

4 Die Operation

4.1 Eröffnen des Thorax

4.1.1 Zugangsweg

Für die meisten Eingriffe der Herzchirurgie ist die mediane Sternotomie der Zugang, welcher die beste Übersicht bietet. In der Thoraxchirurgie kann die Sternotomie für Raumforderungen des vorderen Mediastinums, ausgedehnte Trachealresektion oder bilaterale Resektion von Lungenmetastasen der günstigste Zugang sein.

Die Mittellinie wird mit Jugulum und Xiphoid markiert und Haut und tiefere Wundschichten werden durchtrennt. Üblicherweise ist der mittlere Sternumanteil frei von Ansätzen der Pektoralismuskeln. Im Jugulum kann die Verletzung einer gelegentlich vorhandenen Quervene zu erheblichen Blutungen führen. Das Xiphoid wird in seinem knorpeligen Anteil eingekerbt.

4.1.2 Mediane Sternotomie

Mit dem Finger wird das Zwerchfell stumpf vom Sternum abgelöst. Die Säge wird eingesetzt und unter sanftem Zug nach anterior vom Xyphoid zum Jugulum geführt (Abb. 4.1), anschließend folgt die Blutstillung am Periost. Beim Erwachsenen findet sich ein Thymusinvolut, das in der Regel mit dem Elektrokauter in der Mittellinie

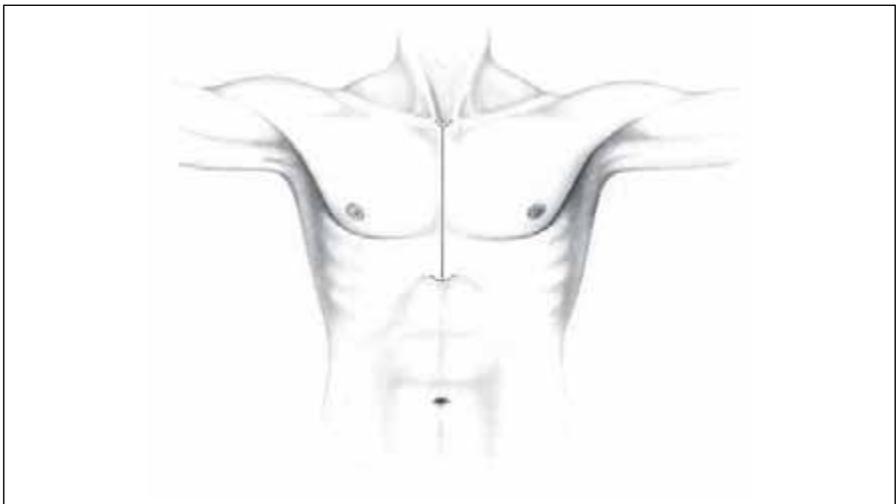


Abbildung 4.1 Mediane Sternotomie. Die Inzision reicht vom Jugulum bis zum Xiphoid, eine Verlängerung nach kranial oder kaudal ist nur selten erforderlich.

durchtrennt werden kann, bis der obere Perikardteil und die linke Vena brachiocephalica freiliegen. Bei kindlichen Patienten ist der Thymus relativ groß. Hier empfiehlt es sich, in der Mittellinie die Grenze zwischen den beiden Thymuslappen darzustellen und einen der beiden Thymuslappen zu resezieren. Das Perikard wird in der Mittellinie eröffnet. Am kaudalen Übergang auf das Zwerchfell wird auf beiden Seiten der Übergang auf einer Strecke von jeweils 5 bis 10 mm horizontal eingekerbt. Mit Haltenähten wird nun das Perikard an die prästernale Faszie geheftet. Zur Kanülierung der Aorta wird diese am Beginn des Bogens, d. h. in Höhe des Truncus brachiocephalicus freigelegt und eine Tabaksbeutelnaht vorbereitet. Die Kanülierung des rechten Vorhofes geschieht in der Regel durch eine Tabaksbeutelnaht im rechten Herzohr.

