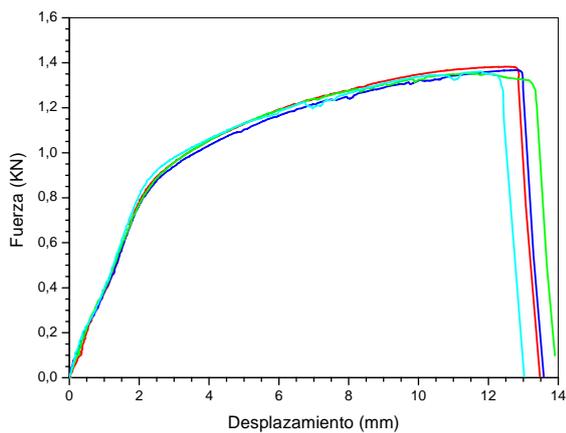
Fig. 5.9 Representación grafica de la tracción realizada con los MEA, con cuatro alambres simples (CS4s), dos alambres en X (CX2s), y dos alambres pericondral lateral (CP2s), todos ellos con la conformación sencilla. Entre paréntesis el número de repeticiones que se llevo a cabo el experimento.



	CS 4 s (1)	CS 4 s (2)	CS 4 s (3)
Fuerza máxima	2142	2023	2087
Rigidez	1359	1376	1224
Zona ruptura	Rompe por el nudo	Rompe por el nudo	Se derrota el nudo pero no rompe.



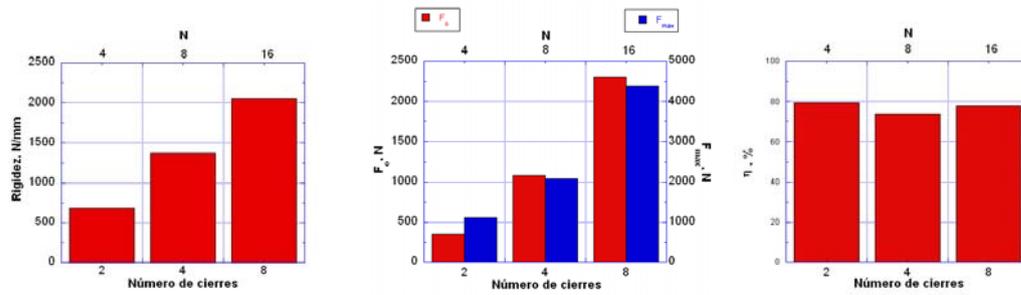
	CX 2 s (1)	CX 2 s (2)	CX 2 s (3)
Fuerza máxima	2295	2285	2275
Rigidez	1077	1352	947
Zona ruptura	A nivel del orificio del MEA		



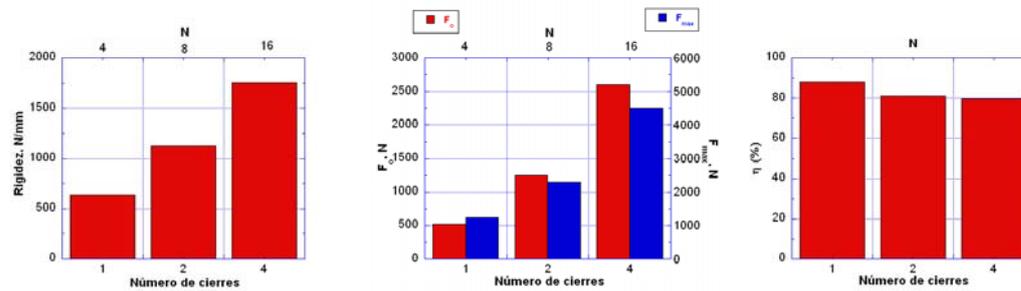
Zona ruptura	CP 2 s (1)	Zona intermedia (2)	Zona intermedia (3)	CP 2 s (4)
Fuerza máxima	1382	1367	1354	1361
Rigidez	424	447	398	443

Fig. 5.10. Representación grafica de los valores obtenidos durante los experimentos con los diferentes tipos de cierre y su normalización respecto a los resultados de las características del acero empleado para llevar a cabo dichos cierres.

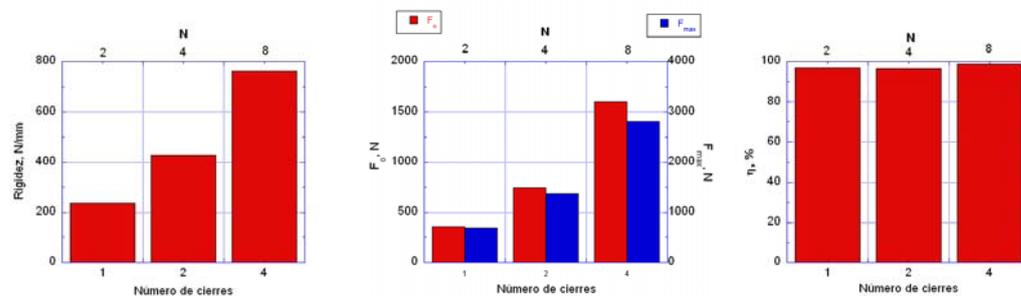
CIERRE SIMPLE (CS)



CIERRE EN X (CX)



CIERRE PERICONDRAL (CP)



5.3. – Resultados clínicos.

Primeramente compararemos los enfermos incluidos de forma prospectiva durante cuatro años, en los que se realizaron los diferentes tipos de cierre con vistas a discernir si los grupos eran homogéneos y si existen diferencias significativas entre los resultados.

Posteriormente analizamos todos los casos de dehiscencia acaecidos en nuestro centro, durante los últimos diez años (los cuatro años comentados en el párrafo anterior más otros seis años de forma retrospectiva), comparándolos con un grupo control de enfermos operados durante ese tiempo para discernir los posibles factores de riesgo.

Finalmente buscaremos asociaciones entre las características de los casos de dehiscencia recopilados durante esos diez años, con el fin de buscar interrelaciones entre los condicionantes y discernir cuales son realmente factores de riesgo y cuales factores de confusión.

5.3.1. - COMPARACION ENTRE DIFERENTES TIPOS DE CIERRES

Dividiremos los enfermos según el tipo de cierre realizado, buscando si los grupos son homogéneos y si el número de dehiscencias depende del cierre tras eliminar aquellas variables no homogéneas. Se expresan en dos tablas: 5.3.1.A con los datos preoperatorios y la 5.3.1.B con los intra y postoperatorios. En 6ª, 7ª y 8ª columna aparecen los datos en %, y en la 9ª columna si existen diferencias entre los grupos, i.e. si las muestras son homogéneas. Recordemos que en este apartado sólo incluimos datos recogidos de forma prospectiva, por lo que el periodo de tiempo es de cuatro años. No presentamos las diferentes tablas en que desglosamos los enfermos según variables no homogéneas dada la multitud de datos analizados.

Existieron variables que finalmente no fueron analizadas en esta tabla por:

- baja incidencia: patología endocrina, ACV previo con déficit permanente
- defecto de recogida por parte de los médicos: neoplasia-radioterapia previa, número de transfusiones, mal control de sus glucemias, infección postoperatoria, duración de la intervención
- Poca objetividad o difícil valoración por parte del médico o el paciente: ingesta alcohólica-insuficiencia hepática, situación crítica, caídas en el postoperatorio

		CS	CX	CPL	% CS	% CX	% CPL
Sexo	Mujeres	219	85	95	32,74	46,96	28,11
	Hombres	450	96	243	67,26	53,04	71,89
Edad	<40 años	26	5	6	3,89	2,76	1,78
	40-49 a.	57	10	20	8,52	5,52	5,92
	50-59 a.	133	26	69	19,88	14,36	20,41
	60-69 a.	181	41	89	27,06	22,65	26,33
	70-79 a.	242	78	136	36,17	43,09	40,24
	>80 a.	30	21	18	4,48	11,60	5,33
IMC	<25	204	70	91	30,49	38,67	26,92
	25-<30	305	72	151	45,59	39,78	44,67
	30-<35	118	27	77	17,64	14,92	22,78
	35-<40	27	10	13	4,04	5,52	3,85
	40-<45	9	0	4	1,35	0,00	1,18
	>=45	6	2	2	0,90	1,10	0,59
Diabetes	DMNID	126	21	61	18,83	11,60	18,05
	DMID	28	4	22	4,19	2,21	6,51
Neumopatía	EPOC	99	18	58	14,80	9,94	17,16
	asma	20	3	15	2,99	1,66	4,44
	no fuma	373	164	161	55,75	47,63	90,61
	exfumador	213	10	128	31,84	5,52	37,87
	fuma <1	45	5	23	6,73	2,76	6,80
	fuma>1	38	2	26	5,68	1,10	7,69
Nefropatía	Cr 1.2-<2	54	23	57	8,07	12,71	16,86
	Cr>=2	32	16	20	4,78	8,84	5,92
	Cr <1.2	583	142	261	87,14	78,45	77,22
Infección	Endocarditis	16	8	14	2,39	7,73	2,37
Tratamientos	Corticoterapia	14	5	6	2,09	2,76	1,78
FRCV	DL	344	16	180	51,42	8,84	53,25
	HTA	349	94	175	52,17	51,93	51,78
	EVP	100	14	76	14,95	7,73	22,49
	Hª Familiar	25	0	99	3,74	0,00	29,29
FE	Fe<30%	27	4	23	4,04	2,21	6,80
	Fe 30-50%	115	25	74	17,19	13,81	21,89
	Fe >50%	527	152	241	78,77	83,97	71,30
PSAP	50-60 mm Hg	158	59	57	23,62	32,60	16,86
	>60 mm. Hg	93	30	36	13,90	16,57	10,65
CF	IV	29	41	42	4,33	22,65	12,43
Ritmo	Sinusal	512	111	289	76,53	61,33	85,50

Tabla 5.3.1.A Enfermos agrupados según el tipo de cierre durante cuatro años. **Datos preoperatorios.**

CS:Cierre simple; CX:Cierre en “X” o en “8”; CPL:Cierre pericondral lateral; IMC:Índice de masa corporal; FRCV:Factores de riesgo cardiovascular; Fe:Fracción de eyección; PSAP:Presión sistólica de arteria pulmonar; CF:Clase funcional; EPOC: Enfermedad pulmonar obstructiva crónica; DMNID:Diabetes mellitus no insulínica; DMID: Diabetes mellitus insulínica; Cr:Creatina; DL:Dislipemia; HTA:Hipertensión arterial; EVP:Enfermedad vascular periférica.

		CS	CX	CPL	% CS	% X-8	% CPL
Soporte	CEC	636	176	205	95,07	97,24	60,65
	Sin CEC	32	3	133	4,78	1,66	39,35
Tipo cirugía	By pass sólo	232	6	173	34,68	3,31	51,18
	Valvular solo	215	133	73	32,14	73,48	21,60
	Aórtico solo	95	84	34	14,20	46,41	10,06
	Aorta	77	1	29	11,34	0,55	8,58
Tª vesical	<26°C	24	4	12	3,59	2,21	3,55
	26-30°C	42	6	6	6,28	3,31	1,78
	>30°C	603	171	320	90,13	94,48	94,67
Carácter cir.	Emergencia	42	1	29	6,28	0,55	8,58
	Programado	627	180	309	93,72	99,45	91,42
Tiempo CEC	<60	137	29	157	20,48	16,02	46,45
	60-120	392	132	100	58,59	72,93	29,59
	>120	140	20	81	20,93	11,05	23,96
Uso mamaria	Izquierda	190	6	180	28,40	3,31	53,25
	Derecha	53	1	56	7,92	0,55	16,57
	Bilateral	49	0	55	7,32	0,00	16,27
Fibrinolíticos	Aprotinina			46			13,60
Complicación	BIA	20	2	8	2,99	1,10	2,37
	IOT >48 h.	24	2	31	1,49	0,00	9,17
	Traqueotomía	7	1	8	1,05	0,55	2,37
	IAM perioper.	13	3	8	1,94	1,66	2,37
	ACV	13	2	9	1,94	1,10	2,66
	Marcapasos	6	2	3	0,90	1,10	0,89
	Reintervenido	21	7	3	3,14	3,87	0,89
	Hemofiltro	14	3	10	2,09	1,66	2,96
	Muerte	52	15	19	7,77	8,29	5,62
	Dehiscencia	13	1	1	1,94	0,55	0,30
	Mediastinitis	2	1	1		0,55	0,30
	Total	669	181	338	100,00	100,00	100,00

Tabla 5.3.1.B Enfermos agrupados según el tipo de cierre durante cuatro años. **Datos intra y postoperatorios.** Tª: Temperatura mínima intraoperatoria vesical; Cir:Cirugía; CEC:Circulación extracorporea; By pass:Cirugía de revascularización coronaria; IOT:Intubación orotraqueal; IAM perioper.:Infarto perioperatorio; ACV:Accidente cerebrovascular con déficit; BIA: Balón intraaórtico de contrapulsación. *NOTA Existen variables cuya suma de los diferentes grupos no es igual al total debido a que algunas no se encontraban recogidas en todos los individuos, lo cual hizo que la potencia estadística del análisis disminuyera notablemente en ocasiones.*

5.3.2. - COMPARACION CASOS-CONTROLES DE DEHISCENCIA

La distribución de datos se realizará al igual que en el apartado anterior según los datos preoperatorios (tabla 5.3.2.A) e intra-postoperatorios (tabla 5.3.2.B). Pretendemos discernir los factores de riesgo y los factores protectores. En estas tablas se incluyen todos los enfermos operados en nuestro centro durante los últimos diez años.

		Controles	Casos	% Controles	% Casos	Prev.	p
Total		2768	52	100	100		
Sexo	hombres	1867	41	67,45	78,85	2,20	*
	mujeres	901	11	32,55	21,15	1,22	NS
Edad	<40	102	0	3,37	0,00	0,00	NS
	40-49	218	6	7,46	11,54	2,76	NS
	50-59	574	5	19,13	9,62	0,90	NS
	60-69	846	20	27,45	38,46	2,51	**
	70-79	1054	22	33,92	42,31	2,23	*
	>80	113	2	3,89	3,85	1,77	NS
IMC	15-<20	47	0	1,88	0,00	0,00	NS
	20-<25	976	10	38,95	19,23	1,02	NS
	25-<30	1030	22	41,10	42,31	2,14	NS
	30-<35	373	14	14,88	26,92	3,75	**
	35-<40	61	3	2,43	5,77	4,92	NS
	40-<45	16	0	0,64	0,00	0,00	NS
	>=45	3	0	0,12	0,00	0,00	NS
Diabetes	No DM	2247	42	81,18	80,77	1,87	NS
	DMNID	407	8	14,70	15,38	1,97	NS
	DMID	114	2	4,12	3,85	1,75	NS
Tiroides	Hiper o hipo	52	2	1,88	3,85	3,85	NS
Neumopatía	EPOC	337	17	12,17	32,69	5,04	**
	asma	58	1	2,10	1,92	1,72	NS
	no fuma	752	18	40,83	34,62	2,39	NS
	exfumador	714	20	38,76	38,46	2,80	NS
	fuma <1	198	4	10,75	7,69	2,02	NS
	fuma >1	178	1	9,66	1,92	0,56	NS
Nefropatía	Cr 1.2-<2	404	7	14,60	13,46	1,73	NS
	Cr>=2	130	2	4,70	3,85	1,54	NS
Neoplasia	Sólida	108	4	3,90	7,69	3,70	NS
Neuropatía	ACV	137	5	4,95	9,62	3,65	*
Hepatopatía	Killip B-C	53	2	1,91	3,85	3,77	NS
Infección	Endocarditis	83	0	3,00	0,00	0,00	NS
Tratamientos	Corticoides	52	2	1,88	3,85	3,85	NS
FRCV	DL	1064	18	38,44	34,62	1,69	NS
	HTA	1199	24	43,32	46,15	2,00	NS
	EVP	324	11	11,71	21,15	3,40	**
	Hª Familiar	251	3	9,07	5,77	1,20	NS
FE	Fe<30%	140	1	5,17	1,92	0,70	NS
	Fe 30-50%	504	12	18,39	23,08	2,36	NS
	Fe >50%	2101	38	76,45	73,08	1,80	NS
	PSAP50-60	560	9	20,23	17,31	1,61	NS
	PSAP>60	254	7	9,18	13,46	2,76	*
	CF IV	323	6	11,67	11,54	1,86	NS
ITr	Moderada	52	1	1,88	1,92	1,92	NS
	Severa	78	1	2,82	1,92	1,28	NS
Ritmo	Sinusal	2034	39	73,48	75,00	1,92	NS
	Marcapaso	44	1	1,59	1,92	2,27	NS

Tabla 5.3.2.A Datos preoperatorios de los enfermos durante los últimos 10 años, divididos según han presentado una dehiscencia (casos) y los que no (controles). El % **casos** y % **controles** expresa el porcentaje dentro de cada grupo(casos y controles respectivamente); **Prev** es la prevalencia de dehiscencia en cada variable; **p** muestra la significación de cada variable: no significativo (NS); <0.05 (*); <0.01(**)

		Controles	Casos	% Controles	% Casos	Prev	p
Soporte	CEC	2475	46	89,41	88,46	1,86	NS
	sin CEC	293	6	10,59	11,54	2,05	NS
Tipo cirugía	Cor. Solo	1011	18	36,52	34,62	1,78	NS
	Coronario	1608	27	58,09	51,92	1,68	NS
	Valvular	1004	15	36,27	28,85	1,49	NS
	Aórtico solo	497	11	17,96	21,15	2,21	NS
	Pericardio	17	0	0,61	0,00	0,00	NS
	Aorta	197	6	7,12	11,54	3,05	*
Tª mínima	<26°C	98	1	3,54	1,92	1,02	NS
	26-<30	541	0	19,54	0,00	0,00	NS
Carácter cir.	Emergencia	206	6	7,44	11,54	2,91	NS
Tiempo CEC	<60´	310	7	13,55	13,46	2,26	NS
	60´-120´	1504	26	65,76	50,00	1,73	NS
	>120´	473	11	20,68	21,15	2,33	NS
Fibrinolítico	Aprotinina	315	5	11,38	9,62	1,59	NS
Cirujano	A	534	21	21,87	40,38	3,93	**
	B	615	10	25,18	19,23	1,63	NS
	C	463	9	18,96	17,31	1,94	NS
	D	149	0	6,10	0,00	0,00	NS
	E	221	2	9,05	3,85	0,90	NS
	F	460	5	18,84	9,62	1,09	NS
Injerto art.	Mam. izquierda.	1031	21	37,25	40,38	2,04	NS
	Mam. derecha	24	2	0,87	3,85	8,33	NS
	Mam. bilateral	137	1	4,95	1,92	0,73	NS
	Ninguno	1576	22	56,94	42,31	1,40	NS
	Radial	51	0	1,84	0,00	0,00	NS
Complicación	Intub 24-48	12	1	0,43	1,92	8,33	NS
	Intub >48	162	12	5,85	23,08	7,41	**
	IAM perioperat.	88	1	3,18	1,92	1,14	NS
	Traqueotomía	44	4	1,59	7,69	9,09	*
	BIA	55	0	1,99	0,00	0,00	NS
	MP	24	0	0,87	0,00	0,00	NS
	ACV	32	2	1,16	3,85	6,25	NS
	TIA	19	0	0,69	0,00	0,00	NS
	FA	288	8	10,40	15,38	2,78	*
	Cierre diferido	21	0	0,76	0,00	0,00	NS
	Reintervenido	94	7	3,40	13,46	7,45	**
	Hemofiltro post	63	6	2,28	11,54	9,52	*
Desorientación	30	9	1,08	17,31	30,00	**	
RIP	252	7	9,10	13,46	2,78	*	
Dehiscencia	0	52	0,00	100,00			

Tabla 5.3.2.B Datos intra y postoperatorios de los enfermos durante los últimos 10 años divididos según han presentado una dehiscencia (casos) y los que no (controles). Las columnas expresan lo mismo que en la tabla anterior

NOTA Algunas de las características descritas están incompletas debido a que en su día estos datos no fueron recopilados, como es el caso del IMC, por ello la suma de los enfermos desglosados en los intervalos no es igual al total de reclutados.

5.3.3. - ANALISIS DE CASOS

Intentamos representar las características de los casos que recopilamos de forma que nos ayuden a dilucidar los motivos de la complicación que nos atañe, o descubrir posibles factores de confusión entre variables de riesgo cardiovascular que se asocian: diabetes, IMC, EVP, DL, sexo, HTA, historia familiar, cirugía coronaria (dentro de ella si se empleo alguna mamaria).

Primeramente distribuimos los casos según el momento postoperatorio en el que aparecieron, para posteriormente añadir a ese mismo grafico los factores de riesgo que en nuestro estudio más condicionaron la aparición de una dehiscencia: IMC>30, EPOC, agitación-desorientación, caídas.

La distribución según el momento en que ocurrió la dehiscencia fue de predominio entre el cuarto y noveno día postcirugía, aunque a los 15 días parece existir un nuevo ascenso de la incidencia (fig. 5.3.3.A). Si a este grafico le añadimos los factores de riesgo mencionados veremos que la agitación prevalece en aquellos que presentan la dehiscencias de forma más precoz, mientras que el resto se distribuyen de más uniformemente; si es cierto que las caídas prevalecen en los más tardíos, pero dado el escaso número de casos no podemos sacar conclusiones (fig. 5.3.3.B).

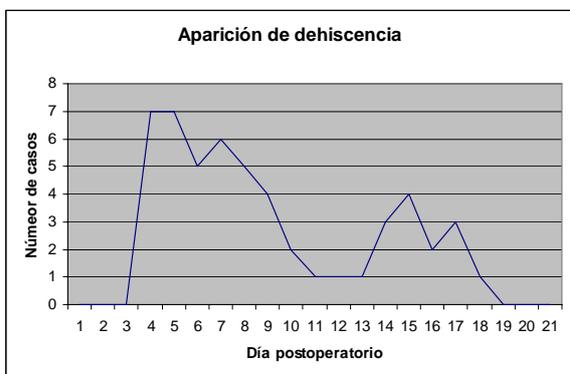


Fig. 5.3.3.A La incidencia de dehiscencia presenta dos picos, uno precoz entre el 4º y 9º día, y otro más tardío a partir del 14º día, siendo este último mucho menor.

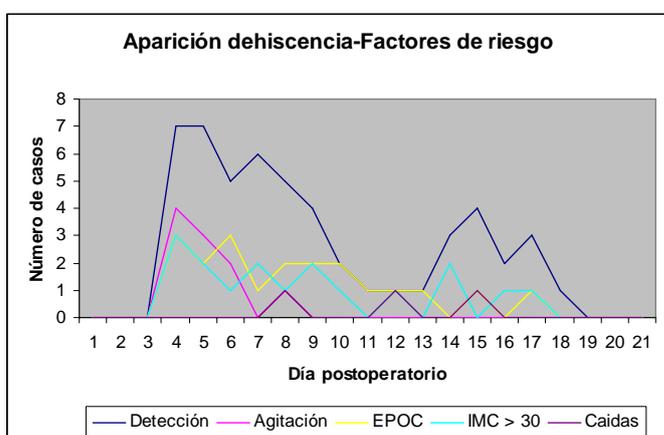


Fig. 5.3.3.B En este grafico se aprecia como la prevalencia de agitación ocurre en los casos acaecidos precozmente mientras que el resto se distribuyen de forma más uniforme, destacando los casos por caída o RCP que ocurrieron más tardíamente.

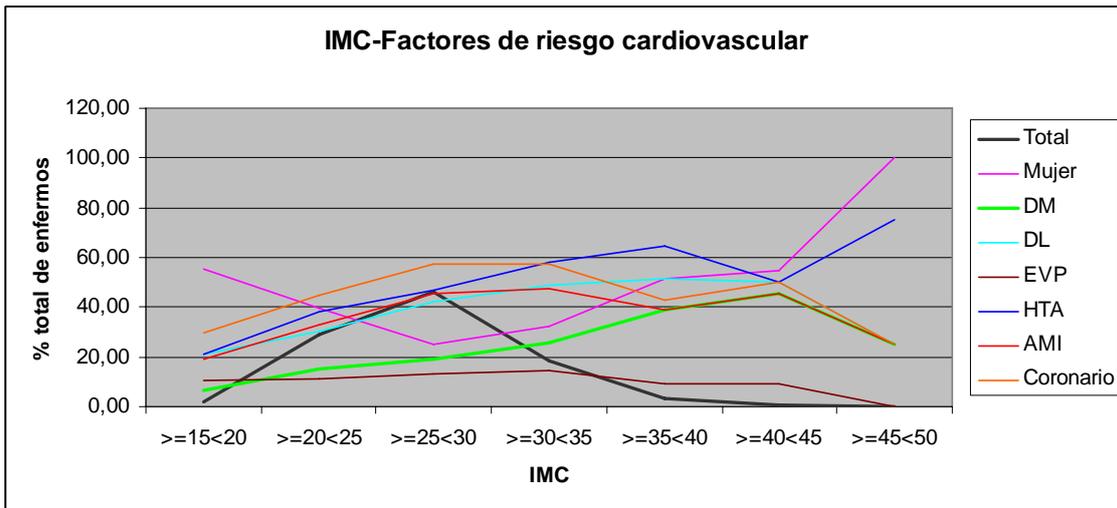


Fig. 5.3.3.A En este grafico se distribuyen los diferentes factores de riesgo cardiovascular según el IMC. Es importante que los últimos intervalos son poco valorables ya que la muestra en estos grupos es muy pequeña por lo que la tendencia de dichos factores puede ser muy dispar.

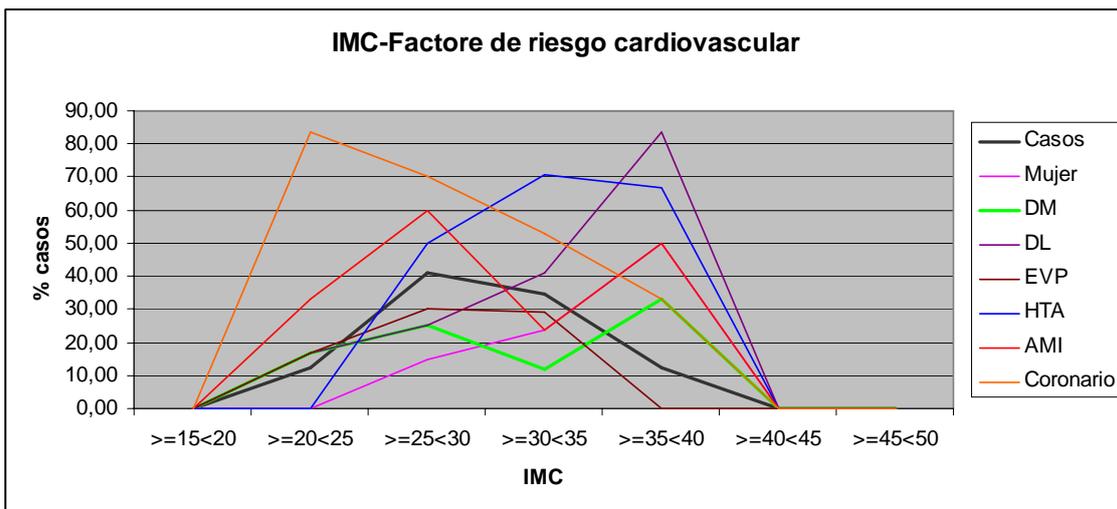


Fig. 5.3.3.B En esta figura apreciamos como la DM aumenta, al igual que en la figura anterior, a medida que lo hace el IMC, sin embargo el margen de enfermos donde existen el mayor porcentaje de dehiscencias no concuerda con el de mayor proporción de DM, lo que nos sugiere que son variables asociadas pero actúan independientemente sobre la dehiscencia. Lo mismo podría decirse del sexo femenino. Interesante es ver como a medida que aumenta el IMC el número de enfermos con FRCV aumenta, cosa lógica, y así la proporción de enfermos coronarios, pero se mantiene el uso de la AMI lo que nos insinúa, y corrobora según nuestros resultados que el empleo de esta no es un factor de riesgo de dehiscencia. Por ultimo la EVP, el resultado último de la DM y resto de FRCV a la hora de la perfusión esternal, se mantiene constante en la gráfica, al igual que en la fig. 5.3.3.A . Esto junto con lo visto en el grafico respecto al empleo de la mamaria sugiere que la dehiscencia está más vinculada a situaciones que causan alteraciones mecánicas que a un defecto de perfusión.

