Journal für
Kardiologie
Austrian Journal of Cardiology
Österreichische Zeitschrift für Herz-Kreislauferkrankungen

Stellenwert der Herz-Lungen-Maschine in der modernen Bypasschirurgie

Grimm M, Czerny M, Haider D
Kilo J, Wolner E, Zimpfer D

Journal für Kardiologie - Austrian Journal of Cardiology 2002; 9 (1-2), 25-29

Homepage:
www.kup.at/kardiologie
Online-Datenbank
mit Autoren-
und Stichwortsuche

ÖKG Österreichische Kardiologische Gesellschaft
Offizielles Partnerjournal der ÖKG

EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY®
Member of the ESC-Editor's Club

Offizielles Organ des Österreichischen Herzfonds

ACVC Association for Acute CardioVascular Care
In Kooperation mit der ACVC

Indexed in ESCI part of Web of Science
Indexed in EMBASE

Krause & Pachernegg GmbH • Verlag für Medizin und Wirtschaft • A-3003 Gablitz
P.b.b. 02Z031105M, Verlagsort: 3003 Gablitz, Linzerstraße 177A/21 Preis: EUR 10,–

Grazer Gefäß- & Gerinnungstage 2025
Donnerstag, 26. Juni 2025
14:30 – 15:00

Vertiefendes Fachwissen

www.amrn.link/aerzte

AMARIN
SYMPOSIUM

Ein neuer Angriffspunkt im leitliniengerechten Risikofaktorenmanagement von pAVK- Patient:innen

Dr. Reinhard B. Raggam, Graz

AMARIN

© 2025 Amarin Pharmaceuticals Ireland Limited. Alle Rechte vorbehalten.
AMARIN Name und Logo sind Marken von Amarin Pharmaceuticals Ireland Limited.

AT-VAZ-00220, 05/2025

Stellenwert der Herz-Lungen-Maschine in der modernen Bypasschirurgie

M. Grimm, D. Zimpfer, M. Czerny, J. Kilo, D. Haider, E. Wolner

Die aortokoronare Bypassoperation (ACBP) mit Herz-Lungen-Maschine (HLM) hat sich zu einem sehr sicheren Verfahren entwickelt und ist heute für den Großteil der Patienten die Methode der Wahl. Der große Benefit der aortokoronaren Bypassoperation mit HLM liegt im Grad der kompletten Revaskularisierung und den damit verbundenen exzellenten Langzeitergebnissen. Die Alternative zur aortokoronaren Bypassoperation mit HLM ist die Operation ohne HLM am schlagenden Herzen (OPCAB). Dieses Verfahren hat sich vor allem bei Hochrisikopatienten und Patienten mit Eingefäßerkrankung der LAD bewährt. Nachteile dieser Methode sind ein bewegliches Operationsgebiet, Expositionsprobleme bestimmter Myokardabschnitte und daher geringerer Grad an kompletter Revaskularisierung. Diese Methode wird in Zukunft vor allem für jene Patienten eine Alternative darstellen, bei denen das Risiko der konventionellen Bypassoperation mit HLM den potentiellen Nutzen der Operation überwiegt.

Coronary artery bypass grafting (CABG) with cardiopulmonary bypass (CPB) has become an excellent procedure for the majority of patients undergoing coronary revascularization. The major advantage of this method is the degree of complete revascularization of all diseased vessels even in patients with a complex pathology of the coronary vessels. As an alternative to the standard technique with CPB, coronary artery bypass grafting can be performed without cardiopulmonary bypass (OPCAB). This technique has turned out to be beneficial in high risk patients and patients with single vessel diseases of the LAD. The major disadvantage of this method is the lower degree of complete revascularization. Coronary artery bypass grafting without CPB should be considered as an alternative in patients at high risk for conventional CABG in which the benefit of complete revascularization is shortened by a high operative mortality. In these patients target vessel revascularization without cardiopulmonary bypass is a promising option, predominately due to lower operative mortality. ***J Kardiol 2002; 9: 25–29.***

Die Operation mit Herz-Lungen-Maschine (HLM) ist die Standardmethode der aortokoronaren Bypassoperation. Die mit dieser Operationstechnik gewonnenen Erfahrungen ermöglichen eine genaue präoperative Risikostratifizierung. Dies garantiert gute Langzeitergebnisse, die den Stellenwert der Bypassoperation im Spektrum der Koronarrevaskularisierung gegenüber anderen Verfahren klar definiert haben. Der große Benefit der Bypassoperation liegt im Grad der kompletten Revaskularisierung und der damit verbundenen exzellenten Langzeitergebnisse [1–5]. Immer noch limitierend ist die Tatsache, daß die Operation mit großer Invasivität und konsekutiven, potentiellen Komplikationen verbunden ist.