4.1.3 Re-Sternotomie

Die Re-Sternotomie beinhaltet das Risiko der Verletzung von Herz und Aorta. Um es zu minimieren, wird das Brustbein mit einer oszillierenden Säge eröffnet. Zunächst durchtrennt man die vordere Knochenlamelle, dann besonders vorsichtig die hintere. Durch Zug an beiden Sternumhälften nach anterior wird das Risiko einer Verletzung des Herzens weiter gemindert. Nach der Sternotomie wird dann auf beiden Seiten eine Schicht zwischen Brustbein und Mediastinum präpariert, bis der Sperrer eingesetzt werden kann. Das Entwickeln der Schicht zwischen Perikard und Herz oder Aorta ist am leichtesten am Zwerchfell und über der Aorta ascendens möglich. Von hier kann schrittweise weiter mobilisiert werden, bis der Anschluss an die extrakorporale Zirkulation möglich ist.

4.1.4 Posterolaterale Thorakotomie

Die posterolaterale Thorakotomie ist der Standardzugang für Eingriffe an der Lunge, am distalen Aortenbogen, der Aorta descendens und dem Ösophagus. Bei der Lungenresektion sind vor allem zentrale bronchoplastische Eingriffe und die Lymphadenektomie mit diesem Zugang leichter als mit anderen.

Operationstechnik

Der Patient wird in Seitenlage platziert. Die Knickebene des Operationstisches sollte sich etwa in Höhe der geplanten Inzision befinden, der Ellenbogen nicht über Schulterhöhe gelagert werden. Die posterolaterale Inzision beginnt in der vorderen Axillarlinie etwa in Höhe der Submammärfalte bei Frauen bzw. vier Querfinger unterhalb der Mamillenhöhe beim Mann und zieht etwa zwei Querfinger unter der Skapulaspitze nach dorsal, um dort auf halber Strecke zwischen Wirbelsäule und medialem Skapularand zu verlaufen. Der Musculus latissimus dorsi wird im Verlauf entsprechend der Hautinzision durchtrennt. Die Faszie des Musculus serratus posterior wird am Unterrand des Muskels eröffnet und nach distal verfolgt, anschließend wird er zwei Querfinger proximal seines Ansatzes und parallel zum Ansatzverlauf abgelöst (Abb. 4.2).

Nach Mobilisation der Skapula fährt der Operateur mit der Hand auf den Rippen nach kranial. Die erste Rippe sollte getastet werden, sie liegt in der Regel deutlich medial der zweiten Rippe. Nach Abzählen der Rippen wird der Thorax im zuvor ge-

