

# Koronararterien-Bypass

Sabine Zander, Eric Opitz

Fortgeschrittene koronare Herzerkrankungen können sowohl kardiologisch-interventionell als auch chirurgisch-invasiv behandelt werden. Unsere Autorin beschreibt eine chirurgisch relevante Therapieoption, die Koronararterien-Bypass-OP (englisch: coronary artery bypass grafting, kurz CABG) und gewährt dabei einen Blick hinter die Kulissen des Deutschen Herzzentrums Berlin (DHZB). Anhand des prüfungsrelevanten Erwartungshorizonts der Praxisanleiter des DHZB wird erläutert, wie mit körpereigenen Gefäßen die Engstelle im Herzkranzgefäß überbrückt und somit eine bessere Perfusion (Durchblutung) des Herzens wiederhergestellt wird.

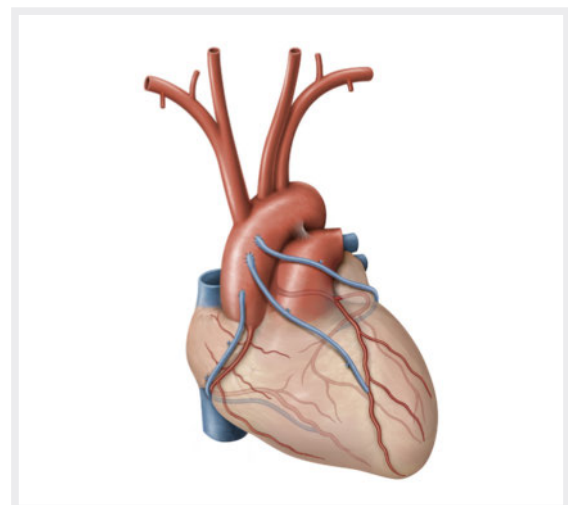
Durch eine koronare Herzkrankheit (KHK) kommt es zu krankhaften (pathologischen) Einengungen (Stenosen) oder zum Verschluss von Herzkranzarterien (Koronararterien) und damit zu einer Unterversorgung des Herzmuskelgewebes (Myokard), zum Beispiel durch Arteriosklerose. [1] Die Einteilung/Klassifizierung des Schweregrads richtet sich nach der Anzahl der betroffenen Hauptäste (I° = Eingefäßkrankung = ein Hauptast ist betroffen usw.). Ist ein Koronargefäß nur hochgradig eingeengt und noch eine Restperfusion vorhanden, so leidet der Patient in der Regel bei Belastung unter auftretendem, anfallsweisem Engegefühl und Herzschmerzen (Angina pectoris). [1] Ein kompletter Gefäßverschluss (totale Ischämie) führt zum Untergang (Zellnekrose) des betroffenen Herzmuskelareals, was in Folge zu einem Herzinfarkt (Myokardinfarkt) führt.

## Durchführung

Das Prinzip der operativen Versorgung der KHK ist, das optimale O<sub>2</sub>-Angebot an das Herzmuskelgewebe (Revaskularisation) wiederherzustellen. Dies wird erreicht, indem die Koronarstenosen oder -verschlüsse mit körpereigenen arteriellen oder venösen Gefäßen (autologe Bypass-Grafts) überbrückt werden [1] (► **Abb. 1**).

### Arterieller Bypass

Die häufigste arterielle, autologe Graft-Möglichkeit bietet die Arteria thoracica interna (englisch: left internal mammary artery, kurz LIMA), welche wegen ihrer räumlichen Nähe immer zur Versorgung an den Ramus interventricularis anterior (RIVA) angeschlossen wird. Vorteil ist zum einen, dass der Gefäßabgang erhalten bleibt und so nur eine Seite des Bypasses anastomosiert werden muss, zum anderen die allgemeine längere Lebensdauer arterieller Bypässe. [2]