In den letzten Jahren war die Weiterentwicklung der aortokoronaren Bypassoperation (ACBP) vor allem durch die Tatsache geprägt, daß man große Anstrengungen unternommen hat, die unmittelbar mit der Operation verbundenen negativen Auswirkungen des großen Eingriffes zu minimieren. Zuerst galt es, Risikopatienten mit einer hohen Rate an Komplikationen durch die Bypassoperation *per se* zu definieren, und im zweiten Schritt wurden neue, patientenorientierte Konzepte entwickelt, um diese Komplikationen zu vermeiden.

ACBP mit HLM

Das primäre Ziel der Bypassoperation ist die komplette Revaskularisierung aller betroffenen Herzkranzgefäße in einem Eingriff. Der Erfolg der Operation hängt vor allem von der optimalen chirurgischen Anlage der Gefäßanastomosen in selektierten Gefäßbezirken ab. Nur dann sind die verwendeten Bypassmaterialien (V. saphena, Art. radialis, Art. gastroepiploica und vor allem Art. mammaria int.) in der Lage, sowohl funktionell als auch in bezug auf optimale Langzeitergebnisse ihre volle Wirkung zu entfalten. Dies ist im Normalfall am besten am ruhiggestellten (= kardioplegierten) Herzen möglich. Um dies zu erreichen, ist die Herz-Lungen-Maschine unabdingbar.

Der Einsatz der Art. mammaria zur LAD hat die Inzidenz des Graftverschlusses signifikant reduziert, das Langzeitüberleben verbessert und das Auftreten von adversen kardiovaskulären Ereignissen vermindert. Ebenso gewinnt die komplettere arterielle Revaskularisierung (bilaterale Art. mammaria, Art. radialis bzw. sequentielle Mammaria-Anastomose) zunehmend an Bedeutung. Gerade bei diesen sehr aufwendigen Operationstechniken ist die optimale Einstellung des Operationsfeldes unabdingbar.

Komplikationen durch Standard-ACBP

Trotz permanenter Verbesserungen besteht bei dieser Operationstechnik eine Mortalität bis zu 4 %, eine Inzidenz perioperativer Myokardinfarkte von 3 % und eine bemerkenswerte Rate an neurologischen Nebenwirkungen (vom Schlaganfall bis zu neurokognitiven Störungen). Die Infektrate liegt bei dieser Operationstechnik bei 1 bis 2 %. Neben diesen potentiellen Komplikationen bleibt noch eine prolongierte Rehabilitationsphase bis zu 6 Wochen. Die Hauptursachen der operationsbedingten Komplikationen werden auf den Einsatz der Herz-Lungen-Maschine zurückgeführt.

Die häufigsten Komplikationen sind:

1. Manipulation an der Aorta ascendens (Kanülierung der HLM, quere Aortenklemmung für Kardioplegiegabe und tangentiales Ausklemmen für zentrale Anastomosen) kann zu Embolisation atherosklerotischer Plaques führen.
2. Globaler Herzstillstand
3. Hypothermie einhergehend mit zentralnervösen und vasomotorischen Reaktionen bei Wiedererwärmung und erhöhter Infektanfälligkeit
4. Inflammatorische, systemische Reaktionen auf Kontakt des Blutes mit Fremdoberflächen
5. Eröffnung des Brustbeines mit großen Hautschnitten und potentiellen Wundinfekten

Aus der Klinischen Abteilung für Herz-Thorax-Chirurgie, AKH Wien.
Korrespondenzadresse: Univ.-Prof. Dr. med. Michael Grimm, Klin. Abteilung für Herz-Thorax-Chirurgie, Währinger Gürtel 18–20, A-1090 Wien; E-Mail: michael.grimm@akh-wien.ac.at.

For personal use only. Not to be reproduced without permission of Krause & Pachernegg GmbH.