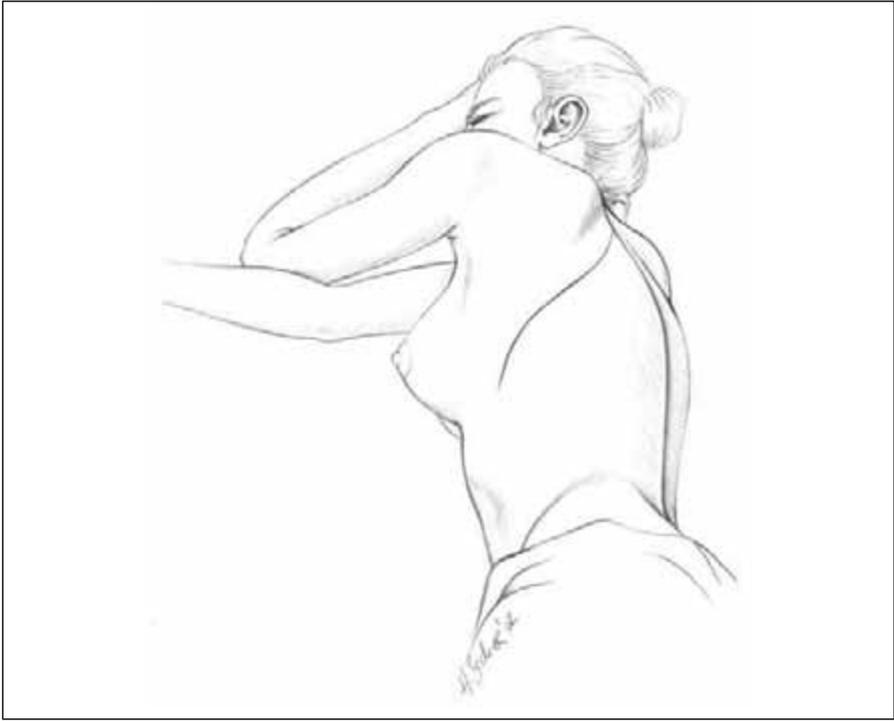


Abbildung 4.2 Posterolaterale Thorakotomie. Die Inzision beginnt in der vorderen Axillarlinie und verläuft zwei Querfinger unterhalb der Skapulaspitze nach dorsal, sie wird nach kranial verlängert.

planten Interkostalraum eröffnet. Die einfachste Form ist das Durchtrennen der Interkostalmuskulatur mit dem Elektrokauter am Oberrand der nächstunteren Rippe. Ist unsicher, ob möglicherweise eine Erweiterung des Zuganges nach oben notwendig wird, kann der Interkostalraum auch am Unterrand der oberen Rippe eröffnet werden. Hierzu empfiehlt es sich, das Periost von der Rippe abzulösen und die Thoraxwand durch das Bett der Rippe zu eröffnen.

4.1.5 Anterolaterale Thorakotomie

Ein häufig gebrauchter Zugang für Lungenresektionen ist die anterolaterale Thorakotomie. Sie gibt auch eine Übersicht über den distalen Aortenbogen und die Arteria subclavia. Die Übersicht für Eingriffe am Perikard (Perikardektomie, Fensterung) ist gut. Der Musculus latissimus dorsi bleibt unbeeinträchtigt und steht später für möglicherweise notwendige plastische Eingriffe zur Verfügung. Die Intensität der postoperativen Schmerzen ist eher geringer als nach posterolateraler Inzision.

Operationstechnik

Der Patient wird in eine 45°-Seitenlage gebracht, der Arm in Schulterhöhe fixiert. Der Hautschnitt beginnt bei Frauen unterhalb der Mamma, bei Männern etwa in Höhe des unteren Randes des Musculus pectoralis und läuft – je nach erforderlicher

Exposition – in die Axilla aus. Für die Eröffnung des fünften ICR wird der Interkostalraum unterhalb des Ansatzes des Musculus pectoralis major inzidiert, für einen höheren Interkostalraum der Musculus pectoralis durchtrennt und die Fasern des Musculus serratus anterior längs gespalten.

4.1.6 Bilaterale Thorakotomie

Die bilaterale Thorakotomie verbindet zwei anterolaterale Thorakotomien (meist 4. ICR) miteinander, dabei wird das Sternum zusätzlich quer durchtrennt. Dieser Zugang bietet ideale Übersicht für die bilaterale Lungentransplantation und ist bei bilateraler Resektion vor allem dorsal gelegener Herde günstig. Auch Eingriffe am Herzen können in bestimmten Situationen (z. B. tiefes permanentes Tracheostoma) über diesen Zugang leichter sein als durch eine mediane Sternotomie.

Operationstechnik

Der Patient befindet sich in Rückenlage, die Arme werden gering abgespreizt oder in Schulterhöhe vor dem Körper schwebend fixiert. Hautschnitt und Inzision in die Thoraxwand sind identisch mit dem Vorgehen bei anterolateraler Thorakotomie, das Sternum wird mit einer oszillierenden Säge durchtrennt. Beide Arteriae und Venae mammae werden zwischen Ligaturen durchtrennt.