► **Abb. 1** Operative Koronarrevaskularisation: Aorto-koronarer Venenbypass bei einer 3-Gefäß-Erkrankung: In diesem Fall erfolgte jeweils ein Venenbypass auf die A. coronaria dextra, auf den R. interventricularis anterior sowie auf den R. marginalis sinister des R. circumflexus. (Quelle: Schünke M, Schulte E, Schumacher U et al. 3.18 Ballondilatation, aortokoronarer Venen- und arterieller IMA-Bypass. In: Schünke M, Schulte E, Schumacher U et al., Hrsg. Prometheus LernAtlas – Innere Organe. Illustrationen von Voll M und Wesker K. 5. Auflage. Stuttgart: Thieme; 2018)

Ein weiterer möglicher arterieller Graft ist die Arteria radialis, welche bei einem negativen Resultat des Allen-Tests verwendet werden kann (der Allen-Test gibt Hinweise auf eine intakte A. radialis). Vorwiegend bei jüngeren Patienten wird diese Arterie auch in minimalinvasiver Technik entnommen. Weiterhin kann die Arteria thoracica interna dextra (englisch: Right internal mammary artery, kurz RIMA) verwendet werden. Im Gegensatz zu der LIMA wird der natürliche Gefäßabgang der RIMA aufgrund der Länge und der Nähe zu möglichen Anschlussgebieten nicht erhal-

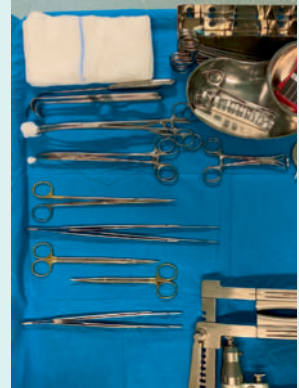
## A INSTRUMENTIERTISCH 1

Von oben nach unten links:

- Kompressen
- 1 Zenkerhaken
- 2 Venenhaken
- 2 Kornzangen
- 2 lange, gerade Pean
- 1 Fadenschere
- 2 2-Stufenpinzetten nach DeBakey, lang
- 1 Präparierschere nach Metzenbaum
- 1 Cooper-Schere/Mayo-Lexer-Schere
- 2 2-Stufenpinzetten nach DeBakey, kurz

Von oben nach unten rechts:

- 1 Nahtkabinett
- 4 Schlauchklemmen
- 1 Nierenschale
- 1 große Schale
- 2 Schlauchbänke mit Schlauchbankklemmen
- 4 Tuchklemmen/stumpfe Backhaus
- 1 Nadeldose mit Kauteransätzen
- 1 Thoraxsperrerr
- 1 Stryker-Säge mit entsprechendem Akku



ten. In ganz seltenen Fällen kann auch die Arteria gastro-omentalis verwendet werden.

Als Ursache für die längere Lebensdauer sind die Unterschiede in der Wandbeschaffenheit von Arterien und Venen deutlich zu verzeichnen. Es werden grundsätzlich arterielle Grafts bevorzugt.

### Venöser Bypass

Für einen Venenbypass bedient man sich an einer der Venen des Beins (Vena saphena magna, kurz VSM), welche von der Knöchelinnenseite bis zur Leiste verläuft. Diese werden, wie auch der Arteria-radialis-Bypass, mit dem erkrankten Gefäß verbunden und an der Aorta ascendens anastomosiert. Seltener wird auch ein sogenannter Sequenzialbypass verwendet, bei dem eine Vene oder Arterie zunächst mit einem Gefäß anastomosiert wird und dann zusätzlich beispielsweise noch mit einem Seitenast (Seit-zu-Seit-Anastomose). Häufige Lokalisationen für einen Venenbypass sind die rechte Koronararterie (RCA) und der Ramus circumflexus (RCX). [2]

### Komplikationen

Die mediane Sternotomie wird überraschend gut vertragen. Allerdings dauert der Heilungsprozess 4–6 Wochen. Auch verursachen Wundinfektionen gelegentlich Mediastinitis oder sternale Osteomyelitis, die schwierig zu behandeln sein können.