VI. DISCUSIÓN

La discusión de este trabajo será llevada a cabo según el aspecto del cierre al que nos refiramos, esto es, primeramente desde el punto de vista tisular, seguido del biofísico, tanto de los diferentes tipos de cierre existentes como los estudios experimentales que los analizan o comparan, para finalizar con el clínico.

6.1. - Discusión de resultados: actividad tisular

Aunque ambiciosa en un primer momento, la idea de compaginar resultados histológicos con los clínicos o experimentales, presenta grandes inconvenientes dado que para ello son precisas pruebas no rutinarias del postoperatorio habitual, con los inconvenientes ético-legales que ello implica.

En los inicios de la cirugía cardíaca se asoció la dehiscencia esternal con el uso de la mamaria, lo cual hizo que aparecieran estudios intentando corroborar este hecho^{55,87}; sin embargo los primeros trabajos no dejaban de usar unos métodos poco sensibles a la hora de apreciar diferencias. Cabe mencionar que alguno de estos se llevaron a cabo inyectando microesferas a través de la arteria mamaria con la evidente limitación de este tipo de experimentos, ya que cuanto menos se difundiera el marcador, las diferencias serían mayores, aunque éstas se debieran al marcador en sí, no a la perfusión. Incluso algún autor promulgó la idea de que tras la extracción de la mamaria, la reducción de flujo en un esternón era del 90%, cosa que de ser cierta provocaría una incidencia de dehiscencias o infecciones muy superior a la que realmente es.

Sin embargo en los años 90 se extendió el uso del Tc como marcador de perfusión²⁴, siendo Carrier uno de los pioneros en este ámbito, aunque ya existían trabajos¹³⁹ que insinuaban lo que este marcador corroboró de forma más objetiva: la perfusión esternal depende de la vascularización de las mamas pero de una forma menos significativa de la que un principio se podría pensar.

Algunos autores utilizaban métodos, para aquel entonces ingeniosos dadas las limitaciones económicas que suponía el uso del Tc, analizando la concentración de fármacos en el borde esternal tras la disección de la mamaria¹⁰³ como método indirecto de la perfusión de este.

Un paso más, fue asociar la consolidación ósea a la perfusión tras la disección de la mamaria⁵³, pero dado el gran número de factores que la condicionaban, era tarea

difícil establecer una relación tan directa como en un principio se creyó; a pesar de que ya el propio Carrier, comenzó a despejar estas dudas al no encontrar diferencias en su trabajo entre diabéticos y no diabéticos.

No obstante, mirando retrospectivamente, aparecen datos contradictorios entre algunos estudios. Merece la pena mencionar el de Parsh¹¹⁵, según el cual, la consolidación no se ve muy influenciada por la devascularización, pero si la aparición de lesiones neurológicas (nervio frénico).

Todas estas disquisiciones han sido muy numerosas a través de los años, por ello nos referiremos más en concreto al análisis de la perfusión esternal mediante escintigrafía. Nosotros lo hemos hecho, basándonos en los recientes trabajos que describen la anatomía de la vascularización esternal^{40,62}. Estos estudios no son complejos desde el punto de vista del método, pero sí muy minuciosos a la hora de describir vasos de mínimo calibre, sentando la base a la hora de formular teorías de la circulación colateral que el esternón presenta. Nuestro estudio sirve para demostrar de forma clínica, que tan importantes o más que los considerados factores de riesgo a la hora de una dehiscencia, es la técnica quirúrgica^{23,10}.

Durante al año 2000 el abaratamiento y extensión en el uso del Tc, así como el empleo de doble mamaria, promueve la realización de trabajos como el de B. Korbmacher⁷³ cuyo análisis demuestra que a los 12 días de la cirugía la perfusión esternal no varía tras la extracción de una o ambas mamas en comparación con la situación preoperatoria. Ciertamente es que dicho trabajo puede ser criticado, dado que evita enfermos diabéticos y todos los pacientes de la serie son jóvenes, pero lógicamente el uso como injerto de doble mamaria hace ocho o nueve años no se realizaba en individuos de edad avanzada, y estaba aun muy extendida la idea de que el ser diabético era una contraindicación para el uso de ambas arterias. Otras carencias del trabajo son el no haber comparado distintas formas de disección de la mamaria. También creemos podría ser causa de un sesgo, el hecho de que tras la cirugía existe un acúmulo de leucocitos en la zona que captan el Tc. Este fue el motivo fundamental por el que nosotros realizamos la prueba después de haber transcurrido mucho más tiempo, seis semanas al menos, y uno de los grandes inconvenientes a la hora de analizar los resultados.

Las carencias del estudio anterior fueron subsanadas por Fokin⁴⁹, ya que comparó la disección de la mamaria semiesqueletizada y esqueletizada, viendo que el acúmulo en la zona disecada podría ser mayor, no por una mejor perfusión, sino por un peor drenaje

al haber extraído las venas mamarias con la semiesqueletización, con lo que en nuestro trabajo no comparamos más que enfermos con esqueletización completa; ya que como dejó evidenciado Calafiori²³, basándose en los estudios anatómicos de De Jesús⁴⁰ y Henríquez Pino⁶², la técnica quirúrgica ideal es la esqueletización, desde el punto de vista de la perfusión esternal.

Sin embargo, también se hallan diferencias al medir la temperatura en los hemiesternones donde se ha disecado la mamaria, lo cual deja un poco en evidencia los resultados del Tc. Remarcar no obstante, que estas diferencias se producen en las primeras horas, cosa que no debiera influir sobre la consolidación, ya que esta se prolongará hasta tres o cuatro semanas.

Por último Knobloch K.⁷¹ ha sido uno de los grandes estudiosos de la microcirculación en distintas publicaciones, realizando un experimento sencillo e ingenioso, monitorizar la SO₂ en el esternón antes y después de la disección de la mamaria. Halló que la perfusión de la zona esternal posterior se veía comprometida, mientras que la de la zona anterior apenas lo hacía, cosa lógica a priori si tenemos en cuenta la ubicación de la mamaria. Sin embargo, esto corrobora la idea de que la perfusión esternal no depende tanto de la mamaria como en un principio cabría esperar. Lo que no podemos saber, es si el compromiso de la zona posterior se debe a la extracción de la mamaria o al edema que puede aparecer en esa zona tras la disección. De nuevo debemos remitirnos a lo ya mencionado: ¡quizás es más importante a la hora de valorar la vascularización esternal postcirugía, la técnica quirúrgica que la disección en si de la mamaria!

Algunos serán de la opinión, que la esqueletización supone un riesgo para la arteria, pero este no es el tema de nuestro estudio, y personalmente creo se trata de una técnica más delicada, que no más difícil.

Decimos esto basándonos en el hecho de que en nuestro trabajo, todos los enfermos que fueron sometidos al estudio con Tc, se extrajeron ambas mamas de forma esqueletizada, lo que podría justificar los excelentes resultados desde el punto de vista de la perfusión y/o consolidación.

El motivo último de nuestro estudio con Tc, no era evidenciar si existían diferencias en la perfusión esternal tras la cirugía, sino que ésta no dependía del tipo de cierre, cosa referida en la literatura¹⁴⁵. Si además nos basamos en los resultados, no hay *a priori* datos suficientes para establecer diferencias; siempre teniendo en cuenta los condicionantes de esta prueba según nosotros la planteamos:

1. Variación individual por parte del observador, lo cual intentamos solventar con una doble lectura.

2. Tiempo transcurrido, importante a la hora de apreciar cambios en la perfusión respecto al preoperatorio, ya que en las primeras horas se produce un déficit de perfusión homolateral, compensada por las ramas perforantes de la musculatura pectoral que aumentará paulatinamente. Con el paso del tiempo, la perfusión homolateral por colateralidad mejorará hasta aproximadamente el séptimo día¹⁰⁵, a partir del cual el lado contralateral (en caso de que solo hayamos diseccionado una mamaria), también empieza a aportar irrigación. Esto podría ser la explicación de porqué los estudios con Tc realizados de forma precoz hallan diferencias de perfusión entre ambas mitades si se realizan en las primeras horas independientemente de la técnica de disección⁷³. Dicha diferencia se minimiza a medida que pasan los primeros días aunque de forma más favorable si es esqueletizada⁶², para ser nula transcurridos 10-12 días, incluso apreciando un aumento de la perfusión sobre la situación basal pasadas unas semanas¹⁵.

Basándonos en lo anterior se realizaron las pruebas a las *seis semanas* de la cirugía, dado que antes el proceso inflamatorio postoperatorio falsearía el resultado; a los *tres meses*, periodo de tiempo tras el cual puede presentar una actividad similar a la habitual; y a los *seis meses*, límite en el que la actividad osteogénica ha finalizado. No obstante, como hemos dicho, en nuestro estudio la finalidad de la gammagrafía era descartar diferencias entre cierres, no el ver como consolida la esternotomía tras la cirugía.

3. Escaso número de pacientes, dado el carácter de la prueba, molesta para el enfermo y cara para la institución. A pesar de ello, no se realizó en más enfermos por las escasas diferencias que apreciamos desde el inicio, sin olvidarnos de, la dificultad de encontrar pacientes con similares características.

Un dato interesante, no mencionado hasta ahora, que podría justificar las escasas diferencias a favor del cierre pericondral, sería el hecho de que el cirujano que la aplicaba, realizaba la apertura del pericardio con la línea de corte muy desplazada hacia el lado izquierdo, lo cual nos permite extender el pericardio sobre la línea media una vez finalizada la cirugía, incluso en ocasiones englobar el pericardio con los alambres en el borde izquierdo. Esto supondrá un

sobreaporte de vascularización a corto plazo ya que dicho tejido posee una gran actividad angioblástica y favorecer así la osteogénesis, y en consecuencia una mayor captación de Tc en la línea media. No olvidemos que las mediciones de la gammacámara se producen en una visión anteroposterior.

Las diferencias podrían también ser debidas a la menor compresión sobre el espacio intercostal en el caso del cierre pericondral, recayendo esta en mayor medida sobre el cartílago condrocotal en su cara anterior, y comprometiendo en menor grado las arcadas esternales por donde discurren los vasos que alcanzan el esternón.

4. Sensibilidad de la prueba, ya que existen otras técnicas que lo son aún más como la termometría o saturación local, pero creemos se encuentran fuera del fin de este estudio.

En resumen, esta prueba nos corroboró, con las limitaciones ya mencionadas, que el CP no produce un detrimento de la perfusión esternal en comparación con los otros dos tipos de cierre: CS y CX.

6.2. - Discusión resultados experimentales

6.2.1. TIPOS DE CIERRE

Al llevar a cabo el primer cierre Milton⁹⁴, pensó que debía ser realizado con un material rígido dadas las tensiones a las que sería sometido y facilitar así la estabilidad de ambos hemiesternones, no obstante aún se desconocía en parte la forma en que el hueso consolidaba, aunque ciertas nociones ya eran sabidas desde tiempos inmemorables por los denominados “compostores”. Dichos conceptos fueron aplicados a este cierre durante los años 40 por Kirschner⁹², Danis³⁷ y Eggers⁴⁶ que no hicieron sino darse cuenta de la “suerte” o sabiduría con que Milton realizó el cierre.

Debieron transcurrir diez años más, para que a mediados de los 50, una vez que la cirugía cardíaca comenzara su firme andadura y se realizara de forma más o menos rutinaria, Julian⁶⁶ vinculara esta a la esternotomía de forma casi constante. Recordar que hasta entonces la esternotomía era una técnica de apertura que evidentemente apenas se aplicaba a la cirugía sobre el corazón dado que esta era casi inexistente. El hecho de que la cirugía extracorpórea creciese exponencialmente, hizo que lo hiciera de igual forma la esternotomía, promoviendo la aparición de un aparataje que facilitara su ejecución⁷⁷; no obstante la técnica *per se*, seguía fiel a la descrita por Milton. Esto nos hace pensar que aunque apenas se disponen de estudios en aquellos años en lo que a complicaciones se refiere, éstas no debían superar los límites de “lo habitual”.

Hubo que esperar hasta finales de los 60 a que, la expansión de técnicas quirúrgicas de revascularización coronaria contribuyera a un mayor aumento de las intervenciones cardíacas.

Junto a esto, la aparición de nuevos materiales hizo que estos se probasen en el ámbito médico, y la esternotomía no iba a ser una excepción; recordemos que habían transcurrido más de 60 años y la esternotomía no había sufrido aún variación alguna.

Se comenzó utilizando bandas de Nylon por Le Veen⁷⁸, dado que era un material de gran resistencia y obviamente más fácil de manipular que el acero, aunque en nuestra opinión fue en contra de uno de los principios de la osteosíntesis, ya por aquel entonces formulados: lo importante no es la resistencia del material con que se fija, sino la estabilidad que este aporte a la fractura. Aun así debieron de transcurrir cuatro años para que Sanfelippo¹³³ hiciera un estudio comparativo para poner en entredicho el uso de este

material, debiendo dejar inconcluso el trabajo al observar la incidencia muy superior de complicaciones con las bandas de Nylon, que casi duplicaba a la de los alambres.

A la par de este estudio, aparecieron dos trabajos, basados en los mismos principios que dieron pie a nuestro cierre, y que darían lugar a una gran explosión de nuevas técnicas en los años venideros. El primero fue el de Taber¹⁵⁵ que aplicó el cierre conocido actualmente como “en X” o “en 8”; este aportaba una gran estabilidad al unir en un solo bloque dos alambres contiguos; sin saberlo además, aportó otro concepto más que hemos descrito en nuestro análisis biofísico: varió el ángulo de tracción-contratación, de tal forma que la capacidad de penetración del alambre sobre el hueso disminuyó. Todo ello, junto con el hecho de su fácil aplicación, hizo que se consolidara como una técnica que aún hoy en día tiene muchos adeptos.

Algunos la criticaron inicialmente al pensar que si se fracturaba el alambre, llevaría implícita una pérdida mayor de estabilidad sobre la esternotomía, sin embargo, como ya sabemos, la mayor parte de las veces la dehiscencia se produce por el rasgado del hueso, no por la fractura del alambre. Si es cierto que dada su conformación, si una porción del alambre penetraba en el hueso, todo la estructura del 8 se afloja, produciendo mayor inestabilidad que si un sólo alambre rasgara el hueso en el cierre simple.

Sin embargo, a nuestro entender, esto no es un gran defecto, ya que en el caso de que aplicáramos sólo alambres simples, nunca un alambre va a penetrar de forma aislada en el hueso, ya que esto indicaría que el resto de los alambres estaban menos apretados que el resto, por lo que será necesario que al menos otro alambre contiguo también lo haga, con lo que la inestabilidad será similar.

Para nosotros, el mayor inconveniente de este cierre, es que al formar un sistema más rígido, la capacidad de deformación o elasticidad es menor, así como la transmisión de la tensión. Consecuentemente ante grandes tracciones no existe apenas capacidad de adaptarse el sistema, produciéndose el rasgado de la estructura ósea. Sin olvidarnos que ante una infección o dehiscencia de planos superficiales la retirada de un alambre implicaría mayor repercusión que en el caso de los alambres simples. Aún así creemos es una gran técnica de cierre que con los años ha demostrado su eficacia.

El gran aporte al cierre de la esternotomía, apareció de la mano del Dr. Robicsek¹²², quien en el año 1971 aplicó la técnica de igual nombre, motivado por el hecho de reconstruir los esternones dehiscentes con múltiples fracturas al ser rasgados por el alambre.

De igual forma dedujo que si era eficaz para el tratamiento de la dehiscencia también lo era para su profilaxis basándose en un principio básico de la física “mayor superficie de contacto, menor capacidad de penetración”. Siguiendo esta idea utilizó el mismo material usado hasta entonces: el acero, que conlleva una gran tolerancia para el organismo y economía para el hospital. No sólo permitía un cierre estable con un riesgo casi nulo de dehiscencia, sino que además facilitaba reparar los casos en los que dicha complicación ya había aparecido. Esto ha hecho que aún en nuestros días sea considerada una técnica fundamental dentro de la cirugía cardiaca.

Por el contrario, el hecho de tener que utilizar una gran cantidad de material extraño, la posibilidad de lesionar las arterias mamarias y el tiempo que consume, ha hecho de ella una técnica reproducible y efectiva, pero no rutinaria. A pesar de ello, creemos es uno de los cierres que mejor conjuga la simplicidad, los principios de la física y la eficacia clínica, incluyendo una alta eficiencia. Esto se ha corroborado a lo largo del tiempo, apareciendo técnicas que no son sino modificaciones del Robicsek original, incluso en los últimos años^{3,145}.

Con menor importancia, fueron apareciendo nuevas formas de cierre. Mencionar por ejemplo la de Lambert⁷⁶ y la de Cabrol²², aunque más que nuevas técnicas de cierre eran modificaciones de las ya existentes, o la de Al Naaman⁴ quizás algo más ingeniosa, pero sin apenas repercusión en el tema que nos atañe.

En 1973 Timmes¹⁵⁷ introduce una pequeña modificación, que desde nuestro punto de vista aporta otro importante concepto a nuestro trabajo, en lugar de retorcer los alambres para llevar a cabo la fijación del cierre, une los extremos de estos mediante unas placas, ya que de esta forma dice mejorar el ajuste del sistema y por tanto la estabilidad del cierre disminuyendo así el dolor del enfermo. Esto, a nuestro entender, es correcto, con la salvedad de que la causa de dolor en una esternotomía sin complicaciones no es por las fuerzas de desplazamiento lateral, sino por las de cizallamiento, ya que estas son las que rompen los puentes que se han establecido entre las dos mitades e irritan las terminaciones del periostio. Sin embargo, el dolor que se presenta en los accesos de tos, durante las cuales predominan las fuerzas de tracción lateral, a priori menos dolorosas como hemos dicho, se deben a que el alambre ha rasgado o se ha introducido en el seno del hueso, y por tanto, el movimiento de roce entre el acero y el periostio son el motivo del dolor. A esto debemos añadir que la tos es

la situación que mayor desplazamiento provoca sobre el cierre de todos los movimientos habituales durante el postoperatorio.

Lo anterior lo corrobora el hecho de que los enfermos que presentan mucho dolor suele ser sugestivo de una dehiscencia en progresión, sin embargo cuando la dehiscencia es completa, el dolor suele disminuir al no existir ni la fuerza de cizallamiento, ni la irritación sobre el periostio ya rasgado; sin embargo la función respiratoria se verá más comprometida.

Timmes aporta además un dato muy interesante que será ratificado por varios estudios más adelante^{29,25}: el riesgo de rotura del alambre es mayor si se retuerce que si se fijan sus extremos mediante unas placas, cosa congruente con el análisis físico del acero. Este material, como cualquier otro, presenta una elasticidad determinada de forma que tras una tracción recupera su estructura inicial; si por el contrario dicha tracción sobrepasa el **límite de deformación elástica** (LDE), el alambre se altera pero no volverá a su posición original, esto es, el acero se encuentra dañado de forma irreversible, disminuyendo por tanto su resistencia, siendo más fácil alcanzar el **punto de ruptura** (PR) con una nueva tensión, como explicamos en el capítulo 2 (pag. 65).

Lo anterior nos indica que la mayoría de los alambres que hallamos rotos en el seno de una dehiscencia según los estudios mencionados, podría deberse a una tracción incorrecta durante su ajuste mediante torsión por parte del cirujano, ya que en teoría la resistencia del acero es superior a la del hueso. Como inconveniente del trabajo de Timmes, diremos que sólo en un enfermo de todos ellos se había realizado revascularización coronaria con una mamaria, y dado el año del estudio, es de suponer que se realizó en un enfermo joven. También se hace mención de un dato interesante con el sistema de ajuste que describe, evita el posible decúbito producido por el alambre retorcido, fuente en ocasiones de una infección, y primer paso de una posible dehiscencia.

En esa misma década siguen apareciendo trabajos sobre la esternotomía y en especial de las técnicas a realizar en caso de dehiscencia¹³⁴, lo cual hace entrever que la incidencia o la importancia que se le da a ésta se incrementa. Cambia la perspectiva previa, y ahora ya el interés no es tratar la complicación, sino evitarla. Martin⁸⁹ cree que el cierre debe llevarse a cabo englobando completamente el ancho esternal, pues de esta forma el alambre se desliza mejor en el hueco intercostal que a través del hueso, lo cual facilita la técnica y permite ajustar mejor los dos hemiesternones, proporcionando una

mejor estabilidad y por tanto menos dolor. Nosotros además creemos que disminuye el dolor al no producir una perforación en el hueso y el periostio; además engloba mayor cantidad de tejido óseo, y por tanto también será necesario rasgar una mayor cantidad de hueso para producir una dehiscencia.

Paulatinamente aparecen múltiples dispositivos con vistas a facilitar las técnicas existentes^{108,33,74}, pero el cambio sustancial en el método de cierre, viene a raíz de la utilización de unas cintas metálicas empleadas para agrupar cables de teléfono, las bandas de acero⁶⁸. Aunque con excelentes resultados inicialmente, cosa lógica dado que aumentaban sustancialmente la superficie de fijación por parte del material de osteosíntesis, posteriormente los destrozos que provocaban en caso de dehiscencia también eran mayores.

A la par que dichas bandas aparecen unas grapas⁴ o corchetes, ubicados en el espacio intercostal sobre los que se disponen los alambres, aumentando así la superficie de contacto entre el hueso y el acero, disminuyendo la capacidad de penetración de este último. Este concepto es un pilar fundamental: **no consiste en mejorar el material con el que cerrar la esternotomía, sino que dicho material se disponga de forma que su capacidad de rasgar el hueso sea la menor posible.**

Estamos a finales de los 70, y a pesar de que las técnicas descritas presentaban siempre unos resultados envidiables, los estudios se llevan a cabo con escaso rigor científico y sobre un grupo de pacientes que para nada es de elevado riesgo de dehiscencia. Estos resultados contrastan con la aparición de cada vez un mayor número de artículos, en relación a como resolver dehiscencias complicadas^{74,130,103,153,126,140}.

Uno de los trabajos que aportó mayor luz a dicha complicación fue el de Stoney¹²³, el cual analiza más de 4500 enfermos, con diferentes tipos de cierre, y a pesar de no ser randomizado, nos sirve para saber la incidencia de esta complicación y sus posibles causas. Teniendo en cuenta que el total de dehiscencias solo eran 36 casos (0,8% del total), nos da una idea de la complejidad de analizar esta complicación. No olvidemos que nos encontramos en los años 70, y cualquier enfermo que superara cierta edad, peso o patología asociada no era subsidiario de cirugía cardíaca.

A pesar de ello, este trabajo corrobora de una forma más científica los datos que ya sospechábamos, dictaminando que la dehiscencia suele ser un defecto de técnica. Sus

directrices fueron: abarcar el esternón en su totalidad, una correcta apertura y evitar el daño que sufren los alambres al retorcerse, aconsejando el cierre en 8 o las bandas.

Un punto de inflexión respecto al resto de los trabajos, es que analiza las características de los pacientes, mencionando alguno de los primeros factores de riesgo independientes de dehiscencia basados en un análisis estadístico: la reintervención.

Añadir que esporádicamente surgen nuevas ideas para facilitar las técnicas ya descritas^{157,152}, o tratamientos originales pero ocasionales ante dehiscencias complejas^{126,51}.

En los años 80 aparecen grandes aportaciones ya que los trabajos se llevan a cabo con un rigor estadístico muy superior, no sólo por el número de enfermos, sino por el análisis pormenorizado de todos ellos. Es de interés el realizado in vitro por Rooks¹²⁶, mejorando algunos de los errores de Timmes, al darle importancia a la torsión del alambre dado que como sabemos lo debilita. Aplica además, una variación muy útil para nuestro estudio: modifica la aleación, de forma que no alcancemos tan fácilmente el límite de elasticidad irreversible del acero (el retorcer el alambre disminuye el umbral de ruptura hasta un 25-30% del teórico) y usa alambres de 0.8 mm. Esto último también disminuye el riesgo de rasgar el hueso al aumentar nuevamente la superficie de contacto acero-hueso.

Llama la atención los excelentes resultados que publican algunos trabajos con técnicas ya habituales, 0.4% dehiscencias¹⁶¹, con mortalidades muy bajas, pero incluyen enfermos con cirugías menos agresivas v.g. tiroidectomías. Contemporáneos son otros estudios, algo tremendistas, pero más realistas a nuestro entender⁵¹, con más del 40% de dehiscencias.

Nuevos materiales siguen apareciendo, siempre acompañados de unos excelentes resultados, mencionemos las cintas de poliéster "Mersilenes"⁶⁵ más por su originalidad que porque creamos que son una opción válida; y aunque algún que otro trabajo mostró resultados muy buenos, el tiempo y algún otro estudio¹¹⁹ se han encargado de desmentirlo.

Recordemos los conceptos de estabilidad y consolidación. Un material rígido da gran estabilidad, que favorece una pronta consolidación, por el contrario, la rigidez del sistema hará que ante grandes tracciones se produzca el desgarramiento de la zona más débil, el esternón. Por el contrario un sistema elástico como las cintas de Mersilene, permiten que ante grandes tracciones no se produzcan el desgarramiento óseo, sin embargo tampoco

aporta una estabilidad suficiente como para que se produzca una correcta consolidación, siendo propenso entonces a que en lugar de formarse el callo óseo, se produzca una pseudoartrosis, que aunque no supone un gran problema desde el punto de vista de la mecánica respiratoria, si lo es al aumentar la incidencia de exudados en la zona por constante movimiento facilitando así la infección, complicación bastante frecuente en los estudios realizados con dichas cintas, además de un mayor dolor, característico de una incorrecta consolidación. **Esto da pie al principio que hemos intentado demostrar de cómo debe ser el cierre perfecto: Rígido ante pequeñas tracciones, elástico ante grandes tracciones; lo primero facilita la consolidación, lo segundo evita el rasgado del hueso.**

A partir de los 90 el número de trabajos en relación con la esternotomía se dispara, siendo estos de tres tipos en la información que a nuestro estudio aportan: nuevos dispositivos, estudios comparativos, y análisis in Vitro mediante sistemas de tracción. Continuaremos comentando los primeros, hablando de los restantes en los próximos apartados.

Dentro de los nuevos dispositivos aparecen unas varillas multiperforadas¹⁴¹ de forma que estas se aplican sobre el esternón, a través de esos orificios se anclan los alambres dispuestos de diferentes formas, lo cual aporta un gran ventaja, crea un sistema que reparte las fuerzas desde las zonas de máxima tracción, las inferiores o próximas al xifoides, a las de menor, las superiores o del mango. El concepto del cierre es importante: **disipar o distribuir las fuerzas**, y aunque la técnica es útil, se trata de un trabajo meramente descriptivo y no compara ni estudia un grupo de enfermos, no es sino una modificación del Robicsek, evidentemente más sencillo de realizar, aunque no por ello mejor, dado que la cantidad de material que dejamos próximo a la línea media es aun mayor con el consiguiente riesgo de infección. Sin embargo lleva consigo una probabilidad menor de lesionar la mama, a costa de perforar el esternón en lugar de abarcarlo en su totalidad.

Otros parten de la idea que para conseguir un sistema estable, se puede lograr a base de aumentar el número de alambres, este sencillo y práctico concepto es comentado en una carta de Opie¹¹⁰ con la que se solidariza Stoney¹⁵², mencionando además una idea de similar importancia, la necesidad de utilizar más alambres en las personas obesas, originando el concepto actual de aproximadamente un alambre por cada 10 Kg. de peso del enfermo. Aún así, el mencionado artículo dice que no es lo más importante, ya que

la dehiscencia no ocurre por fractura de los alambres sino por rasgado del hueso. Nosotros congeniamos con su conclusión aunque le dan menos importancia de la que realmente tiene. Como dijimos en nuestro análisis biofísico, al aumentar el número de alambres, se reparte la fuerza total de tracción sobre también un mayor número de éstos, y la tensión por alambre, o lo que en su momento definimos como Tensión de Separación por Alambre es menor; por tanto, la tracción ejercida sobre el hueso, y el riesgo de rasgado de éste, también lo es. Dicho de otra manera, existe mayor riesgo de dehiscencia al disminuir el número de alambres. En el fondo no es sino una perspectiva distinta del “*alma mater*” de la prevención de la dehiscencia: **al aumentar el número de alambres, indirectamente aumenta la superficie de contacto, y disminuye la capacidad de penetración de estos.** Por el contrario, al igual que con el procedimiento de Robicsek, el riesgo de infección es directamente proporcional a la cantidad de material de osteosíntesis que utilizemos.