4.1.7 Thorakoabdominelle Inzision

Für Eingriffe an der thorakoabdominellen Aorta werden Thorax und Retroperitoneum durch eine thorakoabdominelle Inzision eröffnet (Abb. 4.3). Der Patient wird mit den Schultern in Seitenlage gebracht und das Becken nach dorsal gedreht, um den Zugang zu den Femoralgefäßen zu erleichtern. Der Hautschnitt ist im thorakalen Teil



Abbildung 4.3 Der thorakoabdominelle Zugang beginnt mit einer posterolateralen Inzision, die nach anterior über den Rippenbogen verlängert wird. Der vordere, abdominelle Teil der Inzision besteht aus einem pararektalen oder medianen Zugang. Die pararektale Schnittführung erlaubt die weitere Präparation ohne Eröffnen des Peritoneums.

identisch mit dem der posterolateralen Thorakotomie. Die Mm. latissimus dorsi und serratus anterior werden in identischer Weise durchtrennt. Je nach erforderlicher Exposition eröffnet man den sechsten, siebten oder achten ICR. Nach vorn und kaudal läuft der Schnitt über den Rippenbogen in einen pararektalen Zugang aus. Nachdem der Rippenbogen durchtrennt ist, wird die Bauchwand unter Schonung des Peritoneums auf gewünschter Länge durchtrennt und das Zwerchfell unter Belassen eines 2 bis 3 cm breiten Streifens radiär abgelöst.

Literatur

Hood RM. Techniques in general thoracic surgery. Lea & Febiger, Philadelphia, 1993
 Sabiston DC. Atlas of Cardiothoracic Surgery. WB Saunders, Philadelphia, 1995
 Shafir R, Weiss J, Herman O, Cohen N, Stern D, Igra Y. Faulty sternotomy and complications after median sternotomy. J Thorac Cardiovasc Surg. 1988, 69 (2): 310–3

4.2 Extrakorporale Zirkulation

Der Einsatz der Herz-Lungen-Maschine war historisch der entscheidende Schritt, der die Entwicklung der Herzchirurgie in ihrer heutigen Form ermöglichte. Sie bietet dem Chirurgen die Möglichkeit, am stillgelegten und blutleeren Herzen Eingriffe mit der nötigen Genauigkeit durchzuführen. Zusätzlich kann die Körpertemperatur des Patienten nach Belieben variiert werden; nach Bedarf ist der Einsatz der Hypothermie möglich, um so die Ischämietoleranz des ganzen Körpers oder einzelner Organe (z. B. Herz, zentrales Nervensystem) zu verbessern.

4.2.1 Gewollte Effekte

Die Verbesserung der Ischämietoleranz durch Absenken der Temperatur ist nicht linear und variiert zwischen verschiedenen subzellulären Strukturen, Zelltypen und Organen. Der Sauerstoffverbrauch des Myokards wird allein durch Entlastung um 40 % und durch einen elektrischen Stillstand um weitere 30 % gesenkt. Die Verringerung der Temperatur von 37 auf 32 °C halbiert den Metabolismus weiter. Am Gehirn bewirkt ein Absenken der Temperatur auf 28 °C eine Reduktion des Sauerstoffverbrauchs auf etwa 30 % des Ausgangswertes, bei 18 °C auf 10 % der normalen Verhältnisse.

4.2.2 Ungewollte Effekte

Die extrakorporale Zirkulation stellt einen erheblichen Eingriff in die Homöostase des Menschen dar. Der Metabolismus wird im Sinne eines Postaggressionsstoffwechsels verändert. Akut im Vordergrund steht eine ausgeprägte *Hyperglykämie* durch eine vermehrte Glukagonausschüttung und verminderte Wirksamkeit von Insulin.

Die Füllung der Herz-Lungen-Maschine mit kristalloiden Lösungen bewirkt eine ausgeprägte *Hämodilution* mit Verschiebungen von Elektrolyt- und Proteinkonzentrationen. Die Blutgerinnung wird durch den Kontakt mit Fremdoberflächen und die Rücktransfusion ausgetretenen Blutes, durch Hemmung der Thrombozytenfunktion und Fibrinolyse bzw. Verbrauch von Gerinnungsfaktoren in ihrer Funktion eingeschränkt.