Neue Ansätze zur Verbesserung

Zur Reduktion der Embolisation von atherosklerotischem Material in die Blutbahn während der Aortenmanipulation wurden nicht nur neuere Designs für die Kanülen der HLM entwickelt, es werden auch zunehmend Filter unmittelbar distal der Aortenkanüle in den Blutstrom der Aorta ascendens eingebracht, welche alle potentiellen Emboliepartikel auffangen. Auch kann während der Operation die sogenannte „single clamp technique" angewandt werden, wobei während einer einzigen Klemmung der Aorta nicht nur die distalen Anastomosen an den Koronarien, sondern auch die zentralen Anastomosen an der Aorta angelegt werden. Dies minimiert das Risiko einer zentralen, manipulationsbedingten Embolie.

Entscheidende Vorteile brachte die Weiterentwicklung der Blutkardioplegie, welche nicht nur antegrad über die Koronarostien, sondern auch retrograd über den Sinus coronarius eingebracht wird. Dies ermöglicht eine bessere Verteilung der Kardioplegielösung im Herzen, damit eine bessere Myokardprotektion während der Operation, und schlußendlich nimmt es dem Chirurgen jeglichen Zeitdruck während der Anastomosen. Dies ergibt wiederum die Möglichkeit eines optimalen Revaskularisierungsversuches selbst bei komplexen Pathologien.

Die Weiterentwicklung der Herz-Lungen-Maschine war in den letzten Jahren vor allem durch den Einsatz neuer Biomaterialen geprägt, was zusammen mit verbesserten Antikoagulationsprotokollen zu einer signifikanten Verringerung perioperativer Komplikationen geführt hat. Entscheidend ist auch das Temperaturmanagement an der HLM. War vor kurzer Zeit noch die moderate Hypothermie (28 °C) das angestrebte Ziel, so ist es heute die milde Hypothermie (32 °C) bzw. die Normothermie (36–34 °C). Grundlegender Unterschied zwischen den beiden Verfahren ist vor allem der veränderte Sauerstoffbedarf in Hypothermie. Der Sauerstoffbedarf bei Bypassoperationen in Normothermie (36 °C) ist vergleichbar mit dem eines anästhesierten Erwachsenen und wird durch einen Flow von 2,4 l × min^{-1} gedeckt. Hypothermie (< 32 °C) führt zu einer Reduktion des Sauerstoffbedarfes auf 50–60 %. Die Anpassung an diesen verminderten Sauerstoffbedarf wird durch eine Reduktion des Flow auf 1,4 l × min^{-1} erreicht. Stärkstes Argument für Operationen in Hypothermie war lange Zeit, daß der für Normothermie errechnete Sauerstoffbedarf zwar für den Großteil aller Gewebe ausreichend ist, für besonders sensible Gewebe wie das Gehirn und die Nieren allerdings nicht. Neue Studien haben gezeigt, daß diese Gewebe den erhöhten Sauerstoffbedarf – bei intakter Autoregulation – durch stärkere Sauerstoffextraktion aus dem Blut decken können und daß Normothermie sogar einen positiven Einfluß auf die kognitive Hirnfunktion hat [6, 7].

Der Einfluß des Temperaturmanagements auf postoperative systemische inflammatorische Aktivierung (SIRS) ist umstritten. *In-vitro*-Studien deuten auf eine geringere Komplementaktivierung und Zytokinproduktion in Hypothermie hin [8]. Klinische Studien zu diesen Fragestellungen widersprechen sich und sind zu klein, um Erkenntnisse zu gewinnen.

Normothermie hat sich in der postoperativen Phase als vorteilhaft erwiesen. Grund hierfür ist vor allem, daß es bei Operationen in Hypothermie, selbst nach gewissenhafter Aufwärmung des Patienten (nasopharyngeale Temperatur 37–38 °C), zu einer Redistribution des Blutes und konsekutiv in der postoperativen Periode zu einer erneuten Abkühlung kommt. Dies führt zu einer erhöhten Katecholaminausschüttung und während der Aufwärmphase bis zu 6 Stunden nach der Operation zu vermehrtem Sauerstoffbedarf und vermehrter Belastung des Myokards. Dies ist verbunden mit einer höheren Inzidenz von myokardialer Ischämie und Myokardinfarkten.