Otro método de cierre eficaz más recientemente utilizado, pero a nuestro entender poco práctico dentro de la cirugía cardíaca, es el uso de placas de titánio¹¹² similares a las utilizadas en la cirugía maxilofacial¹²⁵, cuya forma ha ido variando desde las lineales o semicirculares iniciales, a las actuales en “H”. Aportan una gran estabilidad, recordemos que evitan los tres tipos de desplazamiento que sobre la esternotomía se podrían ejercer, no obstante tienen ciertos inconvenientes, aparte de los inherentes al uso de este tipo de dispositivos: el costo y el tiempo necesario para su aplicación. Desde el punto de vista biofísico tienen carencias que los hacen poco adecuados, primero por el hecho de que precisan de unos tornillos para aplicarlas, lo que conlleva realizar unos orificios de un tamaño superior al de un alambre con la agresión que para el hueso ello supone. Además se anclan fundamentalmente en la cortical externa y la médula, si tenemos en cuenta que la densidad esternal no es uniforme ya que la medular es mucho menos consistente, y que donde se ejerce una mayor tracción es en el tercio inferior, donde además la medular aún es menos densa si cabe, nos es fácil imaginar que la aplicación de esta técnica es poco viable en un gran número de enfermos; sin contar el problema que supondría una reapertura de emergencia con dichos dispositivos, y el destrozo que provocarían en caso de dehiscencia. No obstante, en los trabajos donde se aplicaron^{125,81}, destaca el escaso dolor que presentan los enfermos, probablemente en relación a la gran estabilidad que aporta.

Este último problema, la inestabilidad en el eje anteroposterior y longitudinal, se ha intentado solventar hoy día mediante un ingenioso dispositivo en el interior de la

médula de ambos hemiesternones, se trata de piezas de poly-L-Lactide (PLLA)¹¹³ que al quedar encastradas entre ambas mitades limitan los desplazamientos en el eje anteroposterior y céfalocaudal, mientras que los alambres o el dispositivo pertinente lo hace con los movimientos laterales; dicho “*pin*” es reabsorbible con lo que minimiza el riesgo de infección o reacción de cuerpo extraño, así como un obstáculo ante una futura reintervención. Sin embargo este mecanismo no deja de tener sus limitaciones, ya que el estudio en cuestión aplica la técnica en huesos de cerdo jóvenes, con una médula ósea compacta, cosa que no ocurre en los habituales esternones osteoporóticos de la mayoría de los enfermos. Menos sensacionalista, pero igualmente práctico para evitar parte de los desplazamientos puede ser un punto de alambre abarcando solo la cortical externa. No obstante, los movimientos que evita dicho pin son los que, como comentamos, menos influyen en la aparición de una dehiscencia⁹⁰, aunque si parece que disminuyen el dolor.

Un método sencillo, que aplica el concepto de a mayor superficie de contacto menor penetración, es el empleado por Cohen³² y Mac Gregor⁹¹ mediante unas placas entre el alambre y el esternón evitando así la penetración del alambre en el hueso.

Como meramente anecdóticos, aparecieron trabajos que utilizaban dispositivos ingeniosos que corroboran los principios ya dichos. Mencionar el realizado con cables, (alambres de acero trenzado) que aportan elasticidad al cierre ante grandes tracciones en detrimento de la estabilidad a bajas tensiones. Análoga elasticidad-estabilidad presenta otro cierre el cual usa tendones de Aquiles⁸⁹ en dehiscencias con infección.

Otra técnica consiste en poner unas placas en forma de L con el brazo corto incrustado en el espacio intercostal y el brazo largo atravesando la línea media, de forma que se atornillen en el medio las de ambos lados⁶¹. En realidad, no hace sino aportar una gran superficie de contacto en el espacio intercostal; este concepto ya fue usado mucho tiempo atrás al combinar los alambres con planchas metálicas a costa de emplear una gran cantidad de material extraño. Similar técnica asociada a injertos óseos fue utilizada para resolver dehiscencias transversales de esternotomías limitadas¹¹.

A la vez que el uso de nuevos mecanismos, algunos artículos⁸⁵ empezaron a comparar técnicas con el material habitual, alambres de acero, pero con una disposición diferente, e introdujeron otra de las bases de nuestro trabajo: la variación de los vectores de fuerza según la disposición del alambre y su repercusión en el cierre, de los que más tarde hablaremos.

Finalmente, hace cinco años Centofanti²⁸ y Negri¹⁰⁶ describen un nuevo dispositivo muy interesante ya que, a nuestro entender, es el que más se acerca al teóricamente perfecto mecanismo de osteosíntesis. Se trata de unas grapas de NITINOL, material diseñado por la industria bélica que adquiere distinta rigidez según la temperatura a la que está expuesto, y que cumple la mayoría de los requisitos según nuestro análisis de cierre ideal: una gran superficie de contacto y por tanto una baja capacidad de penetración o rasgado al tener un grosor de más de un milímetro. Este material está dotado de gran resistencia, debido a su grosor y a su capacidad de deformación. Todo ello confiere una gran estabilidad a bajas tensiones pero con capacidad de deformación ante grandes tracciones, fin que consigue al presentar una porción en forma de letra omega que hace que el sistema no sea rígido; de hecho sus mentores lo describen como un cierre semirígido; además es reproducible, sencillo de retirar y no supone una gran cantidad de material extraño. Todas estas características las comparte con el cierre pericondral lateral descrito por nosotros; presenta sin embargo tres desventajas a diferencia de nuestro cierre: una es su precio, mas de 300 euros por paciente frente a los 20 euros de los alambres; la segunda es que la mayor parte del material queda expuesto ante una posible dehiscencia de la herida, lo que obligaría a ser retirado en caso de que ésta ocurriera, y dado que sólo se usan tres grapas es fácil imaginar la repercusión que supone tener que quitar una de ellas, cosa que en nuestro cierre esta suplido al disponerse por dentro de la línea de esternotomía. Por último, el ajuste inicial es más complejo en las grapas ya que hay que elegir el tamaño de cada una a *grosso modo*, mientras que con los alambres este ajuste es mucho más fácil y preciso. Como añadidura, diremos que aunque los resultados de dicho trabajo fueron excelentes, no los compararon con ningún otro cierre, ni mencionan las características de los enfermos en que fueron empleados.

Lo anteriormente expuesto nos puede ayudar a resumir como debiera ser el cierre ideal:

1. Implante sencillo: reproducible, rápido, sin utensilios altamente sofisticados.
2. Fácil retirada, especialmente en casos de emergencia.
3. Escasa cantidad de material, en proporción al volumen del paciente.
4. Inerte, con escasa reacción por parte del organismo.

5. No interferir con estructuras colindantes.
6. Mínima exposición en caso de dehiscencia de la piel o plano subcutáneo.
7. Material de gran resistencia.
8. Rígido a bajas tensiones, permitiendo la consolidación.
9. Semirígido a altas tensiones, evitando fracturas del material o del hueso.
10. Transmisión de fuerzas a todo el sistema de forma uniforme y rápida.
11. Gran superficie de contacto material-hueso.
12. Económico.
13. Mínima lesión ósea ante una dehiscencia.

Nuestra técnica cumple con todas las condiciones exigibles en un cierre, a excepción de una gran resistencia del material, cosa que según nuestro estudio en el laboratorio metalúrgico se podría lograr con un acero de mayor calidad (mayor proporción de Ni), o un diámetro de sección ligeramente superior, 1.1 o 1.2 mm., aunque sobre esto hablaremos más detalladamente en el próximo apartado acerca de los experimentos *in vitro* con los MEA.

6.2.2. MODELOS EXPERIMENTALES

Trataremos en este apartado de comentar y comparar la forma en que se han estudiado los distintos cierres de forma experimental a nivel de laboratorio en trabajos previos, con el sistema o composición que nosotros diseñamos para validar este último así como los errores cometidos.

Ya en el 82, Rooks¹²⁶ realiza uno de los primeros estudios *in vitro* de los métodos de cierre que en ese momento existían, esta práctica surge de la lógica necesidad de utilizar modelos experimentales que corroboren las nuevas técnicas antes de aplicarlas a los enfermos. Aunque las primeras ideas se llevan a cabo con animales¹³⁵, su comportamiento y análisis no puede ser extrapolado a la morfología y mecánica humana por las características anatómicas del tórax y del esternón en los animales, por lo que aparecerán trabajos con esternones humanos.

Cheng²⁹ realiza un interesante estudio en el que compara distintos cierres de la época: bandas, alambres y cintas de poliéster (Mersilenes®), pero sus resultados no dejan de ser un simple análisis de la resistencia de cada uno de los materiales, ya que sólo toma porciones de esternón y no analiza la distinta densidad de cada uno de ellos;

la tracción es uniforme en todo el hueso, y los ángulos de tracción-contratracción son nulos, no someten los cierres a tracciones que superen la resistencia del hueso con lo que en ningún caso este se rasga, es decir, sólo ven lo que se desplaza el sistema ante tracciones mínimas. Sin embargo aportan una gran información del comportamiento de los diferentes materiales ante una tracción, definiendo el límite elástico de cada uno de los materiales, la fase plástica, y el punto de ruptura de dicho material. Todo ello nos recuerda la importancia que tiene el retorcer el alambre, hecho analizado por Hicks⁶³. Intentando evitar esa variación individual, Ozaki¹¹² realiza el estudio con diferentes tipos de cierre pero utilizando los mismos esternones de pacientes con una edad media de 78 años; la tracción es de forma repetitiva, cosa que se asemeja a la realidad en el enfermo postoperado; no obstante, el diseño del sistema persevera en los mismos errores, es una tracción uniforme sobre el esternón, además el reutilizar el mismo hueso con distintos cierres hace que con cada estudio éste se deteriore sin olvidarnos que su nivel de significación del estudio fue 0.05, nunca del 0.01.

A nuestro entender el trabajo que marca un punto de inflexión en los estudios *in vitro* es el realizado por Casha²⁵, analizando mecánicamente el tórax según los diferentes diámetros, lo cual nos dará a conocer uno de los principios de nuestro estudio: a mayor diámetro mayor tensión, advirtiéndonos por tanto de la importancia que en el tercio inferior del esternón supone dicha premisa.

Sin embargo, en el sistema que diseña, la tracción a la que somete los esternones sigue siendo uniforme, es decir, igual tracción sobre el tercio superior que sobre el inferior, como si el tórax fuese un cilindro, cosa incoherente con su teoría y la realidad, ya que la caja torácica asemeja a un cono. Refiere la importancia de retorcer los alambres ya analizada por Cheng²⁹ y Rooks¹²⁶ y sus consecuencias sobre el material, pero así mismo hace referencia de cuan importante es ajustar el cierre durante su ejecución, ya que cuanto menos ajustado esté, permitirá un mayor desplazamiento a bajas cargas. Por último, es interesante el análisis que hace de la tensión o tracción total la cual se reparte entre cada uno de los alambres, ambos conceptos análogos a lo que nosotros denominamos FSE (fuerza de separación de la estereotomía) y TSA (tensión de separación por alambre).

Comenta un dato muy interesante pero que no valora en su estudio: el tiempo en el que se tose, 200 mseg., lo cual condiciona cualquier técnica de cierre, ya que durante este reflejo existe una gran tracción en un intervalo muy breve de tiempo; lo cual hizo que en

nuestro trabajo las fuerzas que ejercimos se realizasen de forma brusca, imitando en la medida de lo posible lo que acaece in vivo.

Junto con Casha, Mc Gregor^{90,91} posiblemente sea el que más ha influido en nuestro experimento biofísico, ya que no trata de comparar cierres, sino de valorar el comportamiento de la esternotomía ante las tracciones. Su gran aporte es la visión tridimensional del sistema, lo que le conduce a utilizar cuerpos enteros, cosa que se asemeja más a lo que ocurre in vivo. Pero no sólo eso, ya que distribuye la tracción aplicada al hueso, siendo mayor sobre la mitad inferior que en el resto, ejerciendo además dicha tracción sobre las costillas, en lugar de hacerlo sobre el propio esternón como hacen la mayoría de los trabajos. Esta forma de aplicar las fuerzas es mucho más fisiológica, ya que permitirá cierto grado de amortiguación, que como hemos dicho, aportan los cartílagos condrocostales. Igualmente útil es cómo mide la distancia de separación entre ambas mitades con cristales, cosa que nosotros hemos aplicado de forma parecida en nuestro experimento con las grapas. Sus conclusiones son muy similares a los conceptos teóricos mencionados por nosotros, especialmente la idea de que **la dehiscencia se produce por desgarro del esternón ante tensiones bruscas fisiológicas como la tos.**

Es interesante la aportación que hacen al relacionar tensión-desplazamiento según el tipo de tracción, ya que en su opinión, se produce sobre todo con fuerzas laterales, siendo máxima en la zona xifoidea. Esto corrobora nuestra hipótesis, aún a pesar de que en este trabajo no llega a la proporción de tensión que ocurre in vivo en el tercio inferior. En una persona el tercio inferior sufre más de la mitad de la tensión de todo el sistema por ser donde se insertan la mitad de las costillas y las de mayor diámetro, lo cual justifica que en esa zona el esternón presente una densidad mayor.

Por último realiza un experimento curioso, práctico y muy fisiológico, simula maniobras de Valsalva con globos dentro de los hemitórax, simulando lo que realmente ocurre durante la tos; de hecho es el único trabajo que creemos consigue la angulación de tracción-contratracción que comentamos en el capítulo de análisis biofísico, recordemos que además las costillas no se insertan todas perpendicularmente al eje mayor del esternón, ya que las cinco últimas transmiten sus fuerzas de forma oblicua, con un ángulo mayor a medida que descendemos.

Únicamente puntualizar como crítica, que las tensiones no se ejercieron de forma brusca, sino progresiva, dando tiempo a que se repartan las fuerzas en el sistema, cosa

que no ocurre *in vivo*. No concluyeron el trabajo con la dehiscencia del esternón, suponemos que debido a que se realizó con sólo dos cadáveres que debían preservar para finalizar el estudio. Este trabajo será una gran referencia en todos los estudios de esternotomía, mencionado incluso con cartas varias al editor²⁶.

Hay otros trabajos de menor interés que han corroborado lo aportado por Mc Gregor, que sin embargo se realizaban con modelos menos fisiológicos, como esternones de cerdo⁸³, con las alteraciones en la distribución de fuerzas que sobre ellos actúan, así como las características morfológicas y estructurales a todas luces diferentes de la humana.

Cohen³² introduce los modelos de poliuretano, una modificación interesante a la hora de eliminar el sesgo de la variación individual. A pesar de realizar un estudio muy exhaustivo de las distintas tensiones y los límites de deformación reversible o no de los diferentes materiales utilizados, sigue manteniendo el mismo error que la mayoría de los trabajos, aplicar las fuerzas sobre el esternón directamente, de forma que la tracción es otra vez uniforme, por lo que no creemos que aporte grandes novedades. Al ser un estudio comparativo de distintos cierres menciona cosas ya sabidas: la superior elasticidad del cable sobre el alambre, el mejor ajuste sin embargo de éste último, la mejor estabilidad de los “*plates*” y que no penetran en el esternón.

Trumble¹³² realiza un estudio similar con el fin de corroborar que los modelos esternales sirven para simular los esternones de cadáver, sin embargo el propio Cohen le contestará en una carta que sería interesante un modelo con cortical y médula, ya que no es comparable dos corticales de una dureza considerable y una médula frágil con un hueso uniforme y compacto. En el trabajo se cometen los mismos errores que en los de sus predecesores, sin embargo es interesante el concepto que mencionan al respecto de la mayor estabilidad que presenta el esternón en la porción superior debida a las clavículas. Podría ser este un motivo, junto con el escaso diámetro que tiene el tórax en dicha porción, sin olvidarnos que sólo se inserta una costilla en el mango, ya que la segunda lo hace justo en la unión del mango y el cuerpo. De igual forma, la relación con la cintura escapular también explica el porqué en esa porción de esternón existe una mayor densidad ósea, presenta mayor estabilidad y raramente comienza una dehiscencia.

Existe un trabajo de Dasika³⁸ que aunque desde el punto de vista del modelo experimental no hace grandes aportaciones, excepto que utiliza cargas muy superiores a las utilizadas hasta ahora, más de 400N y con diferentes niveles de carga, con lo que se pueden establecer similitudes con las distintas situaciones del postoperatorio: respirar, caminar, toser. Además se realiza con una cadencia intermitente, más parecido a lo que ocurre *in vivo*. Sin embargo, en lo que a conclusiones se refiere, son similares a las nuestras: achacan que la tensión en la zona inferior es mayor por el número de costillas que se insertan y por el diámetro de estas, sin olvidarse que en esa zona el esternón se adelgaza, por lo que es fundamental fijarla con más alambres ya que es más importante el sistema de cierre que los factores de riesgo de cara a una posible dehiscencia.

A medida que han ido apareciendo trabajos los inconvenientes mencionados son resueltos o tenidos en cuenta. Julian⁸⁵ da un paso más al someter los esternones a tensiones muy superiores, de hasta 800 N, con repeticiones a alta frecuencia que se asemejan a lo que ocurre en un enfermo, y valora la densidad de cada esternón para no incurrir en un sesgo de variación individual. Aunque este trabajo es más un intento ambicioso de comparar muchos cierres, ocho en total, que representar *in vitro* fielmente lo que ocurre *in vivo*, diseñando un sistema de tracción con las mismas carencias que el resto. Sus conclusiones son las ya sabidas; no obstante, la importancia de este estudio se debe mas al hecho de comparar un gran número de cierres que por el modelo experimental en sí.

Takeshi Saito¹³¹ utiliza unos “pins” ya mencionados anteriormente, sin embargo hace una aportación interesante aunque él no la menciona como tal, usa alambres de un grosor superior al habitual para esternones de cerdo, más pequeños que el de un humano, es decir mejora la proporción tensión-alambre.

Recientemente Shruti Pai¹¹³ realizó otro experimento comparativo, que desde el punto de vista mecánico se asemeja más a la realidad, ya que aplica proporcionalmente tres veces más tensión sobre el cuerpo que sobre el mango esternal. Además transmite la tracción mediante un sistema de poleas articuladas para que esta se reparta por igual. Igualmente donde se ancla el sistema de tracción es articulado, esto es otro gran avance a la hora de simular *in vitro* lo que ocurre en un enfermo, ya que a medida que se produce cierto grado de dehiscencia hace que la tracción siga siendo similar a la inicial en todo el esternón, y no que se distribuya hacia la porción superior como ocurre en los

otros modelos experimentales. Esto trae como consecuencia que consiga desplazamientos más marcados en el tercio inferior con cargas inferiores a otros trabajos. Pero no sólo estudia los desplazamientos de los hemiesternones, sino que fuerza al máximo la tracción hasta provocar una dehiscencia, objetivo real de todos los trabajos. Por último, utiliza la idea de una fotografía de alta resolución, cosa que nosotros imitamos, y menciona unos conceptos de estabilidad interesantes con los que concordamos: **la estabilidad del cierre depende de la localización de las placas o los alambres, la distribución de las cargas aplicadas al esternón y la zona donde se mida la estabilidad.**

Sin embargo, sus resultados hay que sopesarlos con cautela, dado que no se puede comparar la tensión que soportan unas placas de titanio fijadas con tornillos a un modelo esternal de poliuretano con una densidad uniforme, con el de un hueso humano. En el modelo los tornillos están más fijos al hueso y por tanto aumentará la resistencia del sistema; no obstante, *in vivo*, la fijación del tornillo es fundamentalmente en la cortical, por lo que el sistema es más frágil pudiendo acabar en una desinserción de la placa con fractura de la zona de anclaje. Recordemos que la resistencia del titanio supera con creces a la del hueso. Además, aunque la tracción la ejerce sobre las costillas del modelo, como ya hicieron otros (Casha), el modelo utilizado sólo presenta siete costillas, por lo que proporcionalmente la tracción en el tercio inferior es menor de lo que ocurre *in vivo*. Sería necesario para ser fiel a la realidad un modelo con todas las costillas. Este inconveniente también nos ocurrió a nosotros, dado que el obtener las 10 costillas que se insertan en el esternón, suponía una gran deformación del finado, cosa que no hicimos por respeto a la familia.

A pesar de todo, este trabajo aporta conceptos que hemos diferenciado, y que aunque frecuentemente están vinculados, no son sinónimos: 1) Infección. 2) Dehiscencia. 3) Mediastinitis. 4) Inestabilidad crónica. El autor concluye que las separaciones en el tercio inferior se deben a una mayor dificultad para su fijación, cosa lógica dado que no podemos anclar las últimas cuatro costillas al presentar una inserción indirecta al esternón a través de la sexta; no obstante, parece más interesante la importancia que da a la osificación de los cartílagos condrocostales, y a la dificultad que ello ofrece para llevar a cabo el cierre, aunque creemos que también se debe a la ausencia de elasticidad del sistema.

A pesar de la cantidad de trabajos que han ido apareciendo, ninguno cumple con la finalidad primera, llevar a cabo un experimento de características similares a lo que ocurre in vivo. En primer lugar parece claro que el usar esternones de cadáver es más real⁸⁵ pero presenta el sesgo de la variación individual, la dificultad de conseguirlos y conservarlos manteniendo sus propiedades físico-mecánicas, además del aspecto legal que lleva consigo, sin olvidarnos que lo útil sería realizar el experimento con todo el cadáver⁹⁰ con las dificultades obvias que ello conlleva. La opción de utilizar animales de experimentación¹³¹ es atractiva desde el punto de vista que se puede hacer un seguimiento in vivo del estudio, sin embargo sobra decir que no existen apenas similitudes entre la dinámica del tórax al caminar en una persona con un cerdo o una oveja, además que todos los animales empleados son jóvenes, con las evidentes diferencias respecto a los habituales esternones que vemos día a día en nuestros enfermos.

Parece entonces que el modelo de poliuretano o similar, es lo más práctico^{113,38,32}, visto que algún trabajo dice que apenas existen diferencias¹³²; no obstante, como ya hemos mencionado, no nos parece que la densidad uniforme de éstos reproduzca fielmente los huesos humanos, ya que el hecho de existir una médula y una cortical es una gran diferencia a la hora de implantar algunos dispositivos. Por el mismo motivo ante una fractura esternal se comportarían también de forma diferente. Lo verdaderamente útil en los modelos sintéticos sería una jaula torácica completa, debido a la interrelación existente entre el esternón y las costillas. Habría además que añadir estructuras como los cartílagos condrocostales, a nuestro entender muy importantes al presentar una distinta elasticidad. Algunos más atrevidos, han realizado la experimentación in vivo con diferentes tipos de cierre, pero además del carácter legal que esto implica, existe la imposibilidad de someter a un individuo a tensiones extremas para ver como se desarrolla la dehiscencia.

Todo lo anterior, nos obligó a utilizar esternones humanos dado que podíamos así conseguir un mayor número de costillas de la parrilla costal con sus cartílagos condrocostales correspondiente, e intentamos evitar el sesgo individual, procurando que los paciente de quien se obtenían tuvieran una edad similar y el mismo sexo.

Consideración a nuestro entender fundamental, es de donde realizar la tracción en los distintos experimentos, la mayoría lo han hecho de forma uniforme sobre todo el esternon^{112,32,85}, incluso algunos sólo tomaban porciones de este²⁹, situación que no es en absoluto fisiológica. Se ha llegado a realizar tracciones “en bloque” de todo el

esternón, sin tener en cuenta el distinto diámetro torácico y el número de costillas insertadas²⁵. Otros trabajos¹³² consideraron dichas variaciones, aplicando una mayor tracción en la mitad inferior, e incluso algunos crearon un sistema de poleas¹¹³ para no incurrir en una tracción no uniforme.

Sin embargo, en ningún caso han valorado que sobre cada costilla se ejerce una tracción que es transmitida al esternón de diferente forma dado el ángulo con el que se insertan en este, así como el tamaño (casi el doble) y número (la mitad) de las costillas insertadas en el tercio inferior. Todo lo anterior lo intentamos corregir con mayor o menor suerte en nuestro modelo, al traccionar de un mayor número de costillas, de forma individual, y con distinta angulación. A pesar de todo, al no realizarlo con toda la caja torácica, no pudimos introducir la variación que implica el radio de cada una de ellas. Estas características anatómicas son datos fundamentales en nuestra opinión, ya que explican que toda dehiscencia ocurra inicialmente en el tercio inferior.

Otro punto de vista que consideramos básico en la biofísica de nuestro cierre, pero que tampoco nosotros hemos podido simular, es el concepto de presión radial que se ejerce desde dentro del tórax. Como señalamos, la tracción sobre el cierre no es por tracción directa de las costillas, sino por una expansión de éstas, ya que la presión se ejerce de dentro a fuera, lo cual produce esa tendencia de apertura a modo de bisagra que ya comentamos, comportándose de distinta manera la lámina externa del esternón de la interna, según el ángulo entra las fuerzas de tracción y contratracción. Solamente Mc Gregor⁹⁰ logró solventar este problema al inflar los globos dentro del tórax, por lo que, como el pensó, sólo se nos ocurre una forma de poder evitar este error *in vitro*, tomando tórax completos de humanos o haciendo modelos completos de toda la cavidad torácica, pero incluso en este último caso tendríamos además que simular, no sólo los cartílagos condrocostales, sino también los tejidos blandos entre las costillas, funcionando a modo de amortiguador ante presiones elevadas intratorácicamente, ya que **nunca la presión que se produce dentro del tórax, va a ser transmitida totalmente a la estructura ósea.**

Otra peculiaridad que casi ningún trabajo examina, es el hecho de que la tensión sobre los cierres no se produce "*in crescendo*" lentamente en una persona, quizás sólo la defecación sea la única situación en que una tensión va aumentando durante unos instantes paulatinamente. Sin embargo, las tensiones que provocan las dehiscencias como la tos o el estornudo acaecen en décimas de segundo, por lo que el sistema no transmite rápidamente la tensión ejercida sobre las costillas, incrementando la tensión

en la zona de contacto entre el hueso y el material de osteosíntesis. Esto lo confirmó el hecho de que los esternones no presentaran fracturas con tensiones mucho mayores cuando sometimos el hueso a fuerzas de instauración lenta, llegando a romperse antes en la zona de anclaje de los resortes que a nivel de los alambres. Nosotros hemos suplido esto, realizando el experimento mediante tracciones bruscas, más importantes que las repetitivas. Estas últimas tienen una baja intensidad, y aunque éstas en teoría podrían también llegar a producir lesiones óseas, serían necesarias tantas repeticiones que para entonces la esternotomía ya se encontraría consolidada, por lo que no tendría ninguna repercusión en el paciente. Aún así, tampoco conseguimos aplicar tracciones con una relación tensión/tiempo similares a lo que ocurre in vivo, esto se debió no que la maquina empleada o generador de tracción (fig. 4.1.3.) no pudiera desarrollar una fuerza de 1200 N en menos de dos décimas de segundo, sino que el realizar este movimiento de los distribuidores de fuerza adquieren tal inercia de tracción que sería complicado realizar el cese de la tracción de forma tan brusca como ocurre al abrirse las cuerdas vocales.

Otro dato poco valorado hasta ahora, es la angulación con la que se insertan las costillas en el esternón, mientras que las cinco primeras lo hacen de una forma casi perpendicular, las restantes van interactuando con el esternón con ángulos cada vez menores, con lo que estas costillas actúan de una forma diferente (recordemos como dependía la resultante de los vectores según el ángulo entre ellos), cosa que nosotros intentamos suplir con los estribos o resortes de anclaje insertados en el distribuidor de fuerzas mediante un hierro basculante y un anclaje que podía variar su longitud (fig. 4.1.3.), permitiéndonos actuar sobre el hueso con una angulación más parecida a la real de lo que otros trabajos han hecho.