Die *inflammatorischen* und *immunologischen Reaktionen* auf die extrakorporale Zirkulation sind komplex. Das Komplementsystem wird sowohl über den klassischen als auch über den alternativen Weg aktiviert. Stimulierte Leukozyten interagieren mit Gefäßendothel, vor allem im Zusammenhang mit Ischämie und Reperfusion. Zahlreiche vasoaktive Mediatoren werden freigesetzt, deren Gesamtwirkung auf die Makrohämodynamik in der Regel zu einer ausgeprägten Vasodilatation führt. Bei Patienten mit vorbestehender Herzinsuffizienz wird die Mediatorausschüttung durch die im Rahmen der Insuffizienz schon präoperativ erhöhten Spiegel verstärkt, das Resultat ist häufig eine Vasodilatation, die nur eingeschränkt durch Vasopressoren beeinflussbar ist.

Embolische Komplikationen treten als Gasemboli, Thrombozytenaggregate und Fremdkörper auf. Mit der Verwendung von Membranoxygenatoren ist die Rate an Embolien (wie auch anderer Komplikationen) deutlich geringer als bei den älteren Bubble-Oxygenatoren. Die Emboli entstammen meist dem Operationsfeld und der mechanisch alterierten atherosklerotischen Aorta.

4.2.3 Kanülierung

Bei den meisten Eingriffen am Herzen oder den herznahen Gefäßen wird die extrakorporale Zirkulation über die Standardzugänge angeschlossen, über Aorta ascendens oder proximalen Aortenbogen und rechten Vorhof oder beide Hohlvenen. In bestimmten Situationen kann es notwendig sein, diese Zugänge zu modifizieren. Bei schwerer Verkalkung oder Dissektion der proximalen Aorta ist die Wahl der Arteria axillaris oder einer Arteria femoralis günstiger für den arteriellen Anschluss. Angeborene Anomalien (links persistierende obere Hohlvene) oder spezielle Eingriffe (Fontan, Korrektur einer fehlmündenden Lungenvene, Eingriffe an der Aorta descendens) erfordern eine Modifikation der venösen Kanülierung. Vor der Kanülierung von Aorta und venösem System ist die Rückversicherung des Operateurs und Kardiotechnikers wichtig, dass Heparin gegeben wurde. Nach Kanülierung und Durchtrennen des Schlauchsets werden Kanülen und Schläuche unter sorgfältiger Entlüftung des arteriellen Schenkels miteinander verbunden, bei Einsatz eines Linksherzbypasssystems auch des venösen Schenkels.

4.2.4 Entlüftung

Nach Beendigung des eigentlichen Eingriffes am Herzen oder der Aorta erfolgt die sorgfältige Entlüftung. Bei Koronareingriffen ist mit nur geringem Eintritt von Luft in die Herzhöhlen zu rechnen; hier reicht die Entlüftung über den kontinuierlichen Sog an der Ventkanüle in der Aorta ascendens aus. Bei isolierten Eingriffen an der Mitralklappe ist das Risiko einer Luftembolie wesentlich höher. Zur Entlüftung wird der Anästhesist gebeten, mit der Beatmung zu beginnen. Der Kardiotechniker staut Blut in den Patienten zurück und unter Massage des Herzens und wiederholtem Luxieren wird die Luft weitestmöglich aus dem Herzen entfernt. Sobald die Koronarperfusion freigegeben ist und das Herz defibrilliert ist, wirft es in der Regel noch geringe Mengen von Luftblasen aus. Diese werden über den an die Ascendens angeschlossenen Vent für einen Zeitraum von fünf bis zehn Minuten abgesaugt. Nach Eingriffen an der Aortenklappe wird zunächst die Aorta ascendens über die Aortotomie entlüftet. Die Koronardurchblutung wird dann erneut freigegeben. In Kopftiefe