Trotz der genannten Vorteile ist die Operation in Normothermie nicht für alle Patienten ideal. Operation in milder bis moderater Hypothermie ist vorteilhaft bei Patienten mit zerebrovaskulären Erkrankungen, die eine gestörte bis nicht vorhandene Autoregulation bedingen (Diabetes mellitus, zerebrovaskulär betonte Skleroseformen). Bei diesen Patienten ist die zerebrale Perfusion in Normothermie nicht ausreichend protektiv. Daher sollten diese Patienten in milder bis moderater Hypothermie operiert werden.

OPCAB

Viele der adversen Nebenwirkungen der ACBP werden auf die extrakorporale Zirkulation zurückgeführt. Um dies zu vermeiden bzw. zu verringern, wurde die – ganz am Beginn der Bypasschirurgie verwendete – Operationstechnik am schlagenden Herzen wieder neu evaluiert und mittels verbesserter Instrumentarien bzw. Stabilisationshilfen neu definiert. Dies wurde als „off-pump" bzw. OPCAB-Operation benannt.

Als technische Probleme stellen sich primär dar:

1. die Bewegung der Zielgebiete der Koronargefäße durch das schlagende Herz;
2. die Notwendigkeit, den koronaren Blutfluß für die Dauer der Anastomose zur Verbesserung der Sicht zu unterbinden;
3. und vor allem die technische Limitation, an der Hinterwand des Herzens – ohne signifikante Beeinträchtigung der intraoperativen, rechts- wie linksventrikulären Hämodynamik – Anastomosen anzulegen.

OPCAB ist eine sehr gute Alternative bei Patienten mit Eingefäßerkrankungen der LAD und der RCA, bei denen die Operationsindikation meist nach unbefriedigend verlaufenen Interventionsversuchen gestellt wird. Weiters stellt sich die Indikation zu OPCAB bei einem immer größer werdenden Kollektiv an alten Patienten mit multiplen Komorbiditäten [9, 10]. Im Vergleich zu jüngeren Patienten haben diese Patienten eine höhere Inzidenz an Infektionen und eine höhere postoperative Mortalität [11, 12]. Es stellt sich die Frage, ob diese Patienten nicht durch eine inkomplette Zielgefäßrevaskularisierung ohne HLM und mit niedriger postoperativer Mortalität besser behandelt sind als durch eine komplette Revaskularisierung mit HLM [13]. Dies wird auch durch Daten unterstützt, die darauf hindeuten, daß gerade diese Patientengruppe eine inkomplette Revaskularisierung sehr gut toleriert [13].

Eine weitere Indikation für OPCAB stellt sich bei dem immer größer werdenden Kollektiv von Patienten, die sich einer Reoperation unterziehen. Bei diesen Patienten handelt es sich meist um multimorbide Patienten mit sehr geringer physiologischer Reserve. Reoperationen mit HLM sind mit einer deutlich höheren operativen Mortalität (3,4 % bis 12,5 %) verbunden als Erstoperationen. Neue Operationstechniken wie No-touch-Technik, antegrade und retrograde Blutkardioplegie, routinemäßige Kanülierung der Arteria und Vena femoralis und rein arterielle Revaskularisierung konnten dieses hohe Risiko senken [14]. Der Vorteil von

OPCAB bei Patienten mit Reoperationen ergibt sich aus der Möglichkeit alternativer operativer Zugänge (links-anteriore Thorakotomie: anterior MIDCAB; links-posteriore Thorakotomie: posterior MIDCAB), wodurch einerseits die infolge von Vernarbungsprozessen oft schwierige mediane Thorakotomie umgangen werden kann und andererseits auch die Querklemmung der bei diesen Patienten oft stark atherosklerotisch veränderten Aorta ascendens vermieden werden kann, was das Risiko einer Embolisation verringert. Positiv wirkt sich bei diesen Patienten auch die geringere Myokard- und Nierenschädigung aus [15–19] (Abb. 1 und 2).