Lo anterior nos hizo plantearnos una pregunta ¿por qué a pesar de que las costillas de menor tamaño y en menor número se insertan en el tercio superior esta es la zona habitualmente más sólida del esternón? Cuando realizamos una esternotomía en pacientes longevos, existe una zona osteoporótica en el tercio medio del esternón; si partimos de la base que el hueso es un tejido vivo que se adapta a las exigencias mecánicas del cuerpo, parece lógico que en el tercio inferior, especialmente la zona más contigua al xifoides donde confluyen el cartílago de la 6ª a la 10ª costilla exista una zona mucho mas sólida, esto es un dato objetivo de que efectivamente esta región está sometida a una mayor tensión en un individuo normal, mientras que la zona media no. Por el contrario, el tercio superior del esternón presenta una gran densidad ósea,

probablemente debida a que esta porción de hueso transmite todas las tracciones o presiones de la cintura escapular.

Otro punto, no menos importante, es que la mayoría de los trabajos no llevan a cabo el experimento hasta una dehiscencia completa, cosa que a nuestro modo de ver es el fin que buscamos, lo que hizo que nuestro experimento con esternones no finalizara hasta rasgar estos por completo.

Por último, sabemos que los desplazamientos de los hemiesternones afectan al enfermo provocando dolor y una lenta o incorrecta consolidación ósea, incluso aumentará el riesgo de infección; no obstante un cierre puede permitir desplazamientos suficientemente grandes como para impedir la correcta osificación desencadenando una pseudoartrosis a consecuencia de la cual exista dolor, sin por ello abocar necesariamente en una dehiscencia, cosa que no parece ocurrir en ninguno de los cierres estudiados como la gammagrafía mostró, siempre y cuando no exista alguna complicación a este nivel.

Según todo lo expuesto resumimos, a nuestro entender, las características que debe tener un experimento biofísico de dehiscencia esternal:

1. Estructura del modelo esternal similar a la humana, con cortical y médula.
2. Presiones intratorácicas, no tracciones externas.
3. Tracciones sobre el esternón teniendo en cuenta el número de costillas implantadas en cada porción, su diámetro y ángulo de inserción en él.
4. Tracciones de elevada intensidad, en poco tiempo y repetitivas.
5. Continuar el estudio hasta el desgarramiento del esternón o una separación suficiente como para considerarla como una dehiscencia completa.
6. Emplear todos los componentes de la cavidad torácica que sea posible: cartílagos costales y tejidos de los espacios intercostales,

6.2.3. ESTUDIOS COMPARATIVOS

A la par que han ido apareciendo nuevos tipos de cierre, siempre se han comparado con los hasta entonces existentes, sin embargo, ningún trabajo de los que hemos revisado puede ser considerado como óptimo a la hora de obtener conclusiones de rigor estadístico, dado que todos y cada uno de ellos presentaban alguna carencia, ya fuere el número de enfermos, las características de estos, el tipo de cirugía, análisis estadístico pormenorizado,....

Algunas de ellas son muy difíciles de solventar, como lo es el hecho de una baja incidencia de dehiscencia, la cual imposibilita conseguir un gran número de casos y limita el realizar estudios prospectivos aleatorizados (dos de las premisas que más condicionan el poder estadístico de un trabajo), pudiendo a veces sacar conclusiones muy dispares. Sirva de ejemplo la comparación del cierre con cintas de poliéster (Mersilenes®), según que estudio podemos sacar la impresión de que es eficaz o no: mientras que Sanfelippo¹³³ y Sirivella¹⁴⁷ no aconsejan su uso, Le Veen⁷⁸, Jhonston⁶⁵ o Ridley¹¹⁹ opinan lo contrario, aunque si nos basamos en el número de enfermos y planteamiento del trabajo son más convincentes los primeros. Sin embargo, el tiempo ha sido el encargado de valorar el cierre en cuestión, ya que ningún estudio reciente le ha hecho referencia. Por el contrario, aquellas técnicas innovadoras de indudable utilidad, han perseverado en el tiempo sin someterse a grandes comparaciones, un claro ejemplo de ello es el cerclaje o Robicsek¹²².

No obstante, no debemos olvidar que en la época en que se realizaron los primeros estudios, hace más de 35 años, casi en los albores de la cirugía cardíaca, el carácter ético legal era menos estricto, consideración que hoy en día supone un motivo de peso a la hora de plantear el uso de nuevos dispositivos.

Además, el análisis estadístico de las dehiscencias era secundario, esto es, se analizaba la complicación en cuestión como parte de otros estudios, pero dichas complicaciones esternales no eran el fin del trabajo, con las carencias que ello conlleva a la hora de valorar los resultados.

Sin embargo, son múltiples las publicaciones en pacientes probando métodos aislados por primera vez^{4,28,51,68,97,123,141,157,161}, con resultados sorprendentemente buenos si los contrastamos con los estudios que secundariamente nos aportan información del número de dehiscencias, aunque no del tipo de cierre.

Parece que somos menos exigentes, lógicamente, a la hora de experimentar técnicas en situaciones extremas^{11,39,41,81,98,146,148,156}, lo que evidentemente nos confiere una tranquilidad ética y legal, pero con escaso rigor estadístico a la hora de sacar conclusiones. Igualmente “atrevidos” han sido aquellos que lejos de probar un nuevo cierre, realizaban combinaciones de los ya existentes, una actitud más conservadora, pero igualmente útil^{42,104,110,145,157}.

Desde que la cirugía cardíaca comienza su claro punto de inflexión al alza, los años 80, aparecen trabajos comparando distintos cierres, aunque inicialmente eran muy sencillos

dada la maquinaria de entonces y que prácticamente todos los enfermos se cerraban con alambres. Rooks¹²⁶ comienza a estudiar, con experimentos aislados, cómo responde el alambre a ser retorcido o tensado con distintos instrumentos, aunque dos años después Shultz¹⁴⁰ compara cómo repercute sobre el alambre el hecho de anudarlo, retorcerlo o doblarlo, concluyendo que el retorcerlo era más ventajoso. Fue una de las primeras comparaciones cuyas conclusiones siguen vigentes hasta nuestros días.

Debemos remontarnos tan sólo diez años, para leer un trabajo comparando cierres *in vivo*. Soroff¹⁵⁰ diseña un estudio que desde el punto de vista estadístico podemos considerar como bueno, ya que utiliza muestras en las que los factores de riesgo son similares, comparando alambres y bandas de acero. El único problema es que debido a la baja incidencia de dehiscencias no pudieron obtener conclusiones significativas a nivel clínico, salvo la de referir menos dolor con las bandas. Desgraciadamente, esta diferencia ocurre sólo en un dato de gran subjetividad, insuficiente a todas luces para afirmar que un cierre es superior a otro. No olvidemos que dicho trabajo parece querer mostrar que las bandas son mejores por su afirmación de que estas soportan *in vitro* mayor tracción, cosa lógica dado que la cantidad de acero en una sección transversal es mayor en el caso de las bandas; sin olvidarnos que no describe la composición del acero en cada caso. Todo lo relaciona con que a grandes tracciones se separan más los alambres, pero este argumento carece de consistencia dado que ya sabemos que las dehiscencias se producen por un rasgado del esternón, no por un defecto en la carga que soporta el material.

Esta última consideración merece una excepción en el caso de nuestro cierre, ya que como hemos descrito, en los dos casos en que apareció cierta inestabilidad, o aquel que sufrió una dehiscencia total, la fractura del material fue la causa fundamental, permaneciendo íntegro el esternón. Esto se debe a una mejor distribución de fuerzas en la zona de sujeción al hueso, a costa de una mayor tensión sobre el punto medio del alambre, al existir un menor número de estos que cruzan la línea media. Este concepto, es uno de los principios del trabajo de Opie¹¹⁰.

Todo lo anterior fue corroborado por el hecho de que cuando los alambres de este enfermo fueron estudiados en el microscopio se vio que la microestructura del acero estaba alterada como resultado de cargas de repetición pero establecidas de forma brusca, como ya imaginábamos debido a los accesos de tos, pero sin alterar su disposición tridimensional, es decir, en ningún momento el alambre fue deformado, o lo

que es igual, la conformación microscópica del Níquel y el Cromo no había sufrido una deformación plástica. Todo ello hace hincapié en lo ya mencionado en el capítulo anterior, el establecimiento de la carga es tan rápido que no permite al acero alcanzar la fase plástica. Un pequeño inconveniente a la hora de compararlo con otros cierres fue que raramente los alambres se fracturan, ya que era el hueso el que se rompía.

Los inconvenientes comentados a la hora de comparar cierres de forma clínica, nos impiden sacar conclusiones definitivas, y aunque estos se han intentado solventar de muy diversas formas en diferentes estudios, ninguno ha conseguido realizar el experimento con un modelo extrapolable in vivo. Quizás Mc Gregor⁹⁰, como ya dijimos sea aquel que más se aproximó.

Uno de los mejores trabajos de este tipo fue el realizado por Sargent¹³⁵ en el inicio de los 90, aparte de los inconvenientes de utilizar cerdos, fue ambicioso ya que analizó aspectos que nosotros hemos valorado como interesantes y que por tanto también hemos estudiado: comparó a nivel tisular las diferentes técnicas de cierre. Sin embargo el hecho de no tener ninguna dehiscencia hace de esta una simple, pero interesante tentativa de analizar los cierres con una visión clínica, mecánica y tisular que nosotros hemos continuado.

Casi a la par Cheng²⁹, realiza uno de los primeros estudios comparativos *in vitro* con resultados interesantes. Analiza los cierres más habituales entonces: alambres, suturas de poliéster, bandas de plástico y cintas de alambres, hasta producir la dehiscencia. Consiguen a mi entender conclusiones interesantes a la hora de una aplicación clínica como es que los nudos con las bandas de plástico y los Mersilenes no se pueden azocar correctamente, cosa que justifica el desplazamiento mayor de estos dos materiales.

Sin embargo presenta resultados incongruentes pues lo mismo sucede con las bandas de acero, sólo justificable a nuestro entender porque tampoco están bien ajustadas, ya que en si es un material con una teórica baja capacidad de penetración, y con una fase plástica menor que el alambre. Otra explicación es que el esternón en cuestión fuese más osteoporótico dado que el experimento se realizó con cadáveres.

No podemos comparar nuestros resultados con este trabajo al haber utilizado cierres sólo con alambres, sin embargo nos orientó a considerar la densidad de cada esternón empleado y por consiguiente las características del donante de quien lo obtuvimos. Por

otra parte, no se puede valorar la separación de ambos hemiesternones debido a las características intrínsecas de cada material, sus resistencias son totalmente diferentes, y al modo de traccionar sobre la esternotomía. No obstante es un trabajo que induce a pensar que un material excesivamente elástico no es aconsejable.

Ozaki¹¹² compara el cierre con alambres y con placas de titanio, y corrige el error de Cheng tomando esternones de características similares y aplicando distintos cierres en el mismo esternón, cosa esta última que presenta un riesgo, pues al haber sometido el hueso a unas tracciones podría producir cierta fatiga sobre éste e influir en los resultados del estudio; además esto imposibilita aplicar fuerzas hasta la dehiscencia. A pesar de que los resultados son mejores con los alambres, menciona que las placas evitan lesionar la vascularización del hueso, cosa que a nuestro entender no es tan importante si recordamos el concepto de estabilidad y consolidación ya expuestos, y que como hemos visto en el estudio con gammagrafía, no es tan claro. Por otro lado no tiene en cuenta la lesión que sobre el propio hueso producen los tornillos de las placas, y cómo no del precio (diez veces mayor), así como la complejidad de su aplicación que requiere incluso modificar la forma de dichas placas.

Casha²⁵ obtiene datos más congruentes que los de Cheng dado que las bandas se separan menos que un material elástico como el Ethibon®, aportando al igual que este, un análisis de la fase elástica y plástica de los materiales. Efectivamente, cuanto más fácil es ajustar el cierre y el material es más rígido, el desplazamiento inicial es menor. La estabilidad de los cierres es de mayor a menor: suturas, bandas, alambres en 8, alambres simples, alambres simples dobles. Sin embargo esto se contrapone a la “máxima resistencia”, ya que aquellos cierres menos estables inicialmente van a soportar cargas superiores antes de romperse por la elasticidad mencionada, de mayor a menor: suturas, bandas, alambre doble vuelta, en 8, simples. Según estos autores lo más importante es la estabilidad, sin embargo nosotros creemos que estabilidad y elasticidad son conceptos importantes que no deben ser excluyentes, a nuestro entender **el cierre ideal aporta estabilidad a cargas bajas y elasticidad a cargas altas.**

Trumble¹³² aporta al método de estudio notas interesantes que ya comentamos. En el aspecto comparativo, su trabajo se dirige más a convalidar modelos de poliuretano que a comparar los tipos de cierre simple y en X. Aunque refiere que son similares

aprecia diferencias con el cierre en X según utilicen el hueso o el modelo. Esto podría estar en relación con la estructura uniforme del modelo, cosa que no presenta el esternón humano, inconveniente del que ya hemos hablado; además al igual que Ozaki, utiliza el mismo hueso para distintos cierres con lo que esto conlleva. Sin olvidar que en el cierre en X usa 6 alambres y en el simple siete, con lo que el número de estos a la hora de transmitir la tensión-contracción del sistema entre ambos esternones no es el mismo.

Dasika³⁸ plantea una comparación con pocos sesgos al usar modelos de esternón y realizar cierres con alambres en distinta disposición (simple y en X), variando además el número de estos, pero esta última situación la considera de forma aislada evitando el error de Trumble. Sus resultados son que tanto alambres simples como en X son similares, aunque parece ser más importante el número de alambres que la forma en que estos se disponen, cosa que nos remite al concepto de tensión de separación por alambre y a la capacidad de penetración según la superficie de contacto.

De los trabajos que aportan variaciones de las técnicas clásicas, quizás destacar el de Rajeev Sharma¹⁴⁵, que aunque el cierre en si no deja de ser un Robicsek modificado, es importante el hecho de realizarlo en enfermos con factores de riesgo de dehiscencia. Aunque según Tomaso Botio¹⁹ dicha actitud no es ética, nosotros también la hemos aplicado en cierto modo en nuestro estudio, ya que es una forma de mejorar la potencia del estudio al saber que la posibilidad de complicaciones en dicho grupo es superior, siempre y cuando se hallan realizado pruebas *in vitro* y sopesado los riesgos de dicha actitud previamente.

En el trabajo de Sharma, los resultados claramente son ventajosos para el Robicsek modificado, pero sólo aconsejan este en caso de factores de riesgo, actitud a mi entender muy prudente, y que en muchos centros se aplica. Quizás como críticas decir que no definen cuando consideran a un enfermo EPOC, el límite a la hora de tachar a un enfermo de obeso es bajo y existe un número mínimo de dobles mamarias; no obstante estos inconvenientes en parte se subsanan con el elevado número de enfermos (1336), especialmente coronarios, y el carácter aleatorio del estudio. Por último no podemos olvidar la alusión que hace del compromiso vascular que puede producir el Robicsek clásico.

Otra gran ventaja del estudio en cuestión es un análisis clínico muy pormenorizado de los enfermos, y si obviamos el carácter legal reprochado por Bottio, es un trabajo concluyente desde el punto de vista estadístico. Aunque no hace más que corroborar algo ya sabido: el Robicsek es una de las grandes técnicas de cierre en enfermos con factores de elevado riesgo.

Quizás uno de los trabajos más ambiciosos a la hora de comparar cierres ha sido el de Julian⁸⁵ y aunque también emplea huesos de cadáver, intenta controlar todas las variaciones de estos: características de los donantes, densidad del hueso, etc. Define además, múltiples parámetros, creando un almacén de datos que tiene en cuenta todos los casos. Sin embargo, no usa el mismo número de alambres que cruzan la línea media, con lo que los resultados se ven influenciados no sólo por el tipo de cierre, sino por el número de alambres dispuestos; mencionar además que el número de donantes mujeres es menor que el de hombres.

Los resultados son significativamente mejores con el cierre simple, remarcando la importancia de englobar la mayor cantidad de hueso. Sin embargo el hecho de utilizar un sistema de tracción en bloque nos permite sacar conclusiones limitadas sólo al experimento, sin poder extrapolarlas a la práctica habitual. Aun así, sus teorías de que la dehiscencia se debe a tracciones paralelas del alambre contra el hueso durante situaciones fisiológicas de stress como la tos produciendo el rasgado del hueso, concuerdan plenamente con las nuestras.

Recientemente Shruti Pai¹¹³, compara las placas de titanio con los alambres utilizando modelos de poliuretano. Concluyen que las placas dan más estabilidad y menor separación que los alambres con diferencias significativas, y ante tracciones elevadas el alambre penetra en el modelo mientras que la placa rasga el hueso con tracciones de menor intensidad. Desde el punto de vista del montaje del sistema es uno de los más interesantes como ya dijimos por lo que sus conclusiones se deben tener muy en cuenta. Dichas conclusiones son las lógicas dado que la elasticidad del alambre es mayor y lógicamente un placa fija en la cortical no va a rasgar el hueso transversalmente. Sus inconvenientes son los propios de utilizar un modelo esternal, más aún si tenemos en cuenta los cierres que compara, ya que supone anclar las placas sobre un hueso compacto, cosa que no ocurre en los enfermos, con lo que la diferencia que dice existir de que las placas toleran el doble que los alambres, al no poder anclarse

bien en la medula podría quedar disminuida, siendo además mayor el destrozo óseo en caso de dehiscencia al abarcar más extensión de hueso.

Sin embargo es muy interesante su aportación teórica que concuerda totalmente con la nuestra: **la estabilidad del cierre depende de la localización de las placas o los alambres, la distribución de las cargas aplicadas al esternón y la zona donde se mida la estabilidad.**

De los últimos estudios realizados son el de Bhattacharya¹³, comparando las ya clásicas cintas de acero y los alambres. Defiende las primeras con unos resultados muy significativos a costa de una gran incidencia de dehiscencia en el grupo de los alambres (casi del 4%), y con una estructura del trabajo bastante deficitaria a la hora de describir los grupos, además de no ser aleatorios.

Todos los trabajos experimentales expuestos presentan inconvenientes, aun así aportan teorías con las que coincidimos casi en su totalidad, sin embargo son difíciles de extrapolar a la clínica. Nosotros hemos intentado solventar este problema conjugando el estudio en el laboratorio con el clínico, ya que en este último nos encontramos con el gran problema al analizar la dehiscencia: su baja incidencia, y por tanto la necesidad de un gran número de enfermos para obtener una casuística que nos permita sacar conclusiones estadísticamente significativas. A lo anterior hay que añadir el problema ético, algo intrínseco a todo estudio clínico.

Estos dos inconvenientes fueron los que nos alentaron a no sólo realizar la comparativa a nivel clínico, pues llevar a cabo una comparación *in vitro* nos permitió sobrepasar los límites éticos, al forzar durante el experimento la dehiscencia o ruptura de los cierres, cosa evidentemente no viable en la práctica hospitalaria.

Dentro de la comparativa *in vitro*, los resultados como hemos descrito en el correspondiente capítulo, son muy favorables al CP, demostrando que la idea primaria de este, el distribuir las fuerzas de tracción-contratracción en diferentes planos disminuiría la capacidad de penetración en el hueso, permitiendo además cierta flexibilidad del cierre ante altas tracciones que confiere una adaptabilidad y eficacia del sistema muy superior al resto, recordemos que en el CP se aproxima al 100% mientras que el resto apenas supera el 80%. Lo dicho cumple con los principios que todo cierre debe tener. Sin embargo, la comparación a nivel experimental sirvió para corroborar

nuestras teorías a nivel físico, pero también mostrarnos sus inconvenientes y cómo subsanarlos:

1.) La adaptabilidad del sistema en el CP a la que hemos hecho alusión no debería justificar el desplazamiento mínimo que apreciábamos a tracciones de menor intensidad, mientras que en los otros dos tipos era nulo, especialmente el cierre en 8. La explicación la encontramos en cómo se realizaba el ajuste o tensión inicial de los alambres debido a los tejidos adyacentes, los cuales son englobados parcialmente; y aunque en el caso de los esternones de cadáver este problema era mínimo pues disecábamos casi todas las estructura próximas al hueso, a la hora de aplicarlos in vivo nos obligaba a realizar una sección en el tejido subcutáneo para su correcto ajuste. Este mismo inconveniente existe en el caso de las cintas de acero ya que para ajustarlas correctamente se requiere “penetrar” en el plano subcutáneo, al igual que con los refuerzos ubicados en el espacio intercostal o incluso con las grapas de NITINOL.

No obstante, este inconveniente se convertirá en ventaja a nivel clínico, dado que ante una posible apertura de la herida el acero del alambre no quedará expuesto al encontrarse englobado lateralmente en los tejidos adyacentes y en la cara interna del esternón en la línea media. Como añadido diremos que al contrario de otros cierres no precisa de un material específico para su ajuste.

Por último, diremos que el cierre en X presenta una mejor estabilidad en los tres ejes del espacio dado que con su disposición interrelaciona dos zonas de unión, es decir al conectar dos alambres que se disponen en dos planos cada uno de ellos, se formara un tercer plano, originando un sistema tridimensional mas complejo, que va aportar más estabilidad en todos los ejes.

Otro aspecto de este hallazgo era la cuestión de cómo afectarían al individuo dichos desplazamientos durante el postoperatorio, cosa que como vimos a nivel clínico no supuso un problema en lo que a dolor se refiere, o de consolidación como el estudio gammagráfico nos ha mostrado

De la misma forma, en el apartado que describimos el experimento con los MEA, comprobamos que la estabilidad que conforma cada cierre es muy diferente, siendo la mejor la ofrecida por el cierre en X por las razones ya comentadas: interrelación tridimensional a dos niveles del esternón (a diferencia del cierre simple) y cruzar la línea media tanto en la cara anterior como la posterior (a diferencia del cierre pericondral). El CS también aportaba una gran estabilidad, menor que el CX, pero

superior al CP. Finalmente el CP es el más inestable, comportándose como si de una bisagra se tratara (fig. 2.6.) sin embargo este inconveniente a priori, es el que favorece la deformación del sistema ante grandes tracciones, y que no fracture el hueso. No olvidemos que además, los desplazamientos en el eje longitudinal de la esternotomía son los de menor intensidad y fácilmente evitables con una correcta instrucción del paciente.

2.) Ante tracciones medias-altas es cuando el CP nos mostró sus grandes ventajas, ya que en los demás (CS y CX) los alambres comenzaban a penetrar en el hueso debido a la disposición de los vectores de tracción contratracción; por el contrario el CP dada su capacidad de adaptabilidad permitía cierta apertura del sistema, pero no el rasgado del hueso, al someterse a una tracción. Aún así, lo más sorprendente era como se recuperaba la conformación inicial al ceder la tensión del sistema provocando lesiones óseas menores, a diferencia de los demás cierres (CS y CX).

Esta característica también fue corroborada con los MEA, ya que pudimos comprobar como la resistencia, o lo que es igual, la pendiente de la zona elástica, es mejor en el CP. El principio es el mismo por el que las cintas de poliéster (Mersilenes) no perforan el hueso, sólo que en el caso de las cintas lo que se adaptaba no es la conformación del cierre, sino el propio material. Por el contrario, las bandas soportan mayor tensión con un menor desplazamiento inicial, ya que su margen de deformación elástica es menor que la de los “Mersilenes”, con el inconveniente de que cuando estas penetran en el hueso en una posible dehiscencia, el destrozo es mayor. Esta situación es aún más marcada en el caso de las placas de titanio, que aunque proporcionan una estabilidad muy superior, al igual que las cintas de acero, en caso de dehiscencia el destrozo también será mayor.

En este punto las grapas de NITINOL son un sistema muy similar a nuestro cierre, ya que su conformación y en cierto modo la maleabilidad del material permite, al igual que el CP, adaptarse al sistema permitiendo cierto movimiento. Para encontrar la diferencia entre ambos, debemos remitirnos de nuevo a la figura 2.6. en la que comentamos el mecanismo de apertura en bisagra del CP; las grapas de NITINOL presentan el punto de giro de la bisagra en la cara externa del esternón, mientras que en el CP se encuentra en la cara interna donde el alambre cruza la línea media, lo que induce a pensar que las grapas de NITINOL permiten una mayor estabilidad. Sin embargo, en el caso del CP, el límite de apertura depende de la longitud radial del tórax a la lámina interna y externa

del esternón, mientras que en las grapas del NITINOL se debe a la conformación en letra omega que presenta la grapa en si. No obstante, esta inestabilidad no es *per se* un problema, sino la gran ventaja de nuestro cierre; y aunque desde un punto de vista comparativo *a priori* supone un inconveniente respecto a los demás cierres, no fue así a nivel clínico.

3.) Ante tracciones máximas nuestro modelo de cierre no rasga el hueso, sino que es el propio alambre el que se rompe, esto en un principio parece una ventaja, aunque no deja de ser un riesgo para las estructuras internas como el pulmón o el corazón en continuo movimiento. Esta fue la gran diferencia en comparación con el resto de cierres ya que según nuestra experiencia y la bibliografía, normalmente el alambre no se fractura, o si lo hace, solamente afecta a uno o dos del total. Por ello analizamos proporcionalmente la tensión que cada alambre soportaba, apareciendo el concepto de tensión por alambre, pero no por cada alambre dispuesto alrededor del esternón, sino por el número de alambres que cruzan la línea media. Esto esta vinculado a los conceptos que en el apartado 2.2. denominamos Tensión de Separación por Alambre (TSA) y en el 5.2 Número de Alambres o Unidades Intermedias (NUI).

El problema mencionado pudo ser resuelto mediante un acero de mayor sección, ya que solamente 0.3 mm. más de grosor fue suficiente para que el sistema soportara cargas muy superiores a los restantes y que *in vivo* no sería posible lograr. Esto no fue posible en la práctica clínica por lo que fue solventado con un mayor número de alambres. Como hemos dicho y algunos artículos refieren, el añadir un mayor número de alambres aporta un menor riesgo de dehiscencia, basándose en la existencia de una mayor superficie de distribución de las fuerzas (o de contacto entre hueso y alambre) y a un mayor cantidad de acero que transmite la tensión entre ambos hemiesternones.

Es más, a nivel experimental, independientemente del tipo de cierre, un mayor número de alambres aporta una mayor estabilidad y es preciso una tracción superior para lograr separar ambos hemiesternones. Esta estabilidad aumentaba especialmente en el eje longitudinal (desplazamiento craneocaudal de un hemiesternón respecto al otro), sin embargo la estabilidad transversal (desplazamiento lateral) depende más del ajuste del cierre, es decir, de la tensión con que ciñamos los alambres al aplicarlos.

Con el CP la disminución de la capacidad de penetración se logra con la propia disposición en si de los alambres, sin embargo más alambres permitirían que exista una mayor cantidad de acero cruzando la línea media de forma que la tensión de separación

por alambre disminuye. La fig. 7.1. y su comentario nos expresa gráficamente el concepto expresado, del que ya hablamos en el capítulo 2.8.

Este problema fue objetivado claramente con los MEA, ya que estos nos permitieron comparar, sin sesgo alguno, como la resistencia de los cierres variaba con el número de alambres que cruzaban la línea media, de forma que el límite de tracción o punto de ruptura en el CS con 2 alambres es similar al CX con un alambre y al CP con dos alambres, ya que el número de veces que cruza la línea media es igual en los tres casos. En esta comparación es cuando más claramente podemos apreciar las diferencias en la pendiente o resistencia de cada cierre, mostrándonos con claridad la superioridad del CP en lo que a resistencia y eficacia se refiere. Así mismo nos muestra su gran inconveniente ya que es preciso emplear un mayor número de alambres para que la “cantidad de acero” o sección total de alambre que cruza la línea media se igual a los otros cierres.