Eine Blutung nach einem kardiopulmonalem Bypass (CPB) ist ein häufiges Problem, das von verschiedenen Faktoren ausgelöst wird, einschließlich:

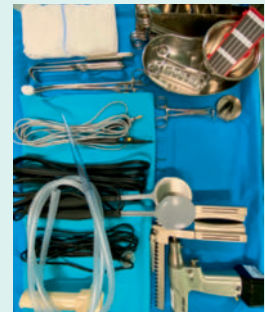
- Hämodilution,
- Heparin-Verwendung,
- Plättchen-Funktionsstörung aufgrund der Exposition gegenüber der Bypass-Pumpe,
- disseminierte intravaskuläre Koagulation
- und induzierte Hypothermie.

Organversagen kann durch eine systemische Entzündungsreaktion – hervorgerufen durch die CPB-Maschi-

## B INSTRUMENTIERTISCH 1 ABGEDECKT

Obenauf:

- 1 Kauterhandgriff – monopolar
- 1 Schocklöffel
- 1 Flimmerkabel
- Lampengriffe
- Saugerschlauch
- 1 Abdecktuch



ne – auftreten (wahrscheinlich aufgrund der Exposition von Blutbestandteilen gegenüber dem fremdartigen Material der Bypass-Schaltung). Diese Reaktion kann Organversagen in jedem System verursachen (zum Beispiel Lungen, Nieren, Gehirn, Gastrointestinaltrakt). Aorten-Kanülierung, -Abklemmung und -Entklemmung können die Freisetzung von Embolien, die bei etwa 1,5% der Patienten zu einem Schlaganfall führen, auslösen. Eine Mikroembolie kann zu neuropsychiatrischen Effekten nach einem CPB führen, die bei etwa 5–10% der Patienten auftreten.

Ein perioperativer Myokardinfarkt tritt bei etwa 1% der Patienten auf. Vorhofflimmern haben 15–40% der Patienten, typischerweise 2–4 Tage nach der Operation. Betablocker scheinen die Wahrscheinlichkeit, dass sich atriale Arrhythmien nach einer Herzoperation entwickeln, zu reduzieren. Eine nicht anhaltende ventrikuläre Tachykardie kann bei bis zu 50% der Patienten auftreten.

Die Mortalität hängt vor allem vom zugrunde liegenden gesundheitlichen Zustand der Patienten ab. Der Operateur und die institutionelle Erfahrung (das heißt die Anzahl der jährlichen Verfahren) sind ebenfalls wichtig. In einem erfahrenen Programm beträgt die periprozedurale Mortalität bei ansonsten gesunden Patienten typischerweise < 1–3%.

**C INSTRUMENTIERTISCH 2**

Von oben bis mittig links:

- 1 Tangentialklemme/Ausklemmer
- 1 Aortenklemme
- 1 Aortenstanze/Aortenpunch
- 1 Clipsetzer blau
- 1 Clipsetzer rot
- 1 Federnadelhalter
- 2 Koronarpinzetten, lang
- 2 Koronarpinzetten, kurz
- Ligaclip rot und blau
- 1 Beavermesser
- 1 Blaumesser
- 1 11er-Skalpell
- 1 Magnetdose mit 4 Pacer-Anschlüssen und 1 Knopfkanüle
- 1 10er-Spritze
- 1 22er-Skalpell
- Nervenhooken, fein
- Kauteransätze lang

Von links nach rechts unten:

- 4 Moskitoklemmchen bezogen
- 6 Moskitoklemmchen
- 20 Peanklemmen
- 2 feine Nadelhalter nach Heger
- 2 kräftige Nadelhalter nach Heger
- 1 feiner Overhold
- 2 Drahtnadelhalter
- 2 chirurgische Pinzetten

Von oben bis mittig rechts:

- 1 20er-Spritze
- 1 große Schale
- 1 Pott'sche Schere rückwärts
- 1 Pott'sche Schere vorwärts
- Micronadelhalter
- 2 Micropinzetten
- 1 Schlauchschere/Materialschere
- Nadeldose mit:
  - 3 Metallbulldogs
  - 2 weißen Bulls

**D BEISTELLTISCH**

Von links nach rechts oben:

- Herzgrundsieb
- Mammariasperrerr
- Bauchtücher

Von links nach rechts unten:

- Kompressen
- Rollen (Bauchtuchstreifen)
- 20 × 20-Tupfer
- 8 × 8-Präpariertupfer
- Abwaschschüssel und Kornzange
- OP-Kittel
- CABG-Abdeckung

**E SCHÜSSELSTÄNDER**

- Schüsselständer
- sterile Schüssel und Spültopf
- Ringerlösung (2 Liter)
- Konnektoren für HLM-Schläuche
  - 1 ¼ × ⅜ Zoll
  - 1 ⅜ × ⅜ Zoll
- 1 Spülblase
- 2 Tourniquets dünn
- 10 Snugger dünn

**OP-Vorbereitung**

Nachdem der Patient an der OP-Schleuse in Empfang genommen wurde, überprüft das einschleusende Funktionspersonal seine Identität und Nüchternheit gemäß der OP-Checkliste und entfernt gegebenenfalls Schmuck und

Zahnprothesen. Anschließend wird der Patient auf den OP-Tisch umgelagert und in die Einleitung der Anästhesie gebracht. [3]

Während der Narkoseeinleitung bereitet der OP-Funktionsdienst den Saal vor. Das OP-Dokumentationssystem wird gestartet, die benötigten medizinischen Geräte werden auf Funktionstüchtigkeit überprüft. Danach wird das benötigte Instrumentarium und Verbrauchsmaterial geöffnet und die Instrumentiertische werden gerichtet. Die präoperative Zählkontrolle von Zählgütern erfolgt im 4-Augen-Prinzip.

## Lagerung

Der Patient wird auf dem Rücken gelagert, er muss mittig auf dem tempurgepolsterten OP-Tisch liegen, der Kopf grenzt mit dem Kopfende ab. Beide Arme werden zirkulär mit Watte gepolstert und mithilfe von Plexusschonern angelagert. Gegebenenfalls wird für die Entnahme der Radialis der linke Arm ausgelagert. Sämtliche Ableitungen, Kabel et cetera müssen so befestigt werden, dass sie eine intraoperative Lageveränderung nicht behindern. Zur Ableitung von intraoperativ genutztem Strom mittels Hochfrequenz-Chirurgiegerät wird eine Neutralelektrode am rechten Oberarm angebracht.

## Desinfektion

Optimalerweise ist der Patient bereits vom Stationspersonal rasiert worden. Dafür werden am Brustkorb (prästernal), in beiden Leistenregionen und bei Venenentnahme zirkulär an beiden Beinen oder als sequenzielle Rasur entlang der V. saphena magna in den jeweiligen Innenschenkeln mittels Clipper die Haare gekürzt. Vor jeder Desinfektion werden saugfähige Unterlagen unter die Schultern, rechts und links neben dem Oberkörper und unter dem Gesäß platziert. Sie dienen dazu, überschüssiges Desinfektionsmittel aufzusaugen und vor Hautreizungen und Verbrennungen zu schützen. Der Oberkörper wird komplett abgewaschen, ausgehend vom Sternum bis einschließlich Jugulum (dient später der Orientierung beim Hautschnitt und Eröffnen des Sternums), kranial der Clavicula und lateral bis zur mittleren Axillarlinie, Leiste komplett mit Schambereich, Beine, Ober- und Unterschenkel zirkulär bis einschließlich Malleolengabel und bei Radialis-Entnahme Arm, Ober- und Unterarm zirkulär, einschließlich Achsel und Handfläche bis zur Linie des Daumengrundgelenks. Nach der Einwirkzeit des Desinfektionsmittels werden die saugfähigen Materialien entfernt und es wird kontrolliert, ob der Patient im Trockenen liegt.

## Abdeckung

Das von der Industrie vorgefertigte Abdeckset besteht aus 2 Tüchern zum Halten der Beine, 2 Stockinetten mit jeweils 1 Tape, 1 Seitentuch, 1 Unterlegtuch, 1 Anästhesietuch und 1 Cardio-U-Tuch mit integrierten Scham- und Seitentüchern.