Explicaremos lo anterior más detenidamente: en un paciente de unos 80 Kg. lo óptimo sería emplear ocho alambres sencillos en el caso del CS (CS-8-s), o cuatro alambres sencillos en el caso del CX (CX-4-s), como ya sabemos estas dos disposiciones cruzan la línea media en 16 puntos, mientras que el CP (CP-4-s) con esta misma disposición lo haría en 8 puntos. Si sabemos que el diámetro del alambre que hemos usado en nuestro trabajo es de 0,78 mm., su sección será igual al resultado de multiplicar el radio por π ; y la sección total de acero (S_t) que une ambas mitades del esternón (o del MEA) será el resultado de multiplicar la sección del acero por el número de veces que cruza la línea media, esto es:

$S = \pi \cdot r^2$	$S = 3,1416 \cdot 0,39^2$	$S = 0,4778 \text{ mm}^2$
$S(\text{CS-8-s}) = 16 \cdot \pi \cdot r^2$	$S(\text{CS-8-s}) = 16 \cdot 0,4778$	$S(\text{CS-8-s}) = 7,6448 \text{ mm}^2$
$S(\text{CX-4-s}) = 16 \cdot \pi \cdot r^2$	$S(\text{CX-4-s}) = 16 \cdot 0,4778$	$S(\text{CX-4-s}) = 7,6448 \text{ mm}^2$
$S(\text{CP-4-s}) = 8 \cdot \pi \cdot r^2$	$S(\text{CP-4-s}) = 8 \cdot 0,4778$	$S(\text{CP-4-s}) = 3,8224 \text{ mm}^2$

Pero el análisis del problema, nos sugiere la solución, ya que si sabemos a nivel clínico que en el CS-8-s y el CX-4-s no se fracturan los alambres, sino que la dehiscencia se

presenta al romperse el esternón, mientras que en el caso del CP lo que falla son los alambres, lo que nos indica que la adaptabilidad y transmisión de fuerzas es mejor con el CP. Una vez superado el límite por encima del cual fallan los alambres en cuestión (un número de unidades intermedias de 16), ya no nos interesa la ruptura del acero, sino su elasticidad-resistencia para evitar la fractura del hueso, es decir al conseguir aumentar la St lo que toma más importancia es la conformación y eficacia del cierre. Dado que lo que necesitamos es aumentar la sección total (St) de acero que cruza la línea media, la forma más simple sería emplear un alambre de mayor grosor; si tenemos en cuenta que en la formula el radio esta elevado al cuadrado nos hace suponer que un mínimo aumento del grosor llevará implícito un gran incremento en la sección, y si según la grafica de la fig.7.1. el CX-4-s aporta una sección total suficiente ya sabida ($7,6448 \text{ mm}^2$) para que no se fracture el acero, podemos calcular el radio mínimo necesario para un alambre que aplicado en el CP presente un riesgo de fractura despreciable a priori , esto es:

$$\begin{aligned}
 St &= 8 \cdot \pi \cdot r^2 & r^2 &= St / (\pi \cdot 8) & r &= \sqrt{St / (\pi \cdot 8)} \\
 r &= \sqrt{7,6448 / (3,1416 \cdot 8)} & r &= \sqrt{7,6448 / 25,1328} & &= \sqrt{0,3041} = 0,55 \text{ mm.}
 \end{aligned}$$

Si el radio es de 0,55 mm. quiere decir que con un alambre de 1,1 mm. de diámetro el riesgo de fractura dejaría de ser un problema, es decir sólo el aumento de 0,32 mm. en el diámetro del alambre empleado nos daría la posibilidad de no tener que emplear el CP doble. Además este aumento no interfiere apenas en las características de maleabilidad y manejo del acero para el cirujano y tolerancia para el enfermo. A priori también el aumento de grosor en el CS y CX supondría una ventaja, ya que al aumentar la superficie de contacto entre el alambre y el hueso disminuiría la capacidad de penetración, sin embargo mantendríamos la misma distribución de fuerzas, una de las causas de que el hueso se rasgue.

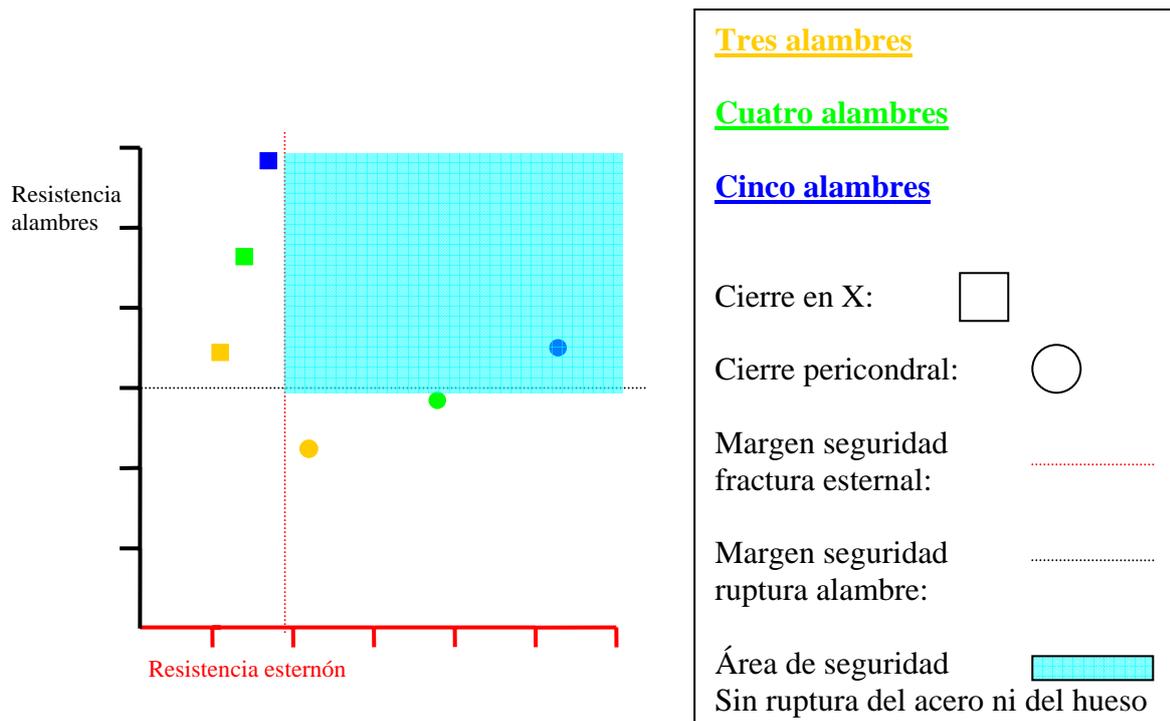


Fig. 7.1. En el gráfico apreciamos como se incrementa la resistencia total de los alambres (disminuye la tensión por alambre) a medida que se incrementa el número de estos, de forma más marcada en el caso del CX (cuadrados) pues cada alambre une ambos hemiesternones en cuatro puntos (NUI) mientras que en el CP (círculos) sólo lo hace en dos. Sin embargo el valor del CP no es exactamente la mitad que en el CX ya que como sabemos la eficacia del cierre (η) es superior con el CP. Igualmente la resistencia del esternón a ser rasgado aumenta al añadir más alambres en caso del CX, pues también lo hace la superficie de contacto entre el hueso y el acero, pero este incremento es más marcado en el cierre pericondral (círculos), estando desde un principio dentro del área de seguridad esternal, es decir el límite a partir del cual no se produce un rasgado en el tejido óseo pero si la ruptura del alambre. La clínica nos ha demostrado todo lo anterior como explicamos en el texto.

Otra forma de intentar aplicar un mayor número de alambres para que la sección total de acero en la línea media sea mayor, en un espacio limitado como es el esternón, fue el aplicar el doble de alambres en cada cierre, ya fuera pasando un mismo alambre dos veces por el mismo sitio, lo que denominamos “doble pasada” (fig. 7.2.) o realizando el mismo cierre en la misma ubicación con distintos alambres, lo que denominamos “doble” (fig.7.3.). Mencionaremos en este punto, que cuando aplicábamos un “doble pasada”, esto es, pasábamos el alambre dos veces por el mismo sitio, el ajuste era sencillo en el CS, con lo que su estabilidad en el eje craneocaudal o longitudinal y en el transversal o lateral aumentaba, sin embargo en los otros (CX y CP) disminuía, ya que el ajuste de los alambres era muy complejo.

Cuando realizábamos la conformación “doble” el ajuste de los alambres era muy sencillo en el caso del CP, con un aumento también de la estabilidad en las dos direcciones ya comentadas, sin embargo en el caso del CS y CX, no era muy complejo, pero bastante más que en el CP, probablemente por que el ajuste de cada alambre se lleva a cabo en estos dos últimos cierres en el mismo punto, a diferencia del CP, que cada nudo queda en un lado, y se traccionan en sentido opuesto. Resumiendo, la conformación en “doble pasada” a nivel práctico es factible en el caso del CS y la “doble” lo es en el caso del CP.

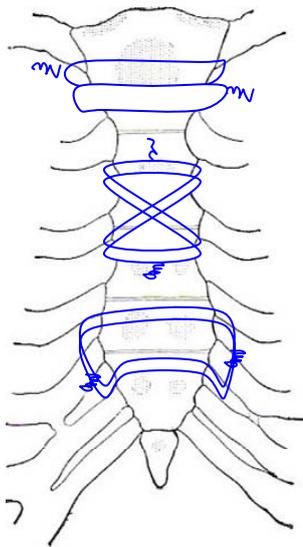


Fig. 7.2.

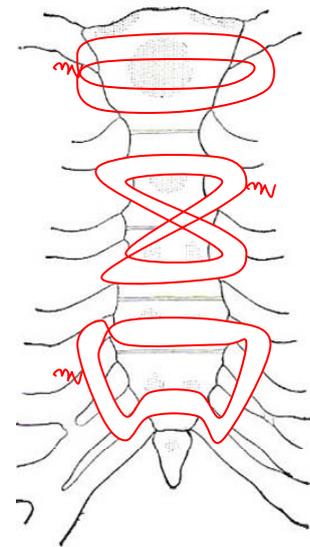
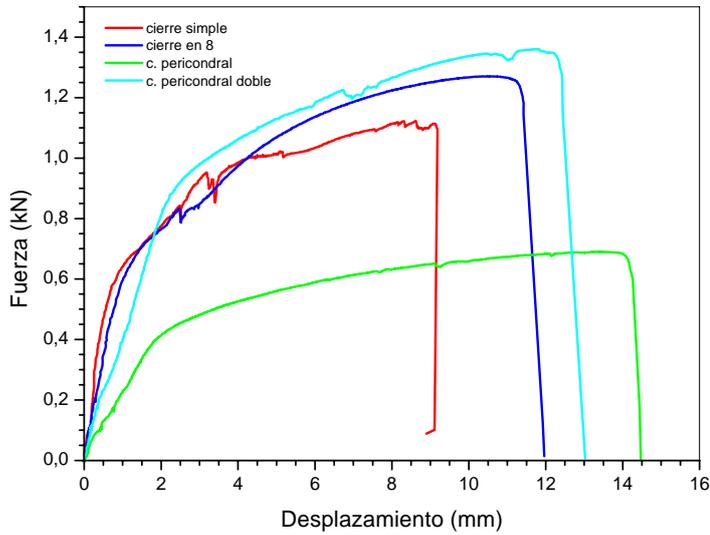


Fig. 7.3.

En la figura 7.2. apreciamos los distintos tipos de cierre “dobles”, es decir la misma conformación pero realizándola dos veces con alambres diferentes. En la figura 7.3. vemos también los distintos tipos de cierre “doble pasada”, es decir la misma conformación pero realizándola dos veces con un mismo alambre. El tipo “doble” es fácil de realizar, especialmente en el CP, ya que la posición donde se retuercen los alambres esta en lados opuestos y el ajuste inicial se realiza traccionando de cada alambre en sentido opuesto. En el tipo doble pasada, el ajuste de los alambres es complejo, permitiéndolo sólo el CS.

Como observación final, veremos que una vez corregida la desproporción entre la St de acero existente entre el CS y CX con el CP, mediante el empleo del CP “doble”, es decir al comparar cierres con una St de acero similar, o lo que es igual, un mismo número de unidades intermedias semejante, y que así la tensión de separación por alambre también lo sea, los resultados con los MEA nos muestran la superioridad del CP debido a su conformación, obteniendo una rigidez menor, unos valores absolutos

de fuerza máxima (F_{max}) superiores, y una eficacia (η) cercana al 100%(fig.5.7.), es decir optimizan al máximo las características del acero empleado.



	CS 2 s	CX 1 s	CP 1 s	CP 2 d
Fuerza máxima (N)	1074	1271	690	1357
Rigidez (N/mm.)	719	677	230	395
Eficacia (%)	76.1	80.0	97.7	96.2

Fig. 7.4. Podemos apreciar que según la gráfica la pendiente o resistencia del cierre pericondral es superior independientemente del número de alambres empleado (línea azul clara y verde) ya que su pendiente es menor, sin embargo la verde alcanza una fuerza máxima mucho menor dado que el número de veces que los alambres cruzan la línea media es de dos en la línea verde y cuatro en la azul clara. Por ello para comparar la fuerza máxima de ruptura debemos hacerlo entre el CS con dos alambres, el CX con un alambre y el CP “doble”, ya que en este caso el número de alambres que cruzan la línea media es similar (cuatro), con lo que la ruptura del alambre ya no depende de la cantidad de veces que el acero cruza la línea media sino de la conformación del cierre, siendo también favorable para el CP.

4.) Desde siempre una forma de conservar las muestras óseas ha sido en formaldeído¹⁷, ya que parece no afectar a la estructura ósea¹¹⁷ y por tanto a los estudios que con ellos se realicen. Sin embargo trabajos recientes³⁶ demuestran que efectivamente se producen pequeños cambios, que nosotros no podemos cuantificar, pero que en un estudio donde la elasticidad del hueso supone una amortiguación de las tracciones a las que hemos sometido el sistema, podría influir. No obstante lo haría en todos los casos por lo que al final el resultado de la comparación no debería verse afectado.

7.3. - **Discusión resultados clínicos**

En este apartado, el más importante dado que el fin último del trabajo es la aplicación clínica del cierre propuesto, comentaremos primero los resultados desde el punto de vista general independientemente del tipo de cierre, es decir, compararemos las características de todas las dehiscencias, para más tarde intentar explicar a que se deben las diferencias halladas, y finalmente que debemos mejorar

7.3.1. CAUSAS DE DEHISCENCIA

Desde que aparecieron los primeros trabajos, la dehiscencia siempre se ha considerado en el contexto general de las complicaciones de la esternotomía²¹. Sin embargo, han sido escasos los trabajos dirigidos explícitamente a estudiar la dehiscencia esternal, fundamentalmente debido, como ya dijimos, a su baja incidencia, lo que nos obligaba a estudios retrospectivos con grandes tamaños de muestra; esto hace que las conclusiones respecto a la complicación que nos atañe puedan estar sesgadas por algunos datos orientados a buscar otro tipo de complicaciones, o mal recogidos en su momento. Finalmente, el hecho de que situaciones como la dehiscencia e infección suelen ir de la mano, hace que en ocasiones sea difícil saber en cual de los dos grupos incluirlas.

Los primeros artículos que recogían la dehiscencia esternal, hace más de cuatro décadas, referían una incidencia entre el 0.5 y 5%²¹; con el tiempo ha ido mejorando¹⁴³, hasta encontrarse en los últimos años en torno al 1-1.5%⁴⁴. No obstante, el hecho de que hoy en día se lleven a cabo intervenciones más complejas en pacientes de un riesgo muy superior al de hace años, hace que la prevalencia de esta complicación se mantenga prácticamente constante o incluso algo superior a lo esperable¹⁶⁷ a pesar de las mejoras que en la cirugía han ido surgiendo, sirva de ejemplo las operaciones que se realizan en pacientes octogenarios con disecciones aórticas.

Esto fue el primer problema que nos encontramos a la hora de diseñar nuestro estudio, ya que aunque muchos casos eran incluidos a medida que iban apareciendo, la mayor parte fueron tomados de forma retrospectiva, de hecho en la bibliografía son escasos los trabajos prospectivos¹⁵⁸. Además, nuestro centro lleva a cabo unas 400 cirugías al año con lo que la media estimada de dehiscencias en los últimos diez años debía ser en torno al 1-1.5% como refiere la bibliografía, lo que confirmaron los datos.

Otra cuestión vinculada directamente a la anterior, es la definición de dehiscencia, ya que según el autor del artículo en cuestión, abarca conceptos que a nuestro entender son de distinta índole, y que hemos intentado diferenciar. En muchas ocasiones es difícil discernir una infección que provoca inestabilidad-dehiscencia, de la inestabilidad o dehiscencia sobreinfectada¹³⁶, de hecho existen artículos recientes que intentan hacer clasificaciones de lo dicho¹⁰².

Lo anterior hizo que consideráramos como dehiscencias aquellos casos en los que fue preciso una reoperación, cosa que puede infraestimar su incidencia, ya que existieron casos de gran inestabilidad que probablemente tuviesen una dehiscencia completa, en ocasiones no recogida en su historia. Sin embargo, el hecho de ser reintervenido, aparece siempre reflejado y es un dato de absoluta objetividad, por ello los datos referentes a inestabilidad parcial están sometidos a un gran sesgo y finalmente no fueron analizados.

Dentro de los factores de riesgo de la dehiscencia, existe una bibliografía muy controvertida. Inicialmente todos los estudios mencionaban datos que la lógica y unos cuantos estudios estadísticos básicos podrían corroborar como son la reexploración, sangrado, cirugía larga, bajo gasto³⁵. Posteriormente han ido abarcando cada vez más a medida que los trabajos eran más ambiciosos y las muestras mayores: sexo, peso, tipo de intervención, cirujano residente o adjunto, ventilación prolongada, reoperación, masaje externo²⁰, llegando a considerar parámetros como la albúmina o la estancia preoperatoria¹⁰⁵, o incluso cómo afectaban cada uno de ellos una vez presentada la complicación¹²¹.

A medida que los estudios se hacían más complejos, su análisis estadístico también lo eran, apareciendo las primeras controversias respecto a si realmente todos ellos son o no son factores de riesgo¹¹¹. Aunque varios a primera vista parecieran dudosos, como la intubación prolongada, otros como el sexo parecían claros. Esto dio pie a sospechar que algunos, considerados como tales tradicionalmente durante más de 20 años v.g la diabetes y la edad, podrían no serlo.

Comentaremos escuetamente los más importante o aquellos que puedan ser contradictorios según la bibliografía:

- Edad: tradicionalmente se ha definido como un factor de riesgo independiente^{20, 64,121}, aunque otros no lo han considerado como tal¹¹¹, pero en nuestra muestra apreciamos que el número de enfermos con dehiscencia aumenta a medida que

los enfermos tienen más años, sin embargo al comparar la distribución según la edad del total de pacientes, el porcentaje de dehiscencias es similar, incluso con cierta tendencia a disminuir con los años, a excepción del margen entre los 50 y 60, lo que a priori nos hace creer que la edad no influye sobremanera en dicha complicación, es más, el grupo en el que más dehiscencias aparecieron en proporción al número de individuos fue en el de los 40-50 años. Mencionar además que el grupo entre 50-60 años era el que englobaba a un menor número de pacientes. Además si aunamos los enfermos que presentan dehiscencia, su edad, y situaciones de desorientación o escasa colaboración, vemos que en muchos casos coinciden; es decir, podría ocurrir que la edad de por sí condicione la osteogénesis, cause más infecciones, se asocia a una peor perfusión, pero aún más lo hace el hecho de que el enfermo se desorienta y/o agite y no colabore a la hora de sujetarse el pecho, situación esta última más frecuente a medida que el paciente es más anciano. De igual forma con el análisis multivariante vimos que los enfermos más ancianos presentaban una menor incidencia de obesidad y EPOC, lo cual iba a favor de que la edad influía en mayor medida.

- Sexo: Ocurre una situación similar a la edad, aunque algunos estudios antiguos²⁰ y modernos⁶⁴ han determinado que es uno de los más importantes, otros no lo hacen¹¹¹. En nuestro trabajo vemos que proporcionalmente su incidencia es mucho mayor en el sexo masculino, no obstante si dividimos otras variables según el sexo, vemos que existe un claro predominio de patología vascular en los hombres, cosa que como luego explicaremos creemos es de gran importancia, así como una prevalencia superior de EPOC, factor sin duda causante de una dehiscencia.

Sin embargo en lo que a IMC se refiere son bastante similares, e incluso proporcionalmente las mujeres son más obesas, Si además tenemos en cuenta que la musculatura es mucho mayor en el hombre, cosa que facilita las maniobras de sujeción durante los accesos de tos, y padecen menos osteoporosis, nos induce a creer que el sexo podría no ser un factor de riesgo independiente.

- Diabetes: considerada como factor de riesgo de gran importancia a lo largo de los años^{59,109}, trabajos más recientes no la describen como tal^{64,100}. Dado que el porcentaje de diabéticos es similar en los casos y en los controles y la

prevalencia también lo es , por lo que creemos existe otro motivo vinculado al hecho de ser diabético; si relacionamos nuevamente la obesidad con la diabetes vemos que casi todos los que padecen esta última presentan un sobrepeso, concepto que ya algún trabajo menciona¹⁷⁰. No olvidemos que la obesidad en sí es una causa de diabetes. Esto lo ratifica el hecho del escaso número de enfermos diabéticos sin sobrepeso de entre los operados. No creemos que la diabetes sea un factor de riesgo de dehiscencia, aunque sí de infección.

Por otro lado, la diabetes se ha analizado de forma muy global en la mayoría de los trabajos, dado que se considera de igual forma los insulino dependientes y los que no lo son, cuando en realidad, lo importante sería valorar la afectación microangiopática, causante de una posible infección, y secundariamente una incorrecta consolidación y/o inestabilidad¹³⁶, i.e. un desequilibrio entre aporte de defensas (perfusión) y microorganismos locales (contaminación).

En la mayoría de los estudios no se analiza la repercusión de la diabetes a nivel individual, dato a mi entender más importante, ya que consideramos de igual forma enfermos que llevan más de 20 años diagnosticados y tratados, con otros cuya evolución es corta (en ocasiones coincide su diagnóstico con el estudio preoperatorio) e incluso aquellos de larga evolución pero que no han estado apenas controlados o sólo durante el periodo perioperatorio^{170,159}. Lo dicho viene corroborado por el hecho de haber encontrado una mayor prevalencia de EVP en los casos de dehiscencia respecto a los controles.

- EPOC: hace veinte años empezó a relacionarse con la dehiscencia hasta el punto de no aconsejar el uso de mamas en aquellos enfermos que además fuesen diabéticos y obesos⁵⁹; sin embargo somos reiterativos al remarcar la relación de obesidad-EPOC, así como la dificultad de valorar el grado de EPOC, máxime si tenemos en cuenta la alta prevalencia de fumadores entre los intervenidos. Por ello, hay autores que recopilan en sus estudios, al igual que nosotros, no el hecho de ser EPOC, sino simplemente el ser o haber sido fumador^{1,109}; existen varios trabajos que indican que es un factor independiente¹⁰⁰, con los cuales concordamos aunque nuestros resultados no lo avalen, de hecho, en nuestra muestra aparece un descenso de dehiscencias en aquellos enfermos que fuman mas de 1 paquete, lo cual podría deberse a que son paciente muy jóvenes y que aún no han desarrollado EPOC o que son muy delgados (típico paciente

enfisematoso), aunque creo pueda deberse a una mala recogida de datos. Podríamos incluir aquí la intubación prolongada, de gran importancia según algunos autores²⁰, aunque no tanto para otros¹¹¹. A nuestro entender, no es sino la consecuencia de otros factores, y no expresa más que la situación complicada de por sí en un enfermo (bajo gasto, ACV), no un motivo de dehiscencia, aunque nuestros datos coinciden con la bibliografía.

Por el contrario, sí creemos que lo es el intento prolongado de desconexión de un respirador, situación en la que, como el EPOC, provoca una tos repetida al tener el tubo orotraqueal sin estar sedado, y habitualmente en un enfermo sujeto de pies y manos para evitar que se autoextube, lo que impide su colaboración a la hora de sujetarse. Esto nos muestra un factor, poco o nada analizado en los tradicionales trabajos, por su difícil objetividad, que es la colaboración del enfermo a la hora de toser, que se suele asociar frecuentemente a la desorientación-agitación, ya sea por su edad, un ACV, privación alcohólica, o simplemente dolor.

- Obesidad: a nuestro entender es de los pocos factores realmente independientes que por sí sólo, es decir no indirectamente, favorece una dehiscencia. Desde siempre se ha considerado uno de los factores más importantes^{20,59,109,162}, y aunque en ocasiones no se le atribuyó ser causa de una mayor mortalidad¹⁴, incluso actualmente no computa en el EUROSCORE, existen otros estudios recientes que sí lo hacen¹. No obstante, sólo hemos encontrado un trabajo en el cual se relacione la obesidad y la dehiscencia como tal, en lugar de complicaciones de la herida en general (incluyendo dentro de éstas la dehiscencia). Molina⁹⁹ realiza un análisis con el que concordamos en todos y cada uno de sus comentarios, según el cual es el factor de riesgo más importante de dehiscencia, y proporcional al grado de ésta, lo cual demostró estadísticamente. Esta misma asociación fue corroborada en nuestro trabajo, y ratifica en cierto modo lo comentado anteriormente respecto a la diabetes, el sexo y el EPOC.
- EVP: es una de las características preoperatorios que hemos considerado interesante en nuestro trabajo. Aunque a priori nos haría pensar que actúa mediante un defecto de perfusión, creemos que en realidad no es sino como la

DM, un marcador de determinado tipo de enfermos con otros rasgos, los cuales son realmente los causantes, mencionar por ejemplo la obesidad, la cual va vinculada a la HTA y DM y por tanto a una mayor incidencia de EVP, no sin olvidarnos de los ancianos, los cuales tienen lógicamente una mayor incidencia de dicha patología, sin olvidarnos de los EPOC a causa del tabaco.

- Uso de arteria mamaria: fue uno de los factores al que inicialmente se le dio mayor importancia, y aunque es aceptado universalmente que su uso debe ser generalizado, independientemente de la edad como muestran las “*guidelines*” de coronarios del 2004⁴⁵, existen muchos cirujanos que mantienen aún hoy en día la teoría de que supone un “riesgo innecesario de dehiscencia”. La actitud ante el uso de la doble mamaria ha variado a lo largo del tiempo; en un principio se desaconsejó su uso bilateral en algunas circunstancias^{56,59}, incluso en trabajos prospectivos¹⁵⁸, multicéntricos¹⁶, relativamente recientes¹⁷⁰ o con grandes muestras¹⁵¹. Sin embargo, trabajos más actuales han desmitificado este concepto¹¹⁶, analizando grandes grupos y orientándose explícitamente hacia la dehiscencia de forma aislada¹⁰⁰, sin hallar que el uso de doble mamaria implique un riesgo significativo. En nuestro trabajo los resultados se corresponden con esta última tendencia, máxime si además comparamos que entre los cirujanos que no la usan habitualmente por el riesgo que presuponen, no presentan un descenso de la complicación en cuestión.

No obstante, sí creemos que su uso influye, al igual que la diabetes, mediante un defecto de perfusión en el equilibrio ya mencionado de perfusión/defensas. El conservar la circulación colateral, como refiere algún trabajo²³, es el punto de partida para creer que su influencia se deba a la técnica de extracción⁸⁰, siendo preferible la esqueletización. Aún así, de entre los cirujanos que en nuestro estudio analizamos, alguno presenta una incidencia superior, posiblemente en relación a otros factores como el uso de cera, y si excluimos este grupo de enfermos, el uso de la mamaria no aparece como factor de riesgo, esto se corrobora si nos fijamos en la casuística de dehiscencias en enfermos con disección de ambas mamas, ningún caso de los más de 100 presentó dehiscencia a pesar de tener en más del 50% algún factor de riesgo de los tradicionalmente citados como la DM, u otros ampliamente demostrados como la obesidad o ser EPOC .

Además de los factores mencionados, existen muchos más, algunos de los cuales intentamos analizar en este trabajo con mayor o menor éxito, pero que en otros estudios se han considerado:

- estancia preoperatoria^{105,111}, no recogida en nuestro estudio, aunque es de sobra conocida la influencia de esta sobre la incidencia de complicaciones respiratorias en el postoperatorio, que inevitablemente desencadena episodios de tos.
- defecto técnico a la hora del cierre o esternotomía¹⁶⁸, pero que como su propio nombre indica, es una causa controlable a priori.
- tiempo entre antibiótico e incisión¹⁵⁹, no analizado.
- duración de la intervención^{16,20,35,79}, aunque inicialmente la recogimos, los resultados no fueron congruentes, ya que los cirujanos con tiempos de cirugía más largos eran los que menor incidencia de dehiscencia presentaban.
- uso de cera⁸⁰, los dos cirujanos que apenas la usan fueron los que menos dehiscencia presentaron.
- tipo de cirugía^{158,151}, en contra de lo que se podía pensar, los enfermos que eran intervenidos de revascularización coronaria, no presentaron un mayor número de dehiscencia, a pesar de que en estos existía una mayor asociación con la obesidad y de haberse empleado en múltiples ocasiones dos mamarias. Quizás es interesante mencionar que existe un punto de inflexión en el tiempo a partir del cual la mayoría de los coronarios (más del 80%) son intervenidos por dos cirujanos, disminuyendo notablemente la incidencia de dehiscencias en este grupo de enfermos, lo que sugiere que la complicación que nos atañe depende en gran manera de la técnica quirúrgica. Otro grupo interesante fue aquel en el que se realizó cirugía de aorta. Este grupo presentó una incidencia superior a lo esperable, aunque su análisis estadístico no pudo ser concluyente dada la baja casuística de este tipo de patología, probablemente en relación a una gran incidencia de agitación- desorientación en el postoperatorio.
- experiencia del cirujano (residente-adjunto)²⁰, no valorable ya que en nuestro centro no existían residentes hasta hace dos años.
- reoperación^{16,20,35,59,111,158,166,16}, en la mayoría de los casos por sangrado, presentaron un mayor riesgo.
- bajo gasto perioperatorio^{16,35,158}, no valorado en nuestro estudio por la dificultad de definir-cumplir los requisitos. Primero porque muchos pacientes en esta

situación fallecían; segundo y más importante, todo enfermo muy comprometido hemodinámicamente se encuentra habitualmente sedado, es decir, esta en una situación óptima a pesar de su bajo gasto para una fractura ósea: inmovilización absoluta.

- masaje externo, parece evidente la asociación pero en nuestro trabajo no encontramos una asociación significativa, sin duda por la baja incidencia de esta, y porque muchos de los enfermos que la presentaron fallecieron.
- utilización de balón intraaórtico de contrapulsación (BIA)^{59,109}, no supuso un incremento de la dehiscencia aunque al igual que con los dos aspectos anteriores son enfermos que fallecen con más frecuencia. Interesante mencionar que el porcentaje de pacientes en los que se empleó este dispositivo es escaso, y que la mayoría fueron utilizados por los cirujanos con menor incidencia de dehiscencia.
- estancia en UVI¹, fue confuso y no pudimos analizarlo, ya que no figuraba en la historia si la estancia prolongada en los enfermos de dehiscencia era la causa de la complicación, o la consecuencia de ésta.
- Neumonía⁵⁹, no fue factible compararlo, dado que durante el postoperatorio inicial es difícil realizar el diagnóstico: falsos negativos de los cultivos, escasa aportación de la Rx, y en ocasiones el uso indiscriminado de antibióticos.
- ambiente hospitalario¹¹¹, se controló durante todo el trabajo el número de colonias en el quirófano siendo este siempre óptimo.
- transfusiones^{79,109,111}, no valorable dado que desgraciadamente la política de transfusión en nuestro hospital hace que más del 95% de los enfermos sean transfundidos, además creemos que es muy difícil de analizar, ya que la reoperación por sangrado es un factor asociado a la dehiscencia, y todo enfermo que se reinterviene por sangrado esta politransfundido. De igual forma todo enfermo con estancia prolongada en UVI, bajo gasto, EPOC, ... tiene muchas posibilidades de recibir hemoderivados, por lo que a nuestro entender posiblemente se trate de un factor de confusión; sin olvidarnos de la ya sabida inmunosupresión que supone el ser transfundido.
- nivel de albumina¹⁰⁵, no analizado.
- uso de antibiótico nasal⁸⁰, medida usada de rutina, que sin duda contribuye no a una disminución de la incidencia de dehiscencia aséptica, pero sí al de la mediastinitis y dehiscencia secundaria a esta, (nuestra incidencia de mediastinitis es inferior al 0,5%/año).

Otros muchos no figuran en la bibliografía habitualmente, ya sea por su escasa influencia en estudios previos, difícil recopilación, o simplemente no ser considerados a priori como factores de riesgo, uno de ellos es la desorientación-agitación en el postoperatorio, ya comentado en relación a la edad, pero que a nuestro entender, y con los resultados recopilados en la mano, ejerce gran influencia, especialmente en el momento que aparece, los primeros días del postoperatorio en la UVI, cuando los familiares, la terapia más eficaz para su tratamiento, no pueden estar al lado del paciente.

Algunos como la HTA, dislipemia, historia familiar de enfermedad cardiovascular, número de vasos enfermos, angina inestable, IAM perioperatorio, ... no han sido comentados dado que están muy vinculados entre ellos y que no se asociaron a un mayor riesgo de dehiscencia, a excepción de la EVP, que sin duda podría ejercer una mayor influencia, teniendo en cuenta que nos alerta de un probable deterioro en la perfusión de todos los tejidos, incluido el esternón.

Igualmente existen otros muchos que no pudieron ser valorados debido a su baja casuística: neoplasia previa, tratamiento con corticoides, asma, hiper-hipotiroidismo, ACV previo, hepatopatía, ... y aunque parece insinuarse cierta asociación, en ningún caso fue significativa.

Finalmente, aunque no existen trabajos al respecto, creo que lo que habitualmente estudiamos como técnica de extracción de la mamaria, uso de cera, tiempo de cirugía, ... no es sino la expresión de uno de los factores más importantes a la hora de esta complicación: el cirujano. Partimos de la base que todos realizamos nuestro trabajo de una forma ética y responsable, pero ya sea por nuestras costumbres, o técnicas afines, es un gran condicionante según nuestros resultados.

Resumiendo, la obesidad y el EPOC son realmente los dos únicos factores intrínsecos al enfermo preoperatorios, que por sí solos desencadenan una dehiscencia, ya que actúa directamente de la única forma que al final se produce ésta: aumento de la presión intratorácica. Quizás podríamos incluir la desorientación postoperatoria con o sin agitación como otro factor, ya que impide la colaboración del enfermo, haciendo esfuerzos muy intensos que elevan las presiones intratorácicas y a la vez llevan a cabo movimientos que someten el esternón a grandes tracciones.

Los demás factores son en mayor o menor grado controlables aunque imposibles de erradicar por completo.

Todos los trabajos mencionados, salvo raras excepciones⁹⁹, presentan el inconveniente de que su fin es analizar complicaciones de la cirugía, es decir no están orientados sólo a la dehiscencia, no diferenciando habitualmente las asépticas de aquellas que no lo son, ya que en ocasiones es difícil saber que es primero: la infección o la dehiscencia, pues una conduce a otra bidireccionalmente, por lo que todas las conclusiones están muy relativizadas según la definición que en cada trabajo se hace.

Con lo anterior nos damos cuenta, como hemos mencionado en las conclusiones, que la dehiscencia es la consecuencia de múltiples factores, la mayoría interrelacionados, que se potencian entre sí (fig.7.1), que a nuestro entender podríamos englobarlos en dos tipos según su mecanismo fisiopatológico:

- Aquellos que relacionan el equilibrio perfusión/ infección, es decir un defecto en la perfusión de los tejidos (diseción de la mamaria, bajo gasto, tiempo de CEC, uso abusivo del electrobisturí,...) y aquellos que suponen una mayor contaminación (estancia preoperatorio prolongada, duración de la cirugía, uso de cera, reoperación, politransfusión,...). Todos ellos pueden facilitar la infección, y por tanto la dehiscencia, pero en una situación ideal de estabilidad como la inmovilización total en el postoperatorio ya fuere por una inestabilidad hemodinámica o cualquier otra que lleve implícito mantener al paciente sedado y relajado, no habría tensión alguna sobre la esternotomía, y aunque la consolidación se viera enlentecida por el bajo gasto, no existirían tensiones que trajeran consigo un desgarro del hueso por los alambres.

Muchos de los factores comentados tienen como peculiaridad que pueden modificarse (sangrado-reintervención, técnica de extracción de la mamaria,...) o incluso en contadas ocasiones controlarse por completo (uso de cera, estancia preoperatoria, empleo de antibiótico nasal,...), lo cual podría explicar en cierto modo las diferencias entre los distintos cirujanos. Sirva de ejemplo el hecho de que dos de los tres cirujanos que usaban doble mamaria fueron los que menor incidencia de esta complicación presentaron, es más: ningún enfermo con ambas mamas usadas como injertos presentó una dehiscencia esternal, a pesar de que algunos casos eran EPOC, diabéticos y obesos, la clásica y temida triada. Como excepción mencionar los tiempos quirúrgicos, ya que los dos cirujanos más “lentos” presentaron una incidencia de dehiscencias menor, quizás atribuible al escaso número de complicaciones postoperatorias, lo que nos induce a pensar, aunque no podemos demostrarlo, que la duración de la intervención condiciona, pero no determina la aparición de una dehiscencia.

- Aquellos que directamente suponen un aumento de tracción sobre la técnica de cierre: obesidad por aumento de la presión intrabdominal que se transmite al tórax; EPOC o cualquier otra causa de tos repetitiva; desorientación por la escasa colaboración además de los esfuerzos que durante los momentos de agitación se producen; pautas de desconexión del respirador prolongadas causantes de fuertes y repetitivos accesos de tos con escasa colaboración del enfermo. A nuestro entender los factores realmente importantes, ya que son aquellos sobre los que menos podemos actuar, y por tanto donde más importancia toma el tipo de cierre. Sirva como apoyo a nuestra teoría el hecho de que en ningún caso, aun en situaciones extremas: hombre, anciano, obeso, diabético, EPOC, utilizando arteria mamaria, cirugía de larga duración, reintervención por sangrado, politransfusión, bajo gasto,... hemos hallado una dehiscencia si el enfermo-a estaba sedado, relajado y adaptado al respirador, en una situación de inmovilidad casi total durante más de 20 días, es decir, el tiempo suficiente para consolidar la esternotomía.

Igualmente si observamos en el tiempo el momento en que aparecen las dehiscencias, veremos que casi todas ellas ocurren entre el cuarto y noveno día, a todas luces tiempo insuficiente para una consolidación ósea correcta, tomando una gran relevancia el tipo de cierre y la colaboración del paciente. Es más, enfermos sometidos a los mismos factores de riesgo: neumonía, agitación,... transcurridas más de tres semanas, no presentaron dehiscencia, salvo situaciones de estrés aún mayores que la tos como una caída o reanimación cardiopulmonar con masaje externo.

Por último, mencionar el escaso número de enfermos cuyos cultivos (hemocultivos y aquellos tomados del mediastino durante la reintervención del cierre) fueron positivos, que descarta en mayor o menor medida una dehiscencia secundaria a infección.

Resumiendo, basándonos en nuestro trabajo podemos decir que según nuestros resultados existen factores de riesgo que concuerdan con los ya mencionados en la literatura, aunque no con todos. Además existen factores de confusión o asociaciones entre variables, pero que debido al limitado número de casos, no podemos sacar conclusiones con una potencia estadística superior.

Sin embargo, el motivo clínico de nuestro trabajo no era dilucidar o hablar de dichos factores de riesgo, sino el demostrar a nivel práctico que la nueva técnica que hemos descrito es, al menos, similar a los ya existentes, fin que creemos hemos logrado si nos fijamos en los resultados que comparan los diferentes tipos de cierre. Bien es cierto que

los grupos no fueron homogéneos en algunas variables, dado que en el grupo que emplea el CX existe un claro predominio de enfermos valvulares lo que implica que también existan diferencias en las características de los pacientes, predominando aquellas que están vinculadas a la patología valvular: mayor edad, un aumento de la proporción del sexo femenino (mejor dicho un descenso en la proporción de hombres), enfermos en clase funcional IV, hipertensión pulmonar, ritmo “no sinusal”. De igual forma en los otros dos grupos, al existir una mayor proporción de pacientes coronarios existe una prevalencia superior de pacientes con EVP, DM, sexo varón, EPOC, uso de mamaria.

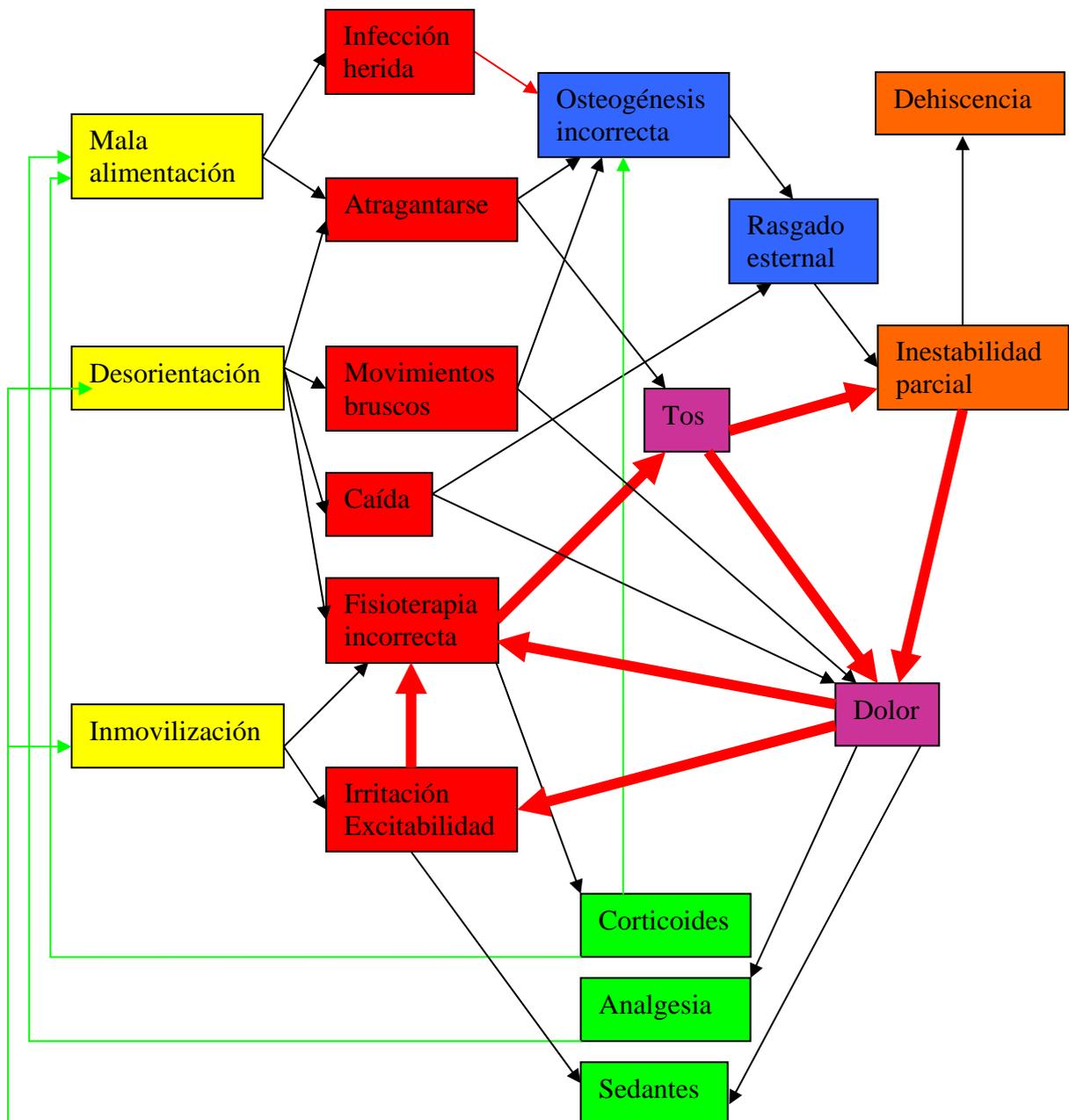


Fig. 7.5. Causas o factores de riesgo de dehiscencia, interrelación entre ellos.

Lo anterior podría justificar el hecho de tener una menor incidencia de dehiscencia, y aunque a priori esto es un inconveniente a la hora de realizar un estudio comparativo, no nos afecta en este caso, ya que el problema existiría si nuestra intención fuera saber si el CX es superior al CS, pero como lo que queremos demostrar es que el CP tiene una incidencia de dehiscencia menor o igual que el resto; los datos referidos lo único que hacen es corroborar que incluso en un grupo de mayor riesgo, el CP es mejor.

No obstante con el fin de ser “estadísticamente correctos” al realizar un análisis multivariante, el CP fue superior en el subgrupo que englobaba pacientes con patología coronaria, los que en un principio podríamos pensar que tienen un riesgo de dehiscencia superior al resto.

Otro aspecto casi tan importante como el propio hecho de la dehiscencia es la forma en que se presenta, es decir, las consecuencias que para el paciente y nosotros mismos trae consigo esta complicación. En este aspecto existen dos datos que no son expresados de forma numérica en las tablas de resultados, nos referimos a los hallazgos tanto del hueso como del acero en estos enfermos, o lo que es lo mismo, en el esternón y en los alambres:

1.) Esternón: como ya explicamos en repetidas ocasiones habitualmente la dehiscencia aséptica se desencadena por causas ya expuestas como la tos, pero el mecanismo por el que se produce es la fractura esternal, o lo que es igual, es el hueso el que se rasga. Este dato fue constante en todos los pacientes en los que se empleó el CS y CX, aunque con diferente repercusión ósea o destrozado esternal. En el caso del CX, cuando una de las cuatro porciones donde cada alambre engloba el hueso se rasga o fractura, toda la conformación de ese alambre se afloja, y la posibilidad de provocar otro rasgado a otro nivel es menor. Esta situación en el CS se ve agravada por el hecho de que cada alambre puede rasgar el hueso en dos zonas, y que si un alambre se afloja ante dicha situación, no impide que el que está contiguo a él (Fig. 7.6.), que engloba al esternón en otros dos niveles, rasgue uno de los hemiesternones. Por el contrario en el único caso que acaeció una dehiscencia dentro del grupo del CP, el esternón estaba indemne, ya que el mecanismo de la dehiscencia fue la ruptura del alambre no la fractura o rasgado óseo, lo cual facilitó en gran manera el Robicsek que se llevó a cabo posteriormente, además de referir menos dolor al no existir los característicos destrozados que podemos ver en la figura 7.6.



Fig. 7.6

Podemos ver como en el CS la dehiscencia se produce por el rasgado del hueso mientras que los alambres están indemnes, quedando sujetos al hemiesternón que no se ha rasgado (fig. 7.6.); por el contrario en el CP la dehiscencia aparece al fracturarse los alambres en su punto medio pero el esternón queda intacto (fig.7.7.A), apreciando además que la ruptura del acero se halla a dos niveles en un mismo alambre y en los puntos donde éste cruza la línea media (fig. 7.7.B).



Fig. 7.7.A

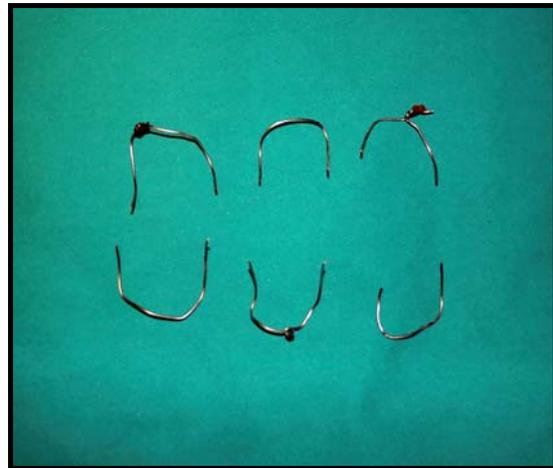


Fig. 7.7.B

2.) Alambre: si nos remitimos al análisis que hicimos anteriormente en lo que a la sección del acero se refiere y la diferencia de rigidez (fig. 7.4.), nos dará una explicación del porqué el fallo en el CP al fracturarse los alambres, ya que como sabemos en los restantes cierres es muy raro que algún alambre se rompa. Esto no sólo lo corrobora el hecho de que en el enfermo que presentó la dehiscencia hallásemos todos los alambres rotos, sino que esta fractura ocurrió en la porción media del acero, justo en la zona de unión de ambos hemiesternones, no en una doblez ni en una zona de presión o rozamiento con otra estructura. Existe otro dato importante, y es que en el CS o CX las pocas ocasiones en que un alambre se rompe lo hace sólo en un punto, mientras que en el CP esta fractura se produjo en dos porciones del mismo alambre, lo cual indica que la fractura en ambos puntos ocurrió a la vez y tras una tensión brusca y repetitiva. Estos últimos datos fueron corroborados mediante estudio microscópico del acero en el punto de ruptura.

En el estudio mencionado examinamos al microscopio la zona de fractura de los alambres empleados en el CP, hallando una zona de iniciación debido a una tensión brusca (fig.7.7.), que en un primer momento puede presentarse en múltiples puntos, cada uno de los cuales podría haber sido el origen de otra zona de ruptura, y que se hallan en la misma porción de alambre, esto es, las cargas se concentran especialmente en una zona (fig.7.8.; fig. 7.9.). Posteriormente se va propagando la zona de iniciación que existe en el acero a modo de escalones, con lo que las sucesivas grietas en el seno del acero, debidas a pulsos de tracción que van haciendo mella en él (Fig. 7. 10.), hasta la última tracción que desencadena la fractura final y total del alambre.

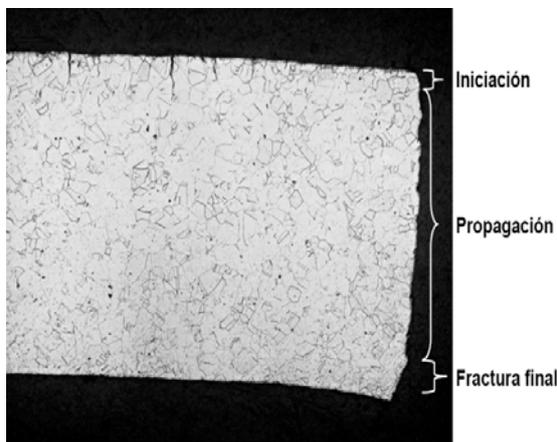


Fig. 7.7.

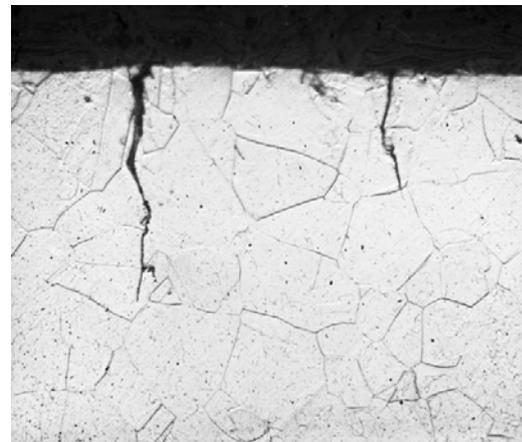


Fig. 7.8.

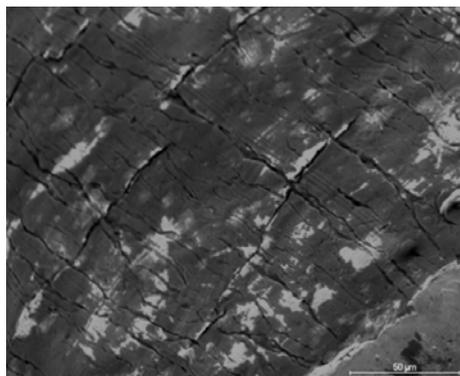


Fig. 7.9

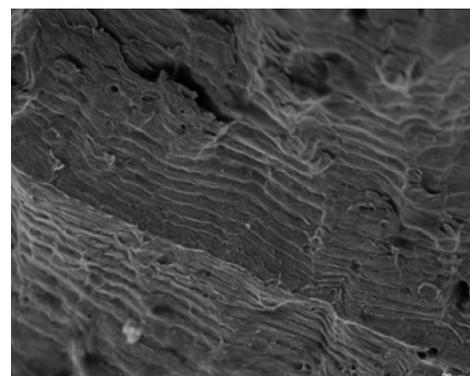


Fig. 7.10.

Por último es importante comentar otra de las grandes ventajas del CP, ya mencionada a nivel teórico en un capítulo anterior, pero que el tiempo y la aplicación clínica se han encargado de demostrar. Nos referimos al hecho de que el alambre cruza la línea media en la cara interna externa, lo que en caso de dehiscencia superficial supone una exposición mucho menor del acero, a diferencia del CS y CX, con lo que se

evita la necesidad de tener que retirar algún alambre ante una infección local con la consecuente disminución de la estabilidad en el cierre, y la mayor facilidad a la hora de regenerar esa zona al no existir ningún material extraño.

No olvidarnos que los alambres una vez retorcidos y cortados dejan unos extremos en ocasiones origen de seromas, incluso decúbitos o infecciones, que en el caso del CS y CX coinciden en la línea media, mientras que en el CP al estar más lateralizados y cubiertos con mas tejido, el riesgo de este tipo de complicación es mucho menor.



Fig. 7.11.A



Fig. 7.11.B

En las imágenes podemos observar dos casos de dehiscencia superficial, sin quedar expuestos los alambres de acero en el CP (Fig. 7.11.A) a diferencia del CX o CS (Fig. 7.11.B).

7.3.2.- DEHISCENCIA POSTOPERATORIA: DIFÍCIL CONSENSO ...

Como ya mencionamos en el anterior apartado, la bibliografía es escueta a la hora de analizar el postoperatorio con vistas sólo a la dehiscencia, es más, todos los trabajos clínicos son llevados a cabo a fin de demostrar la eficacia de un nuevo tipo de cierre, con unos resultados habitualmente favorables, por lo que es difícil sacar conclusiones en lo que a causas de dehiscencia se refiere.

La finalidad primera de este trabajo no ha sido demostrar que el cierre pericondral es superior desde un punto de vista mecánico a la hora de evitar la dehiscencia, ya que esto lo podríamos comprobar de forma experimental, sino que sus inconvenientes a nivel clínico no eran superiores a los restantes. No obstante el intentar demostrarlo traía consigo varios inconvenientes:

- Difícil consenso en la definición: No es fácil saber cuando existe una dehiscencia aislada y cuando esta está asociada a una infección, y lo que es más difícil en este último caso, cuál de ellas se presenta primero¹³⁶. Es de suponer que en nuestro trabajo algunos casos de dehiscencia se debieron a una infección

local primaria no diagnosticada en ocasiones, ya fuera porque los resultados de los cultivos del mediastino fueron negativos, hallazgo frecuente según muestran algunos artículos^{100,152,167}, o a que los hemocultivos también lo eran⁶⁴. Con lo anteriormente expuesto sólo recopilamos cuatro enfermos en los últimos cuatro años, que cumplieran las condiciones de mediastinitis¹¹⁶. Es interesante mencionar aquí de nuevo como el cierre pericondral no expone los alambres en caso de dehiscencia de los planos superficiales, con lo que a priori el riesgo de sobreinfección es menor, cosa que corrobora el hecho de que no existiera ningún caso de mediastinitis asociado a nuestro cierre. Sin embargo si hubo casos de infección superficial en los enfermos portadores de dicho cierre, pero en ningún caso fue preciso retirar alambre alguno ya que, como hemos dicho, no quedaban expuestos.



Fig. 7.12.A



Fig. 7.12.B

En las fotos podemos ver las características macroscópicas de una dehiscencia aséptica (7.12.A) y una dehiscencia asociada a mediastinitis (7.12.B). Destacar las fracturas existentes provocadas por los alambres (flechas).

- Difícil consenso en la interpretación clínica: aunque inicialmente nos propusimos estudiar el dolor postoperatorio, nos lo impidió la subjetividad del síntoma, así como la distinta percepción a la que está sometido según el individuo¹⁵. Mencionar por ejemplo cómo el referido por un joven no tenía nada que ver con el de un anciano, o la necesidad de analgesia según el tratamiento

crónico que tomara el enfermo, ya que no era infrecuente personas mayores tratados desde hacía años con AINES que solicitaban más analgesia de lo habitual.