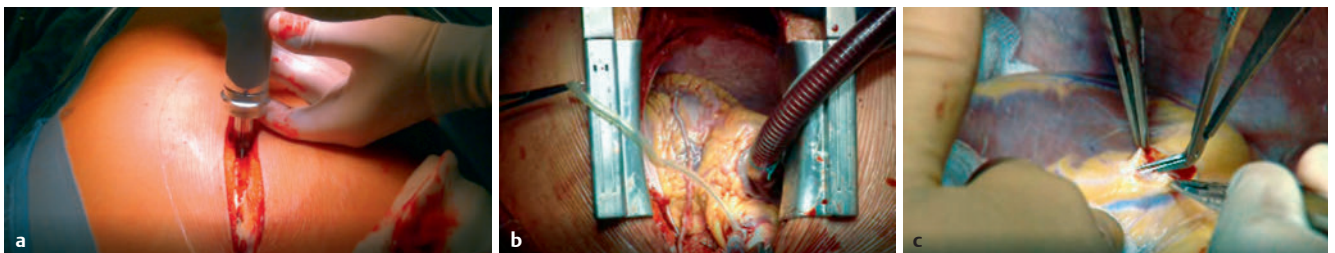
Nachdem das Desinfektionsmittel getrocknet ist, kann mit der Abdeckung begonnen werden. Dazu werden beide Füße mit einer Stockinette abgedeckt und mit einem Tape umklebt, sodass die medialen Malleoli frei bleiben (dienen der Orientierung zu Saphena-Entnahme). Das Cardio-U-Tuch wird in die Glutealfalte geklebt, die integrierten Seitentücher auf der vorderen Axillarfalte entlang geklebt, das Schamtuch so anlegt, dass der Nabel möglichst abgedeckt ist. Das Seitentuch wird quer auf Höhe des Nabels positioniert (dient später der Beinabdeckung). Zuletzt wird das Anästhesietuch über dem Jugulum an der Clavicula entlang befestigt.

Sobald alles steril abgedeckt ist, positioniert sich die Instrumentierende mit den sterilen Tischen. Die Kabel für monopolaren Strom, Defi, Flimmerkabel, Sauger und Schläuche für die Herz-Lungen-Maschine werden abgegeben und vom Springer beziehungsweise Kardiotechniker angeschlossen. Es erfolgt ein Team-Time-Out, dessen Punkte anhand der Checkliste vorgelesen und im Dokumentationssystem abgehakt werden.

## OP-Ablauf

Der Zugangsweg für jede konventionelle Operation am Herzen erfolgt standardmäßig durch die zentrale Eröffnung des Brustkorbs (mediane Längssternotomie) (► **Abb. 2a**). Hierbei werden Cutis, Subcutis, Fasciengewebe, Xyphoid und letztlich auch das Sternum durchtrennt. Der Herzbeutel (Pericard) wird eröffnet und fixiert, um das Herz optimal darzustellen. Nach dem Einsatz einer Herz-Lungen-Maschine (HLM) und dem Abklemmen der aufsteigenden Aorta wird das Herz mit einer kalten, kaliumreichen Kardioplegie-Lösung perfundiert, um den für 1–2 Stunden notwendigen Herzstillstand zu induzieren (► **Abb. 2b**).

Es folgt der schwierigste Teil der Operation, die Naht des Bypass-Grafts unterhalb der verengten oder ver-



► **Abb. 2** Fotos OP-Ablauf. (Quelle: Deutsches Herzzentrum Berlin)



schlossenen Stelle auf die Koronararterie mittels einer End-zu-Seit-Anastomose (distale Anastomose) (► **Abb. 2c**, ► **Abb. 2d**, ► **Abb. 2e**).

Anschließend wird der Bypass über eine Aortotomie (Inzision der Aorta) End-zu-Seit an die aufsteigende Aorta genäht (proximale Anastomose), außer bei Verwendung der linken Arteria thoracica interna (LIMA), deren Aortenabgang belassen wird (► **Abb. 2f**). [2]

Nach Abschluss der Gefäßanastomosen wird die Aorta entklemmt, sodass die Koronararterien durch sauerstoffreiches Blut durchschwemmt werden, das die Herzaktivität typischerweise wiederherstellt. Die Heparin-Antikoagulation wird umgekehrt, indem Protamin gegeben wird.

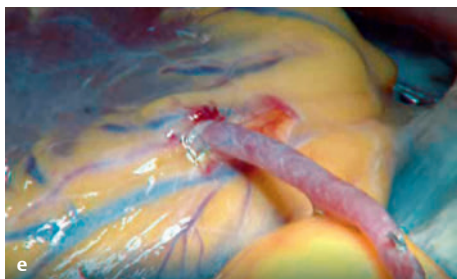
Trotz kardioprotektiver Maßnahmen ist das Anhalten des Herzens nicht ohne Folgen. Während der Reperfusion ist eine Myokarddysfunktion üblich und kann zu Bradykardie, Arrhythmien (zum Beispiel Kammerflimmern) und geringer Herzleistung führen. Diese Ereignisse werden mit Standardmaßnahmen wie Stimulation, Defibrillation und inotropen Medikamenten behandelt.

Die Operation dauert circa 4 Stunden. Sie kann auch ohne Herz-Lungen-Maschine am schlagenden Herzen durchgeführt werden, sofern dies der Schweregrad der KHK und die Begleiterkrankungen zulassen. Diese Methode soll unabhängig vom Operationsrisiko eines Patienten die Häufigkeit eines postoperativen Schlaganfalls verringern.

#### DETAILLIERTER OP-ABLAUF

- Hautschnitt, durchtrennen der Cutis.
- Durchtrennen des subkutanen Fettgewebes und der Pectoralisfaszie mittig des Sternums.
- Manuelles Abschieben der Diaphragmabäuche am Xyphoid und der Faszien der Halsmuskulatur am Jugulum.
- Durchtrennen des Xyphoids.
- Mediane Längssternotomie.

- Einsetzen des Mammiasperrers, um die Pleura nicht zu eröffnen, eingehen in den Raum zwischen dem parietalen und viszeralen Blatt der Pleura.
- Durchtrennen der Faszie des M. transversus thoracis (Muskel der vorderen Thoraxwand).
- Präparation der A. thoracica interna (möglichst die gesamte Länge vom Subclaviaabgang bis zu ihrer Bifurkation).
- Absetzen des distalen Endes.
- Befeuchten der Arterie mit Paveronlösung und einschlagen dieser in eine Kompressen.
- Wechsel des Sperrers, normalen Sternumsperrer einsetzen.
- Eröffnen des Perikards.
- Fixation des Perikards.
- Vorlegen der 2 Tabaksbeutelnähte an der Aorta ascendens, sichern der Nähte mit Tourniquets und Moskitoklemmchen.
- Vorlegen der einzelnen Tabaksbeutelnaht am rechten Vorhof, sichern mit Tourniquet und Moskitoklemmchen.
- Durchtrennen der HLM-Schläuche, anbringen der Konnektoren für die Kanülen.
- Stichinzision in die Aorta, einbringen der arteriellen Kanüle, Fixation der Kanüle, Konnektion der Kanüle mit arterieller Linie zur HLM (arterielle Linie wird mit scharfer und stumpfer Backhausklemme fixiert).
- Stichinzision in den rechten Vorhof, aufspreizen der Inzision mit einer Schere, einbringen der venösen Kanüle, Fixation der Kanüle, Konnektion der Kanüle mit venöser Linie zur HLM.
- Der Kreislauf wird nun von der HLM übernommen, die Beatmung kann abgestellt werden.
- Vorlegen der Kardioplegienaht, sichern mit Tourniquet und Moskitoklemmchen, einbringen des Aortic-Root-Vents.
- Klemmen der Aorta, Kardioplegie-Gabe.
- Prüfen der autologen Grafts.
- Darstellen der Koronarien und Anschlussgebiete finden.