A pesar de todo ello, en la bibliografía se describe que el dolor y el deterioro respiratorio son los clásicos síntomas de dehiscencia¹⁰¹. Sin embargo, en los casos que nosotros pudimos analizar, el dolor predominaba durante los accesos de tos en el 100% de los individuos; este se agudizaba cuando existía cierta inestabilidad, pero mejoraba levemente al aparecer la dehiscencia. La explicación se basa en la anatomofisiología del dolor⁵⁷, ya que de entre las zonas más inervadas del cuerpo implicadas en la esternotomía están: la piel, en este caso no sometida a tensión; la fascia, no existente en la línea media esternal; y el periostio. Este último en la línea media se encuentra normalmente cauterizado, y ha sido desgarrado por la sierra, ambas situaciones justifican el dolor en la zona, ya que la medula ósea carece de terminaciones nerviosas. Cuando los alambres ejercen una tracción van a apoyarse sobre el hueso-periostio produciendo una contusión dolorosa. Si el acceso de tos es muy brusco, provocará una inciso-contusión, un tipo de herida muy dolorosa. Si a esto añadimos el hecho de que exista cierta inestabilidad con el consecuente roce del alambre sobre el desgarrado, el dolor se perpetúa.

Sin embargo, una vez fracturado el esternón, disminuye la irritación anterior, y el dolor también. Sirva de ejemplo, el cómo los pacientes refieren el momento de la dehiscencia: “Un dolor muy intenso, desgarrador tras un ataque de tos, seguido de una sensación de claqueteo”. Esta sensación por parte del enfermo no ha podido analizarse estadísticamente, pero sí nos sirvió, como diagnóstico del momento en que ocurrió la dehiscencia. Un dato que sí pudimos objetivar, es que el enfermo que presentó la dehiscencia dentro del grupo del cierre pericondral no refirió tal sensación de desgarrado, cosa atribuible al hecho de que el esternón de dicho paciente no sufrió fractura alguna.

El otro síntoma clásico de la dehiscencia es el deterioro respiratorio⁴³, el motivo es evidente. Lo que no lo es tanto, al igual que como hemos dicho con la infección, es saber cuando este deterioro es sólo consecuencia de la dehiscencia, o también causa, ya que una extubación difícil o un problema respiratorio puede abocar en una dehiscencia, que reagudizará la situación previa, por lo que los datos recogidos al respecto no fueron muy objetivos, y por tanto no analizados.

Por último es importante el recopilar información clínica y analítica del paciente que nos ayude a distinguir la dehiscencia aséptica de aquella que se debe a un proceso infeccioso o mediastinitis, cosa nada fácil ya que los datos fundamentales para este diagnóstico son la fiebre, síntoma nada infrecuente en el postoperatorio que nos atañe, la leucocitosis, dato igualmente inespecífico a la hora de ubicar el origen, y cultivos, negativos en un alto número de ocasiones, por lo que al final la diferencia entre ambos cuadros puede llegar a ser intraoperatoria según el exudado sea purulento o no, y las características de los tejidos, especialmente el hueso, ya que será el que nos condicione la posibilidad de un cierre secundario o terciario.



Fig. 7.13.A

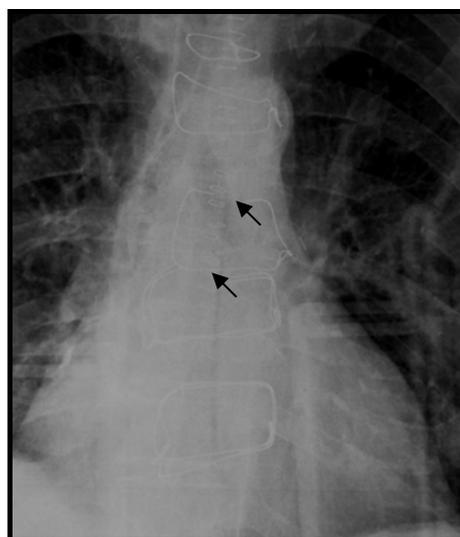


Fig. 7.13.B

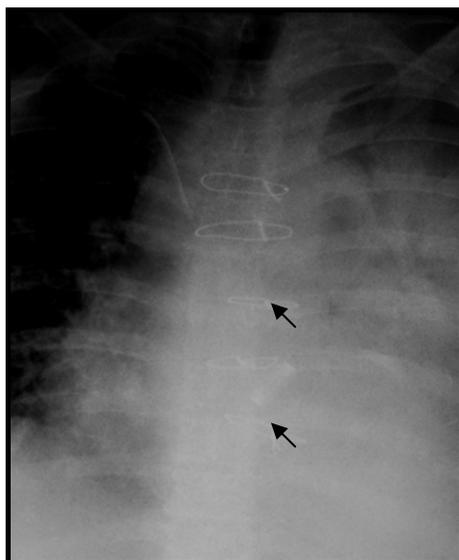


Fig. 7.13.C

En la radiografía posteroanterior se puede apreciar los diferentes signos indirectos de dehiscencia según el tipo de cierre:

Fractura de los alambres en el caso del CP (Fig. 7.13.B) destacando como la fractura del acero es en las zonas de unión entre ambos hemiesternones (flechas).

Desgarro del hueso en el caso del CS (Fig. 7.13.A y C) pudiendo verse como al romper alguno de los hemiesternones el alambre queda desplazado hacia aquel hemiesternón que no se ha rasgado (comparar los alambres con flechas como se han desplazado hacia el lado derecho).

- Difícil consenso en el diagnóstico: Existe escasa bibliografía en lo referente al diagnóstico de dehiscencia fuera del contexto de una infección o mediastinitis, lo que nos confirma que la mayoría de las veces se trata de un cuadro fundamentalmente clínico. La radiografía es de poca utilidad ya que normalmente los alambres no se fracturan, aunque su alineación sí varía, esto fue corroborado en todos los enfermos de nuestro trabajo, a excepción del caso de dehiscencia con el cierre pericondral, ya que lo que ocurría era la ruptura de todos los alambres en lugar del rasgado esternal, con lo que fue sencillo su comprobación mediante una placa simple (fig. 7.13.).

En algunos casos de dehiscencia se llegó a hacer gammagrafías con Tc con vistas a descartar una mediastinitis, pero como sabemos, en el momento agudo no es útil dada la proximidad a la cirugía, y cuando ha pasado un tiempo suficiente como para evitar los falsos positivos de la prueba, se ha superado el límite de tiempo dentro del cual ocurren las dehiscencias, ya que como dijimos casi ninguna ocurrió después del 10º día postoperatorio.

Algún estudio ha intentado ser más ambicioso utilizando el TAC, pero este se mostró insuficiente⁸⁰, incluso en los pocos casos que en nuestro trabajo se realizó, presentó muchos falsos positivos catalogando de mediastinitis la mayoría de las exploraciones debido a la existencia de: colecciones de líquido, normales en todo postoperatorio inmediato; neumomediastino, también normal por la presión negativa que se produce tras la dehiscencia con aspiración de aire a través de la piel; engrosamiento del pericardio; etc. Sin embargo, el método más fiable a nuestro entender fue la palpación durante una leve maniobra de tos, aunque los nuevos TAC multicorte seguramente aportarán una mayor información¹⁰².

- Difícil consenso en cuando y como tratar: El cuándo parece claro: lo antes posible, y de hecho es la actitud que se tomó en nuestros enfermos, dado que toda dehiscencia aboca hacia la infección a medio plazo por el acúmulo de exudados en el mediastino. Sin olvidar el riesgo nada despreciable de lesionar el corazón con una esquirra ósea o un alambre⁷. A esto debemos añadir el grado de deterioro por parte del enfermo que implica una dehiscencia, siendo ésta peor tolerada a medida que nos aproximamos al día de la intervención y el grado de obesidad del enfermo. Estos dos factores posiblemente en el fondo sean uno, ya

que cuanto más obeso más precoz era la dehiscencia, y la obesidad condicionaba una peor tolerancia a dicha complicación.

En cuanto a la forma de tratar estos enfermos, la literatura nos indica cuan individualizado puede ser este^{37,97,124,129,134,148,163}; a pesar de ello, parece existir un claro consenso en que primeramente se realice un Robicsek¹²² o cerclaje; y aunque este fracase siempre existen otras posibilidades que incluyen las ya conocidas placas de titanio, o incluso material biológico de donante muerto³⁹, asociadas si procede a sobrecruzamiento de pectorales o transposición de epiplon en caso de signos de infección en la zona.

7.3.3. CIERRE PERICONDRAL: ¡MEJOR ... PERO MEJORABLE!

El cierre pericondral a nivel tisular no demostró apenas ventajas, lo hizo con mayor relevancia a nivel clínico, aunque donde más se ha corroborado su superioridad ha sido a nivel experimental. No obstante, no podemos concluir que es un cierre ideal, ya que si así fuere, no debería haber acaecido ningún caso de dehiscencia.

Lo anterior nos obligó a ir modificando nuestra técnica a medida que encontrábamos errores, ya que en uno de los primeros casos, con un enfermo obeso, sólo empleamos tres alambres y el enfermo presentó cierta inestabilidad en el tercio inferior, lo que nos indujo a usar al menos cuatro alambres en este tipo de enfermos; posteriormente en el caso con dehiscencia, los alambres se rompieron en la mitad, justo en los segmentos que cruzaban la línea media, y lo hicieron en dos puntos, cosa inusual hasta entonces; con el fin de encontrar el motivo de la fractura del acero remitimos los alambres al laboratorio que los distribuía pensando en que era un defecto de fabricación, cosa que dicho laboratorio descartó. Excluida esta teoría, buscamos una explicación en el menor número de alambres que cruzaban la línea media, recordemos el concepto de TSA (Tensión de Separación por Alambre); esto junto con los estudios *in vitro* y el análisis al microscopio de las zonas de fractura del acero en el CENIM (Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas), nos aconsejó realizar el cierre con un alambre de mayor grosor, cosa que sí hicimos en el banco de pruebas, pero que no fue factible a nivel clínico, por lo que nos vimos obligados a insertar un alambre más de lo habitual en la misma ubicación de los anteriores, naciendo el concepto de CP “doble”, evidentemente siempre

manteniendo la misma disposición del acero que describimos inicialmente. En el momento actual, estamos en conversaciones con algún laboratorio que nos pueda conseguir un acero del calibre que precisamos para su aplicación a nivel clínico.

Igualmente, el hecho de tener que atravesar el esternón en diferentes direcciones con un mismo alambre frecuentemente supuso otro inconveniente, ya que si traccionábamos sólo de la aguja, en ocasiones esta se desinsertaba, obligándonos a repetir la maniobra con otro alambre, lo que fácilmente se resolvería con una aguja en cada extremo del acero.

También tuvimos problemas para aproximar la zona del manubrio, justo en la escotadura esternal, lo que a veces nos obligaba a comenzar el ajuste de ambos hemiesternones desde la zona inferior a la superior. Este problema también aparecía con el CX pero no con el CS.

El inconveniente del mayor desplazamiento craneocaudal que presentaba el CP nunca supuso un problema a nivel práctico-clínico.

Otro detalle a mencionar es que el alambre se dispone en una parte paralelo a la línea de incisión, abarcando parte del tejido subcutáneo, obligándonos normalmente a crear un espacio en dicha zona, ¡con el bisturí en modalidad de corte, por supuesto!, y así lograr que el acero contacte correctamente con el hueso. Aunque dicha maniobra es infrecuente si utilizamos otros cierres, no deja de ser un detalle técnico importante.

Como vemos, los inconvenientes asociados al cierre pericondral son en principio solventables, aunque requieren cierto grado de hábito a la hora de realizarlos.

Finalmente, estamos empezando a valorar la posibilidad de aunar las ventajas de los diferentes cierres, de forma que el CS con un solo alambre próximo a la escotadura haría que en esa zona el esternón quedase totalmente ajustado, el CX con un alambre en el mango nos daría una gran estabilidad en el eje craneocaudal, y el CP con tres alambres “dobles” aportaría las ventajas de resistencia-elasticidad ya mencionadas.

Con todo lo dicho, y basándonos en unos resultados tisulares, físicos, y clínicos, podemos decir sin lugar a dudas que nuestro cierre aporta grandes ventajas, cuya mayor innovación es el concepto biofísico de cómo deben distribuirse las fuerzas en cualquier sistema o dispositivo que se aplique a la esternotomía, pero no debemos olvidar ni desestimar los ya existentes, ya que llevan más de 100 años demostrándonos su utilidad.

VII. CONCLUSIONES

1. La técnica de cierre tras una esternotomía es el factor condicionante más importante de la dehiscencia aséptica.
2. Clínicamente el CP es superior a los habituales (simple y en X) aunque debería modificarse el acero empleado: mayor sección o dureza.
3. Experimentalmente la conformación del CP es más resistente, a pesar de las dificultades a la hora de reproducir en el laboratorio lo que acaece in vivo.
4. Histológicamente la gammagrafía demuestra que el CP permite una consolidación similar a los habituales.
5. Los factores de riesgo más importantes son la obesidad, EPOC, exfumador, reintervención y desorientación postoperatoria.
6. El riesgo de dehiscencia es directamente proporcional al IMC.
7. La DM no es factor de riesgo sino un factor de confusión, dada su asociación al aumento en el índice de masa corporal.
8. La edad puede ser un factor de confusión asociado a la mayor incidencia de delirio o falta de colaboración en las medidas de prevención de la dehiscencia.
9. El uso de una mamaria como injerto no es un factor de riesgo de dehiscencia.
10. La técnica quirúrgica del cirujano es un factor independiente de dehiscencia.
11. El acero empleado para llevar a cabo el CP en caso de infección-dehiscencia superficial no queda expuesto evitando la necesidad de retirar el alambre con el detrimento para la estabilidad que esto supone.

12. La dehiscencia en el CS y el CX se produce al rasgarse el hueso por los alambres, en el CP esta se desencadena por la ruptura de los alambres sin provocar fractura ósea alguna.
13. La capacidad de penetración en el hueso del material de cierre es inversamente proporcional a la superficie de contacto con este, a la deformación elástica del material usado y a la capacidad de transmitir las fuerzas en el sistema ante tracciones bruscas.
14. La dehiscencia es la consecuencia, de múltiples factores, la mayoría interrelacionados, que se potencian entre si.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- 1- Abboud CS, Wey BS, and Baltar VT
Risk factors for mediastinitis after cardiac surgery
Ann Thorac Surg 2004; 77:676-83
- 2- Abid Q, Podila SR, Kendall S et al
Sternal dehiscence after cardiac surgery and ACE type 1 inhibition.
Eur J Cardiothoracic Surg 2001 20:203-204
- 3- Al Ebrahim K.
Reinforced sternal closure: the bilateral straight longitudinal wire technique
Asian Cardiovasc Thorac Ann 2003; 11:90-1
- 4- Al- Naaman YD and Al-Ani MS
Sternal staple: Simple and rapid device for closure of median sternotomy
Ann Thorac Surg 1976; 21:170-1
- 5- Ali I M, Sanalla A A, Chlosta W F, Elefteriades J A
Simplified Reinforced Sternal Closure
Ann. Thorac. Surg., May 1996; 61: 1586 - 1587.
- 6- Ancalmo N, Perniciaro C, Ochsner J
Hypersensitivity reaction to sternal wires: a possible cause of persistent postoperative pain.
Cardiovasc. Surg 1993; 1(4): 439-41
- 7- Arbulu A, Gursel E, Camaro LG et al.
Spontaneous right ventricular rupture after sternal dehiscence: a preventable complication?
Eur J Cardiothorac Surg 1996; 10:110.
- 8- Arnold M.
The surgical anatomy of sternal blood supply
J Thorac Cardiovasc Surg 1972; 64:596-61
- 9- Badellino M, Cavarocchi NC, Kolff J, Alpern JB
Sternotomy closure with Parham bands
J Cardiac Surgery 1988; 3; 235-6
- 10- Berdajs D., Zünd G., Turina M I., et al.
Blood supply of sternum and its importance in internal thoracic artery harvesting
Ann Thorac Surg 2006;81:2155-9
- 11- Bertin K.C., Rice R. S., Doty D. B.
Repair of transverse sternal non unions using metal plates and autogenous bone graft
Ann Thorac Surg 2002; 73:1661-2
- 12- C. H. Bahn, F.C.C.P; and G. A. Holloway
Effect of internal mammary artery mobilization on sternal blood flow
Chest 1990; 98:878-80
- 13- Bhattacharya S., Sau I., Mohan M., Hazari K., Basu R., Kaul A.
Sternal Bands for closure of midline sternotomy leads to better wound healing
Asian Cardiovasc Thorac Ann 2007; 15(1):59-63
- 14- Birkmeyer NJO, Charlesworth DC, Hernandez F et al.
Obesity and risk of adverse outcomes associated with coronary artery bypass surgery
Circulation 1998; 97:1689-94

- 15- Bitkover CY, Cederlund K, Aberg B, J Vaage
Computed tomography of the sternum and mediastinum after median sternotomy
Ann Thorac Surg 1999; 68:858-63
- 16- The Parisian Mediastinitis Study Group. MA Borger, V Rao, RD Weisel, J Ivanov, G Cohen
Risk factors for deep sternal wound infection after sternotomy: a prospective multicenter study.
J Thorac Cardiovasc Surg 1996; 111: 1200-7
- 17- Boskey AL, Cohen ML, Bullough PG. et al.
Hard tissue biochemistry: a comparison of fresh-frozen and formalin-fixed tissue samples.
Calcif Tissue Int 1982; 34:328-31
- 18- Bottio T, Rizzoli G, Vida V, Casarotto D, Gerosa G
Double criss-cross sternal wiring and chest wound infection
Ann Thorac Surg 2002; 74:739-45
- 19- Bottio T.
Paraesternal Wire technique and sternal dehiscence (letter about).University of Brescia medical school
Ann Thorac Surg 2005; 79:1096
- 20- Breyer RH, Mills SA, Hudspeth AS, Johnston FR, Cordell AR.
A prospective study of sternal wound complications.
Ann Thorac Surg 1984; 37:412-5.
- 21-Brown AH, Brainbridge MV, Panagopoulos P, Saar F
The complications of median sternotomy
J Thorac Cardiovasc Surg 1969; 58:189-97
- 22- Cabrol C, Le Picard P, Laughlin L. Mesh Terms
A new sternal perforator for closure of midline sternotomy
J Thorac Cardiovasc Surg 1973; 14:547
- 23- Calafiore AM, A. M. Calafiore, G. Vitolla, A. L. Iaco, MD^a, C. Fino, G. Di Giammarco, F
Bilateral internal mammary artery grafting: midterm results of pedicled versus skeletonized conduits
Ann Thora Surg 1999; 67:1637-42
- 24- Carrier M, Gregoire J, Tronc F, Cartier R, Leclerc Y, Pelletier LC
Effect of internal mammary artery dissection on sternal vascularization
Ann Thorac Surg 1992; 53:115-9
- 25- Casha AR, Yang L, Kay PH, Saleh M, Cooper GJ
A biomechanical study of median closure sternotomy techniques.
Eur J Cardio-thorac Surg 1999; 15: 365-9
- 26- Casha AR, Yang L, Cooper GJ
Measurement of chest wall forces on coughing with the use of human cadavers
Journal Thoracic and Cardiovascular Surgery. December 1999, Volume 118, Number 6
- 27- Castro Del Pozo S.
Manual de patología general
Salvat Barcelona 1989
- 28- Centofanti P., La Torre M., Barbato L., Verzini A.
Sternal closure using semirigid fixation with thermoreactive clips
Ann Thorac Surg 2002; 74:943-5
- 29- Cheng W, Cameron DE, Warden KE, Fougner JD, Gott VL.
Biomechanical study of sternal closure techniques.
Ann Thorac Surg 1993; 55:737-40

- 30- Chlosta W. F. and Elefteriades J.A.
Simplified method of reinforced sternal closure
An Thorac Surg 1995; 60:1428-9
- 31- Cohen A. J., Lockman J., Lorberboym M., Bder O., Cohen N., Medalion B., Schachner A.
Assessment of eternal vascularity with single photon emission computed tomography after harvesting of the internal thoracic artery
J Thorac Cardiovasc Surg 1999; 118:496-502
- 32- Cohen D.J., Griffin L.V.
A biomechanical comparison of three sternotomy closure techniques.
Ann Thorac Surg 2002; 73: 563-8
- 33- Cohn JD, Dos Santos MV
Sternal wire closure by an instrument method
Am J Surg 1976; 132:668-9
- 34- Crawford FA, Kratz JM Spencer FC, Sabiston DC et al
Thoracic incisions Surgery of the Chest.
Philadelphia:Saunders 1995:220-4
- 35- Culliford AT, Cunningham JN, Zeff RH, Isom OW, Teiko P
Sternal and chondrosternal infections following open heart surgery: a review of 2594 case
J Thorac Cardiovasc Surg 1976; 72:714-26
- 36- Currey JD, Brear K, Zioupos P, Reilly GC.
Effect of formaldehyde fixation on some mechanical properties of bovine bone.
Biomaterials 1995; 16:1267-1271
- 37- Danis R.
Teorie et Practique de l'osteosynthese
Paris; Masson, 1949
- 38- Dasika U.K., Trumble D.R., Magovern J.A
Lower sternal reinforcement improves the stability of sternal closure
Ann Thorac Surg 2003; 75:1618-21
- 39- De Feo M., Carozza A., Della Corte A.,
Achilles tendon for sternal synthesis in the treatment of mediastinitis
Ann Thorac Surg 2005; 79:359-60
- 40- De Jesus RA, Acland RD
Anatomic study of the collateral blood supply of the sternum
Ann Thorac Surg 1995; 59:163-8
- 41- Del Campo C. and R.O. Heimbecker
Repair of refractory sternal dehiscence: a new technique
J Thorac Cardiovasc Surg 1982; 83 6: 937-8
- 42- Di Marco RF, Lee MW, Bekoe S, Grant KJ, Woelfel GF and Pellegrini RV
Interlocking figure of 8 closure of the sternum
Ann Thorac Surg 1989; 47:927-9
- 43- Delplanque D, Antonello Marc.
Fisioterapia y reanimación respiratoria
Masson 1997 Paris
- 44- Eale K - Gibbons R - Gardner T - Ryan T - Smith S
ACC/AHA Guidelines for coronary artery bypass graft surgery.
J Am Coll Cardiol 1999; 34(4):1262-1347

- 45- Eale K; R; Gardner T; Ryan T; Smith S
ACC/AHA Guidelines for coronary artery by pass graft surgery
J Am Coll Cardiol 2005
- 46- Eggers N., Shindler T.O., and Pomerat C. M.
The influence of the contact compression factor on osteogenesis in surgical fractures
J Bone Joint Surg. 1949; 31:693
- 47- Eich BS, Heinz TR
Treatment of sternal non-union with the Dall Miles cable system
Plast Reconstr Surg 2000; 106:1075-8
- 48- Estrera A. L.; Porat E E., Miller C.C, Meada R., Achouh P.E., Irani A. D., Safi H. J.
Outcomes of delayed sternal closure after complex aortic surgery
Eur J Cardiothorac Surg 2008;33:1039-42.
- 49- Fokin A.A., Robicsek F., Masters T. N.,
Sternal nourishment in various conditions of vascularization
Ann Thorac Surg 2005; 79:1352-7
- 50- Goldman G, Nestel R, Snir E and Vidne B
Effective technique on sternum closure in high risk patients
Arch Surg 1988; 123: 386-7
- 51- Goodman G, Palatinos GM, Bolooki H.
Technique of closure of median sternotomy with trans-sternal figure-of-eight wires.
J Cardiovasc Surg 1986; 27:512-3.
- 52- Gottlieb LJ, Pielet RW, Karp RB, Krieger LM, Smith DJ and Deeb GM
Rigid internal fixation of the sternum in postoperative mediastinitis
Arch Surg 1994; 129:489-93
- 53- Graeber GM
Harvesting of the internal mammary artery and the healing median sternotomy
Ann Thora Surg 1992; 53:7-9
- 54- Green GE, Singh RN, and Sosa JA
Sternotomy incision, mobilization, and routing of ITA grafts. In: Surgical revascularization of the heart:
the internal thoracic arteries
New York: Igaku-Shoin Medical Publisher 1991; 119:27
- 55- Grmoljcz PF, Barner HB
Bilateral internal mammary mobilization and sternal healing
Angiology 1978; 29:272-4
- 56- Grossi EA, Esposito R, Harris LJ, et al.
Sternal wound infections and use of internal mammary artery grafts.
J Thorac Cardiovasc Surg 1991; 102:342-7
- 57- Guyton
Manual de fisiología
Mc Grawhill Madrid 2001
- 58- Hale JE, Anderson DD, Johnson GA, Magovern JA
An assessment of the pull through strength and fatigue properties of a new sternal closure technique
Annual meeting of American society of Biomechanics. Pittsburgh. October 1999
- 59- Hazelrigg SR, Wellons HA, Schneider JA, Kolm P.
Wound complications after median sternotomy. Relationship to internal mammary grafting
J Thorac Cardiovasc Surg 1989; 98:1096-9

- 60- Heinz HR; Zurbrügg R, Freestone T, Bauer M, Hetzer R,
Reinforcing the conventional sternal closure
Ann Thorac Surg 2000; 69:1957-8
- 61- Hendrickson SC, Koger KE, Morea CJ, Aponte RL, Smith PK, Levin LS
Sternal plating for the treatment of the sternal non-union
Ann Thora Surg 1996; 62:512-8
- 62- Henriquez-Pino JA, Gomes WJ, Prates JC, Buffolo E,
Surgical anatomy of the internal thoracic artery
Ann Thorac Surg 1997; 64:1041-5
- 63- Hicks GL, Haake W, Stewart SS and DeWeese JA
The nuts and bolts of sternal dehiscence
Ann Thora Surg 1983; 36:364-5
- 64- Immer FF, Durrer M, Kathrin S.
Deep sternal wound infection after cardiac surgery: modality of treatment and outcome
Ann Thorac Surg 2005; 80:957-61
- 65- Johnston RH, Garcia-Rinaldi R, Vaughan GD and Bricker D
Mersilene ribbon closure of the median sternotomy: an improvement over wire closure.
Ann Thora Surg 1985; 39:88-9
- 66- Julian OC, Lopez-Belio M, Dye WS et al
The median sternal incision in intracardiac surgery with extracorporeal circulation: a general evaluation
of its use in heart surgery.
Surgery 1957; 42:753-61
- 67- Jutley RS; Watson MA; Shepherd DET; Hukins DWL
Finite element analysis of stress around a sternum screw used to prevent sternal dehiscence after heart
surgery
Proc Inst Mech Engr Part H 2002; 216:315-21
- 68- Kalush SL., Bonchek LI.
Peristernal closure of median sternotomy using stainless steel bands.
Ann Thorac Surg 1976; 21:172-3.
- 69- Katz N.
Pericostal sutures to reinforce sternal closure after cardiac surgery.
J Card Surg 1997; 12:277-81
- 70- Kiessling A-H, Isgro F, Weisse U, Möltner A, Saggau W, Boldt J,
Advanced Sternal Closure to Prevent Dehiscence in Obese Patients
Ann Thorac Surg 2005;80:1537-9
- 71- Knobloch K, Lichtenberg A, Pichlmaier M, et al.
Microcirculation of sternum following harvesting of the left internal mammary artery
Thorac Cardiovasc Surg 2003; 51:255-9
- 72- Kopsch F.
Nomina anatomica.
Vergeichendle Übersicht der Basler, Jenaer und Pariser Nomenklatur. 5th ed. Stuttgart: Georg Thieme
Verlag, 1957:155
- 73- Korbmacher B; Schmitt HH; Bauer G; Hoffmann M; Vosberg H; Simic O; Gams E
Change of sternal perfusion following preparation of the internal thoracic artery-a scintigraphical study
Europ Journ Card Thor Surg 2000; 17:58-62