► **Abb. 2** Fortsetzung Fotos OP-Ablauf. (Quelle: Deutsches Herzzentrum Berlin)

- Lagern des Herzens.
- Präparation des Anschlussgebiets.
- Eröffnen der Koronarie.
- Anastomose zwischen Koronarie und Graft in fortlaufender Nahttechnik.
- Prüfen der Anastomose.
- Luftembolie in den Graft verhindern mittels Bulldogklemme (Metallbull für Vene, weißer Bull für Arterien).
- Kardioplegie-Gabe nach 15 Minuten.
- Gleiches Vorgehen für alle distalen Anastomosen.
- Öffnen der Aortenklemme.
- Partielles Ausklemmen der Aorta ascendens mittels Ausklemmer.
- Entfernen des Aortic-Root-Vents.
- Stichinzision in die Aorta (Anzahl gleicht der anzuschließenden Gefäße).
- Vergrößern der Inzision mit der Aortenstanze.
- Die bereits anstomosierten Grafts werden über die noch befestigte Knopfkanüle noch einmal mit Prüflösung durchspült und die distalen Anastomosen dabei wieder auf Dichtigkeit geprüft.
- Danach wird der Graft auf die benötigte Länge zugeschnitten und damit die Knopfkanüle abgesetzt.
- Es folgt die Anastomose an der Aorta in fortlaufender Nahttechnik. Dieses Vorgehen wiederholt sich entsprechend der Anzahl der Grafts. Vor dem Knoten der letzten Naht wird der Ausklemmer gelöst, um die Aorta zu entlüften.
- Sind die Anastomosen suffizient, wird das Pacer-Kabel gelegt (blau für Ventrikel, weiß für Atrium).
- Die Lunge wird wieder beatmet.
- Abgehen von der HLM, Fluss wird reduziert, das Herz übernimmt somit wieder langsam den Lungen- und Körperkreislauf.
- Die vorgelegte Tabaksbeutelnaht wird geknotet und mit einer Übernähung ergänzt.
- ½ Protamin wird gegeben (Antagonist von Heparin).
- Abklemmen der aortalen Kanüle, Ligatur und beide Snugger werden entfernt, Kanüle gezogen und beide Tabaksbeutelnähte geknotet.
- Gabe des restlichen Protamins (blauer Sauger der HLM darf nun nicht mehr benutzt werden).
- Blutstillung, Kompressen werden in den Situs eingebracht und Blutungsquellen am Perikard und/oder Sternum koaguliert.
- Einbringen der beiden Mediadrainagen.
- Entfernen des Sperrers und Blutstillung des Mammariabetts.
- Herausnehmen der Kompressen, bei Bluttrockenheit wird ein Bauchtuch eingelegt und die Sternumdrähte werden eingebracht.

- Vorläufige Zählkontrolle.
- Letzte Kontrolle auf Blutungen.
- Abschließende Zählkontrolle.
- Zuziehen der beiden Sternumhälfen, verdrahten des Sternums.
- Faszien- und Subcutannaht.
- Hautnaht.
- Anbringen des sterilen Wundverbands und anschließen der Drainage.

## Nachbereitung

Die Instrumentiertische und der Beistelltisch werden beiseitegeschoben. Die OP-Abdeckung wird vom Patienten entfernt, die Armanlagerung aufgehoben, der Patient mit einer Moltondecke zugedeckt und zur Schleuse gefahren, um ihn ins Bett umzulagern. Es erfolgt die postoperative Zählkontrolle und die abschließende Dokumentation im System.

## Autorinnen/Autoren



**Sabine Zander**

Pflegeleitung OP-Management Deutsches Herzzentrum Berlin  
E-Mail: szander@dhzb.de

**Eric Opitz**

Praxisanleiter Deutsches Herzzentrum Berlin

## Literatur

- [1] Rieß FC, von Essen B, Liehn M. (2007) Kardiochirurgie. In: Liehn M, Middelani-Neumann I, Steinmüller L, Döhler J, Hrsg. OP-Handbuch. Berlin, Heidelberg: Springer; 2007
- [2] Wikipedia. Koronararterien-Bypass. Im Internet: <https://de.wikipedia.org/wiki?curid=812774>; Stand: 16.06.2020
- [3] Willeke L, Greiner A. Fenestrierte endovaskuläre Aortenreparatur. Im OP 2019; 09 (02): 55–61

## Bibliografie

DOI <https://doi.org/10.1055/a-1182-9017>  
Im OP 2020; 10: 188–193  
© Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York  
ISSN 1611-7905