- 74- Korompai F, Hayward R, Guinn G
Clamp for wire closure of sternum
Ann Thorac Surg 1976; 21:249
- 75- Labitzke R, Schramm G, Witzel U, Quisthout P.
“Sleeve-rope closure” of the median sternotomy after open heart operations
Thorac Cardiovasc Surg 1983; 31:127-8
- 76- Lambert CJ, Mitchel BF, Adam M, Shiekh S
A modified technique for secure median sternotomy closure
Surgery 1971; 69:393
- 77- Lemmon
Sternal approximator: a new instrument
J Thorac Cardiovasc Surg 1962; 43:276
- 78- Le Veen HL, Piccone VA
Nylon band chest closure
Arch Surg 1968; 96:36
- 79- Loop FD, Lytle BW, Cosgrove DM, J. Maxwell
Chamberlain memorial paper: sternal wound complications after isolated coronary artery bypass grafting
Ann Thorac Surg 1990; 49:179-86.
- 80- Lytle BW.
Skeletonized internal thoracic artery grafts and wound complications
Journal Thorac Cardiovasc Surg 2001; 121 (4):625-7
- 81- López Almodóvar LF, Bustos G, Lima P, Cañas A
Transverse plate fixation of sternum: a new sternal-sparing technique
Ann Thorac Surg 2008;86:1017-8
- 82- Lorberboym M, Medalion B and Bder O et al
Tc MDP bone SPECT for the evaluation of eternal ischemia following internal mammary artery dissection
Nucl Med Commun 2002; 23:47-52
- 83- Losanoff JE, Foerst JR, Huff H, et al.
A biomechanical porcine model of median sternotomy closures
J Surg Res 2002; 107:108-12
- 84- Losanoff JE; Jones JW; Richman BW. Source
Primary closure of median sternotomy: techniques and principles
Cardiovasc surg 2002; 10:102-10
- 85- Losanoff JE, Collier AD, Wagner-Mann CC, Richman BW
Biomechanical comparison of median sternotomy closures.
Ann Thorac Surg 2004; 77:203-9
- 86- Losanoff JE, Basson MD, Gruber SA, Huff H, and Hsieh F
Single Wire Versus Double Wire Loops for Median Sternotomy Closure: Experimental Biomechanical Study Using a Human Cadaveric Model
Ann. Thorac. Surg., October 1, 2007; 84(4): 1288-93.
- 87- Lust RM, Kasagi Y, Chapman SF, Morrison RF, Sun YS
Influence of the unilateral and bilateral internal mammary takedown on sternal blood flow
Circulation 1987; 76 (pt 2 Suppl): IV 488
- 88- Magovern,
Invited commentary
Ann Thorac Surg 2007;83:2246-7

- 89- Martin A, Ross BA, Braimbridge MV
Peristernal wiring in closure of median sternotomy
J Thorac Cardiovasc Surg 1973; 66:145-6
- 90- McGregor WE, Trumble DR, Magovern JA
Mechanical analysis of midline sternotomy wound closure
J Thorac Cardiovasc Surg 1999; 117: 1144-50
- 91- McGregor WE, Payne M, Trumble DR
Improvement of sternal closure stability with reinforced steel wires
Ann Thorac Surg 2003;76:1631-4
- 92- Meadows JA , Staats BA, Pairolero PC, Rodarte JR, Arnold PG
Effect of resection of the sternum and manubrium with muscle transposition on pulmonary function
Mayo Clin Proc 1985; 60: 604
- 93- Miller MD, Jhonson RG, Naifeh J
Repair of sternal dehiscence using Harrington compressor system
Ann Thora Surg 1988; 45:684-5
- 94- Milton H.
Mediastinal surgery
Lancet 1897; 1:871
- 95- Milton AF citado por Kirschner
Tratado de técnica operatoria general y especial
Labor ; Madrid-Barcelona 1944 ; 4 :756-60
- 96- Misawa Y
Sternal dehiscence in poststernotomy mediastinitis, letter
Ann Thorac Surg 1998; 66:602
- 97- Moghissi K
Median sternotomy wound disruption
J Roy Coll Surg Edimb 1977; 22:156-7
- 98- Molina JE
Primary closure for infected dehiscence of the sternum
Ann Thorac Surg 1993; 55:459-63
- 99- Molina JE, Lew RS and Hyland KJ
Postoperative sternal dehiscence in obese patients: Incidence and prevention
Ann Thorac Surg 2004; 78:912-7
- 100- Momin AU, Deshpande R, Potts J
Incidence of sternal infection in diabetic patients undergoing bilateral internal thoracic artery grafting
Ann Thorac Surg 2005; 80:1765-72
- 101- Moore R, Follette DM, Berkoff HA
Sternotomies fractures and pan management in open cardiac surgery
Chest 1994
- 102- Mueller J, Jeudy J, Poston R, Charles S
Cardiac CT Angiography after Coronary Bypass Surgery: Prevalence of Incidental Findings
Am. J. Roentgenol..2007; 189: 414-9
- 103- Müller ME
Manual of internal fixation
Bering, Heidelberg, New York, Springer, 1979

- 104- Murray KD, Pasque MK
Rutine sternal closure using six overlapping figure of 8 wires
Ann Thorac Surg 1997; 64:1852-4
- 105- Nagachinta T, Stephens M, Reitz B, Polk BF.
Risk factors for surgical-wound infection following cardiac surgery.
Infect Dis 1987;156:967-73.
- 106- Negri A, Manfredi J, Terrini A, Rodella G, Bisleri G, El Quarra S, Muneretto C
Prospective evaluation of a new sternal closure method with thermoreactive clips
Eur J Cardiothorac Surg 2002;22:571-5
- 107- Netter F H
Atlas of Human Anatomy
Elsevier-Masson 2007
- 108- Okies JE, Philips SJ.
Sternal approximation
Ann Thorac Surg 1974; 17:423-4
- 109- Olsen MA, Lock-Buckley P, Hopkins D et al.,
The risk factors for deep and superficial chest surgical-site infections after coronary artery bypass graft surgery are different
J Thorac Cardiovasc Surg 2002; 124:136-45
- 110- JC Opie and WS Stoney
Avoidance of sternal non-union
Ann Thorac Surg 1997; 64:888-9
- 111- Ottino G, De Paulis R, Pansini S, et al.
Major sternal wound infection after open-heart surgery: a multivariate analysis of risk factors in 2,579 consecutive operative procedures.
Ann Thorac Surg 1987;44(2):173-9
- 112- Ozaki W, Buchman SR, Iannettoni MD, Frankenburg EP.
Biomechanical study of sternal closure using rigid fixation techniques in human cadavers.
Ann Thorac Surg 1998; 65:1660-5
- 113- Pai S; Gunja N J; Dupak E L; McMahan NL; Coburn JC; Lalikos JF
In vitro Comparison of wire and plate fixation for midline sternotomies.
Ann. Thorac Surg 2005; 80:962-8
- 114- Palmer JH, Taylor GI
The vascular territories of the anterior chest wall
Br J Plast Surg 1986; 39:287-99
- 115- Parsh MA, Asai T, Grossi EA
The effects of different techniques of internal mammary artery harvesting on sternal blood flow
J Thorac Cardiovasc Surg 1992; 104: 1303-7
- 116- Peterson MD, Borger MA, Rao V, Peniston CM, Feindel CM
Skeletonization of bilateral internal thoracic artery grafts lowers the risk of sternal infection in patients with diabetes
J Thorac Cardiovasc Surg 2003; 126:1314-9
- 117- Plexo NL, Boskey AL, Mendelsohn R
An FT-IR microscopic investigation of the effects of tissue preservation on bone
Calcif Tissue Int 1982; 34:328-31

- 118- Ridderstolpe L, Gilla H, Granfeldt H, Åhlfeldt H et al.
Superficial and deep sternal wound complications: incidence, risk factors and mortality
Eur J Cardiothoracic Surg 2001; 20:1168-75
- 119- Ridley PD, Chowdhury UK, Hughes CF, Thomson DS
Median sternotomy closure with mersilene tapes: a prospective pilot study
Asia Pacific Thor Cardiovasc Surg 1995; 4(1)
- 120- Rivas LF, Hawkins T, Morritt GN, Behl RP, Griffin SC, Brown AH
Radiopharmaceutical uptake as a marker of sternal blood supply following internal mammary artery harvesting
Cardiovasc Surg 1994; 2:203-6
- 121- Roberts AJ, Woodhall DD, Conti CR, Ellison DW, Fisher R, Richards C
Mortality, morbidity, and cost-accounting related to coronary artery bypass graft surgery in the elderly
Ann Thor Surg 1985; 39:426-32
- 122- Robicsek F, HK Daugherty and JW Cook
The prevention and treatment of sternum separation following open heart surgery
J Thorac Cardiovasc Surg 1971; 73:267-8
- 123- Robicsek F, Daugherty HK, Cook JW.
The prevention and treatment of sternum separation following open-heart surgery.
J Thorac Cardiovasc Surg 1977; 73:267-8
- 124- Robicsek F, Hamilton DA.
Presternal muscle padding following midline sternotomy.
J Card Surg 1989; 4:299-301.
- 125- Rohrich RJ, Watumull D
Comparison of rigid plate versus wire fixation in the management of zigoma fractures
Plast Reconstr Surg 1995; 96:570
- 126- Rooks RL, Tarvin GB, Pijanowski GJ, Daly WB
In vitro cerclage wiring analysis
Vet Surg 1982; 11:39
- 127- Rouvière H., Delmas A
Anatomía humana descriptiva, topográfica y funcional
Masson 1987 Barcelona
- 128- Roy AC, Penhall JRH, Cameron EWJ
Management of disrupted sternotomy
Thorax 1981; 36:676-8
- 129- Roy AC, Penhall JR, and Cameron EW
Management of disrupted sternotomy.
Thorax 1986; 36:676
- 130- Rubio PA, Guinn GA, Bahadorzadeh K and Sandoval AC
Median sternotomy closure with a running wire: A simplified method
J Thorac Cardiovasc Surg 1977; 74:651-2
- 131- Saito T, Iguchi A, Sakurai M, Tabayashi K
Biomechanical study of a poly-L-Lactide, sternal pin in sternal closure after cardiothoracic surgery.
Ann Thorac Surgery 2004; 77:684-7
- 132- Trumble DR, McGregor WE, Magovern J. A.,
Validation of a bone analog model for studies of sternal closure.
Ann Thorac Surg 2002; 74: 739-7

- 133- Sanfellipo PM., Danielson GK.
Nylon band for closure of median sternotomy incisions: an unacceptable method.
Ann Thorac Surg 1972; 13:404-6.
- 134- Santos G. Cook WA and M. Frater RW
Reclosure of sternotomy disruption produced by hiccups
Chest 1974;66:189
- 135- Sargent LA, Seyfer AE, Hollinger J, Hinson RM and Graeber GM
The healing sternum: a comparison of osseous healing with wire versus rigid fixation
Ann Thorac Surg 1991;52:490-4
- 136- Sarr MG, Gott VL, Townsend TR.
Mediastinal infection after cardiac surgery. Ç
Ann Thorac Surg 1984; 38:415-23
- 137- Schatzker
Manual of internal fixation: techniques recommended by the AO-ASIF group 3rd ed Berlin, Heidelberg:
Springer; Berlin 1991: 226-8
- 138- Schimmer C, Sommer S-P, Bensch M, Bohrer T, Aleksic I, Leyh R
Sternal closure techniques and postoperative sternal wound complications in elderly patients
Eur J Cardiothorac Surg 2008;34:132-8
- 139- Schmid C, Heublein B, Reichelt S, Borst HG
Steal phenomena by caused by a parallel branch of the internal mammary artery
Ann Thor Surg 1990; 50:463-4
- 140- Schultz RS, Boger JW, Dunn HK
Strength of stainless steel surgical wire in various fixation modes
Clin Orthopaed Rel Res 1985; 198:304-7
- 141- Scovotti CA, Ponzone CA and Leyro-Diaz RM
Reinforced Eternal closure
Ann Thorac Surg 1991; 51: 844-5
- 142- Seyfer AE, Schriver C, Miller T, Graeber GM
Sternal blood flow after median sternotomy and mobilization of the internal mammary arteries
Surgery 1988; 194:899-904
- 143- Serry C, Bleck PC, Javid H, Hunter
Sternal wound complications. Management and results.
J Thorac Cardiovasc Surg 1980; 80 : 861-7
- 144- Shafir R, Weiss J, Gur E, Herman O, Siegman-Igra Y
Sternal wound infection: our experience with 200 cases.
J Cardiovasc Surg 1994; 35(6Suppl.1): 103-4
- 145- Sharma R, Puri D, Bishnu P,
A modified parasternal wire technique for prevention and treatment of sternal dehiscence
Ann Thorac Surg 2004; 77:210-3
- 146- Sherman JE, Salzberg A, Raskin NM and Beattie EJ
Chest wall stabilization using plate fixation
AnnThorac Surg 1988;46:467-9
- 147- Sirivella S, Zikria EA, Ford WB, Samadani SR, Miller WH, Sullivan ME
Improved technique for closure of median sternotomy incision. Mersilene tapes versus standard wire closure.
JThoracCardiovascSurg1987;94:591-5

- 148- Sommerhaug RG, Reid DA, Wolfe SF, Lindsey DE
Standard dehiscence: pericostal guy wires equal sternal stability
Ann Thorac Surg 1986; 43:107-8
- 149- Smoot EC, Weiman D
Paramedian sternal bone plate reinforcement and wiring for difficult sternotomy wounds
Ann Plast Surg 1998; 41:464-7
- 150- Soroff HS, Hartman AR, Pak E, Sasvary DH, Pollack SB.
Improved sternal closure using steel bands: early experience with three-year follow-up
Ann Thorac Surg 1996; 61:1172-6.
- 151- Stahle E, Tammelin A, Bergstrom R, et al
Sternal wound complications- incidence, microbiology and risk factors.
Eur J Cardio-Thorac Surg 1997; 11; 1146-53
- 152- Stoney WS, Alford WC, Burrus GR, Frist RA and Thomas CS
Median sternotomy dehiscence
Ann Thorac Surg 1978; 26:421
- 153- Sutherland RD, Martinez HE, and Guynes WA,
A rapid secure method o sternal closure
Cardiovasc Dis bull Tex heart inst 1981; 8:54-5
- 154- Szivek JA, Thomas M, and Benjamin JB
Characterization of synthetic foam as a model for human cancellous bone.
J Appl Biomater 1993; 4: 269-72
- 155- Taber RE, Madaras J.
Prevention of sternotomy wound disruptions by use of figure-of-eight pericostal sutures.
Ann Thorac Surg 1969; 8:367-9.
- 156- Tavilla G, Van Son JA, Verhagen AF and Lacquet LK
Modified Robicsek technique for complicated sternal closure
Ann Thorac Surg 1991; 52:1179-80
- 157- Timmes JJ, Wolvek S, Fernando M, Bas M, Rocko J.
A new method of sternal approximation.
Ann Thorac Surg 1973; 15:544-6.
- 158- T.P.M. Study group
Risk factors for deep sternal wound infection after sternotomy: a prospective, multicenter study.
J Thorac Cardiovasc Surg 1996; 111(6):1200-7
- 159- Trick WE, Scheckler WE, Tokars JI, Jones KC, Reppen ML, et al
Modifiable risk factors associated with deep sternal site infection after coronary artery bypass grafting
J Thorac Cardiovasc Surg 2000; 119 (1):108-14.
- 160- Triggiani M, Donatelli F, D'Ancona G, Grossi A, Eleftheriades JA, and Chlosta WF
Reinforced Closure of Precarious Sternum After Median Sternotomy
Ann. Thorac. Surg., Apr 1997; 63: 1221 - 1222.
- 161- Vincent JG.
Update on sternal osteosynthesis.
Ann Thorac Surg 1986; 41:216-8
- 162- Wigfield CH, Lindsey JD, Muñoz A, Paramjeet et al.
Is extreme obesity a risk factor for cardiac surgery
Eur J Cardiovasc Surg 2006; 29:434-40

- 163- Wilkinson GA, Clarke DB
Median sternotomy dehiscence: a modified wire suture closure technique
Eur J Cardio-Thorac surg 1988; 2:287-90
- 164- Wong M, Carter DR
Mechanical stress and morphogenetic endochondral ossification of the sternum
J Bone Joint Surg Am 1988; 70:992-1000
- 165- Yamaguchi H; Yamauchi H; Yamada T; Ariyoshi T; Aikawa H; Kato Y
Diagnostic validity of computed tomography for mediastinitis after cardiac surgery.
Ann 2001;7:94
- 166- Zacharias A, Habib RH
Factors predisposing to median sternotomy complications: Deep vs. superficial infection
Chest 1996; 110:1173-8
- 167- Zeitani J, Bertoldo F, Bassano C, et al.
Superficial wound dehiscence after median sternotomy: surgical treatment versus secondary wound healing
Ann Thorac Surg 2004; 77:672-5
- 168- Zeitani J, De Peppo A, Moscarelli M, et al.
Influence of sternal size and paramedial sternotomy on stability of the closure site: A clinical and mechanical study
J Thorac Cardiovasc Surg 2006;132:38-42
- 169- Zeitani J, Penta de Peppo A, Bianco A, et al
Performance of a Novel Sternal Synthesis Device After Median and Faulty Sternotomy: Mechanical Test and Early Clinical Experience
Ann. Thorac. Surg., January 1, 2008; 85(1): 287-93
- 170- Zerr KJ, Furnary AP, Grunkemeier GL, Bookin S, Kanhere V, Starr A.
Glucose control lowers the risk of wound infection in diabetics after open heart operations.
Ann Thorac Surg 1997; 63:356-6



Fig.1.4.

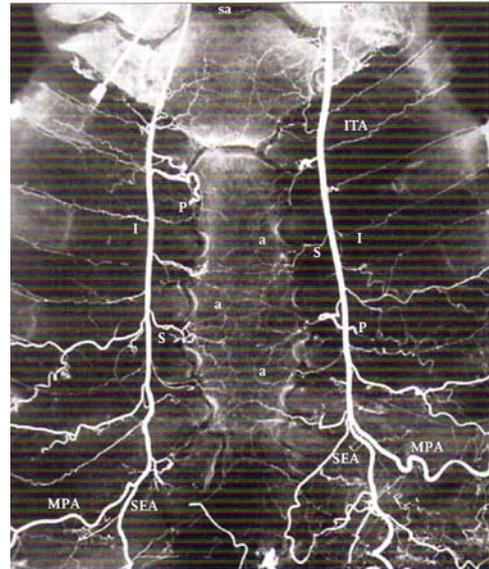


Fig.1.8.



Fig.4.1.2.



Fig.4.1.3.

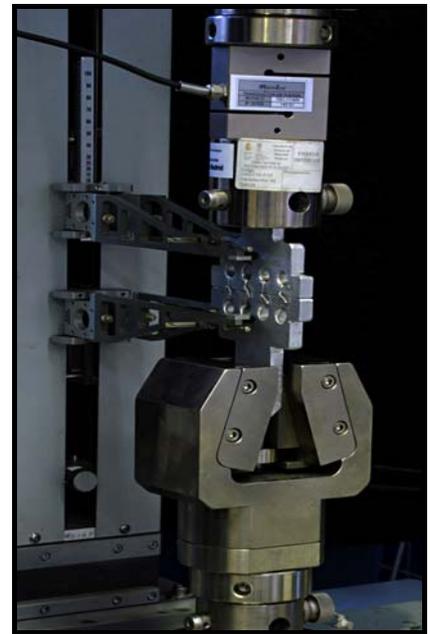


Fig.4.2.1.



Fig.4.4.1.A



Fig.4.4.1.B



Fig. 4.4.1.C

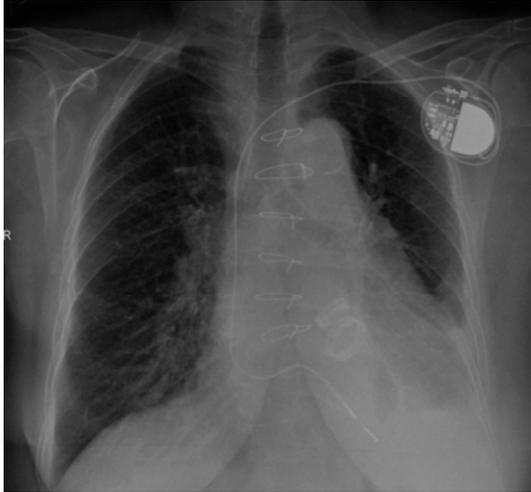


Fig.4.3.1.A



Fig.4.3.1.B



Fig.4.3.2.A



Fig.4.3.2.B



Fig.4.3.3.A



Fig.4.3.3.B

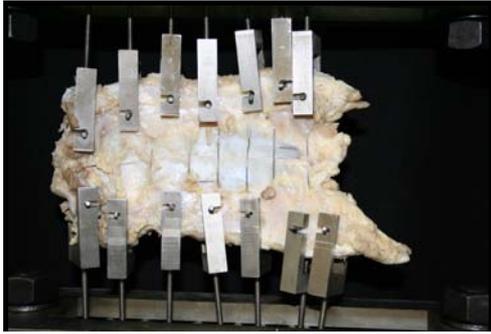


Fig.5.4.A

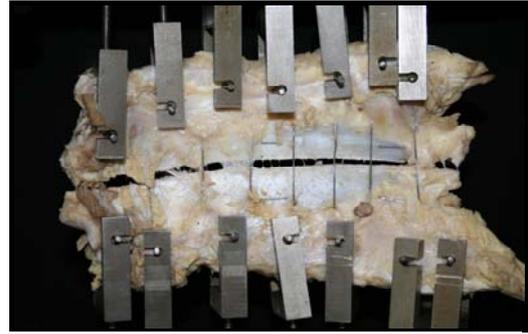


Fig.5.4.B



Fig.5.4.C

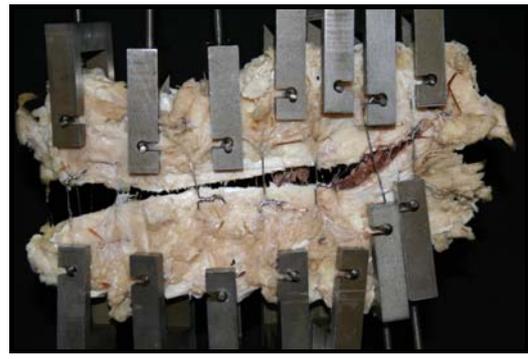


Fig.5.4.D



Fig.5.5.A



Fig.5.5.C



Fig.5.5.B

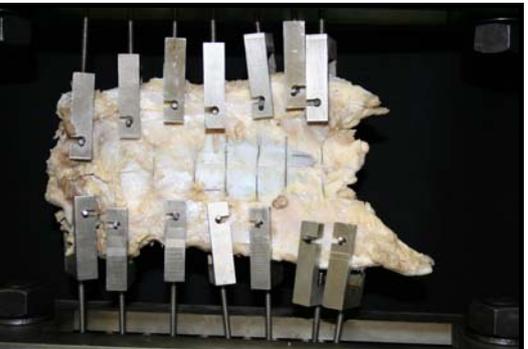


Fig.5.5.D

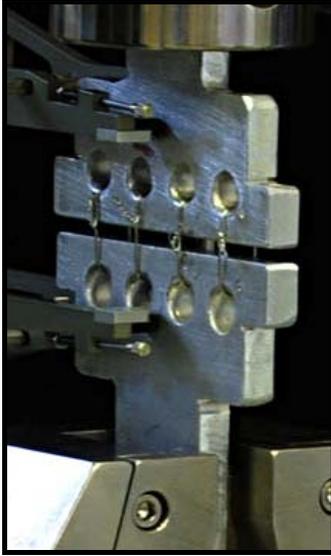


Fig.4.2.3.A

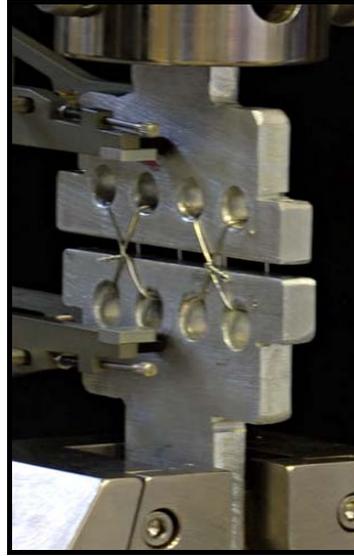


Fig.4.2.3.B

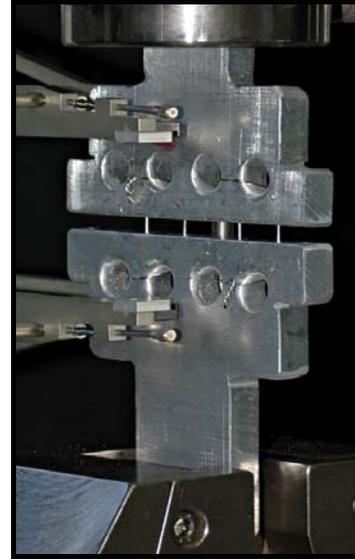


Fig.4.2.3.C

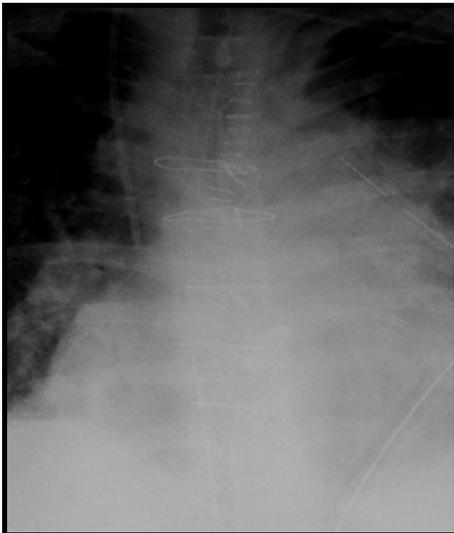


Fig.7.13.A

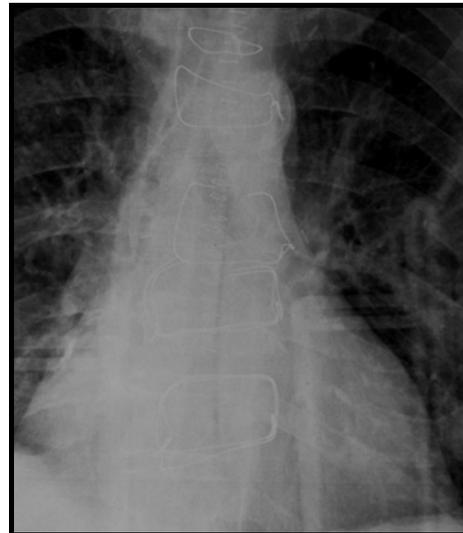


Fig.7.13.B

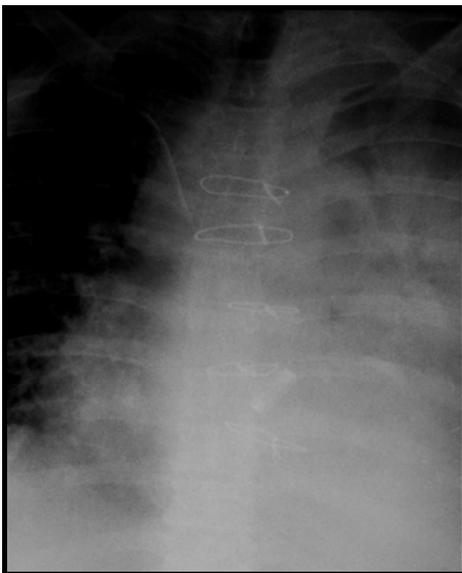


Fig.7.13.C



Fig.7.6.



Fig.7.7.A

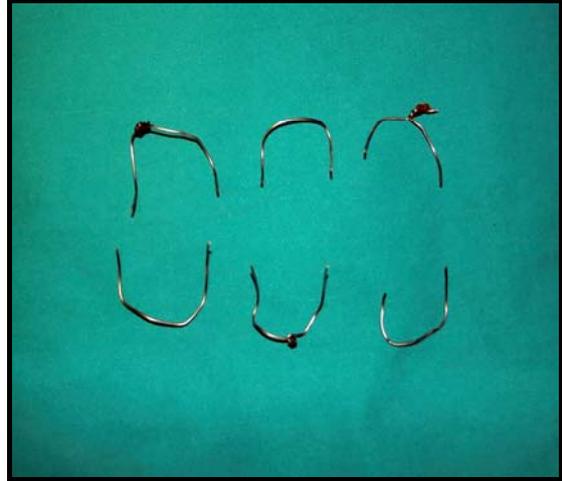


Fig.7.7.B



Fig.7.11.A



Fig.7.11.B



Fig.7.12.A



Fig.7.12.