Zu den wichtigsten Komplikationen nach Bypassoperationen mit HLM zählt noch immer der postoperative Schlaganfall, der bei ungefähr 3 % aller Patienten auftritt [20]. Risikofaktoren hierfür sind höheres Alter, Diabetes mellitus und schon vorangegangene Schlaganfälle [20]. Bei 30–70 % aller Patienten kommt es nach ACBP mit HLM zu einer Verschlechterung der kognitiven Hirnfunktion, die bis 5 Jahre nach der Operation nachgewiesen wurde [21–23]. Die hohe Schwankungsbreite in der Literatur ist auf die schwierige Quantifizierung dieses Phänomens zurückzuführen. Als Ursachen für Einschränkungen der postoperativen kognitiven Hirnfunktion gelten inadäquate zerebrale Perfusion an der HLM, intraoperative Mikro- und Makroembolisation sowie postoperative systemische inflammatorische Aktivierung (SIRS). Neue Studien haben gezeigt, daß Bypassoperationen ohne HLM zu einer niedrigeren Anzahl an intraoperativen Mikroembolien und einem geringeren postoperativen Anstieg von S100b (Marker für Hirnschädigung) führen [24, 25]. Die niedrigere Anzahl an intraoperativen Mikroemboli ist die Folge von geringerer bis gar keiner Manipulation an der Aorta ascendes.

Der kardioplegieinduzierte Herzstillstand ist eine sichere und effektive Methode, um das Herz bei der Bypassoperation mit HLM zu schützen [26]. Ungleichmäßige Verteilung der Kardioplegielösung im Herzen sowie unerwartete Aorteninsuffizienzen, bei denen es zu einem Versacken der Kardioplegielösung im linken Ventrikel kommt, führen jedoch bei manchen Patienten zu einer schweren Myokardschädigung [27–29]. Die intermittierende multiregionale, warme Ischämie bei OPCAB-Operationen wird besser toleriert als die globale, kalte Ischämie bei ACBP mit HLM. Dies zeigt sich in einem geringeren postoperativen Anstieg von Troponin T und CK-MB sowie in einer geringeren Inzidenz von Myokardinfarkten nach OPCAB [15–17].

Systemische inflammatorische Aktivierung (SIRS), renale Hypoperfusion und Wegfall der pulsatilen Nierenperfusion an der HLM können zu einer postoperativen Niereninsuffizienz nach ACBP mit HLM führen [18, 19]. OPCAB führt zu einer signifikant besseren glomerulären Filtrationsrate (gemessen mittels Kreatinin-Clearance) [19].

Schlußfolgerungen

Der Stellenwert der aortokoronaren Bypassoperation mit Herz-Lungen-Maschine in der modernen Koronarchirurgie ist absolut unumstritten. Die hohe technische Reproduzierbarkeit der Arbeit am stillstehenden Herzen – vor allem heute, bei zunehmend komplexeren Koronarpathologien durch vorangegangene Interventionen – ist die unerläßliche Basis für perfekte Anastomosenqualität und damit weiterhin gute Langzeitergebnisse. Die Normothermie als Perfusionstemperatur hat sich vor allem bei Patienten mit niedrigem operativem Risiko bewährt. Bei Patienten mit erhöhtem zerebrovaskulärem Risiko, aber mit der Notwendigkeit einer komplexen Revaskularisierung (z. B. jüngere Diabetiker) ist eine niedrigere Perfusionstemperatur zur zerebralen Protektion empfehlenswert.

Durch die zunehmende Aggravierung unseres Krankengutes sehen wir uns auch mit vielen Risikopatienten konfrontiert, welche durch den Einsatz der HLM so großen Schaden nehmen, daß dieser potentiell den Benefit der Bypassoperation überwiegen kann bzw. in keiner vernünftigen Relation steht. Diese Patienten können durch Operationen am schlagenden Herzen in einer Form behandelt werden, die exzellente Ergebnisse bringt und das operative Risiko wieder auf ein vernünftiges Maß reduziert. Vor allem Patienten über 75 Jahre und Patienten mit eingeschränkter Nieren- und Lungenfunktion werden in Zukunft vermehrt durch diese neue Operationstechnik profitieren.

Bei einem ausgewählten Patientenkollektiv müssen allerdings die Vorteile einer Operation am schlagenden Herzen unter Vermeidung der Herz-Lungen-Maschine möglichen Nachteilen, wie einem beweglichen Operationsgebiet, Expositionsprobleme bestimmter Myokardabschnitte und inkompletter Revaskularisation, kritisch gegenübergestellt werden. Bei elektiven Patienten gibt es keinen Vorteil gegenüber der konventionellen Technik mit Herz-Lungen-Maschine. Diese Methode wird in Zukunft in erster Linie für jene Patienten eine Alternative darstellen, für die das Risiko der konventionellen Bypassoperation mit Herz-Lungen-Maschine den potentiellen Nutzen der Operation überwiegt.

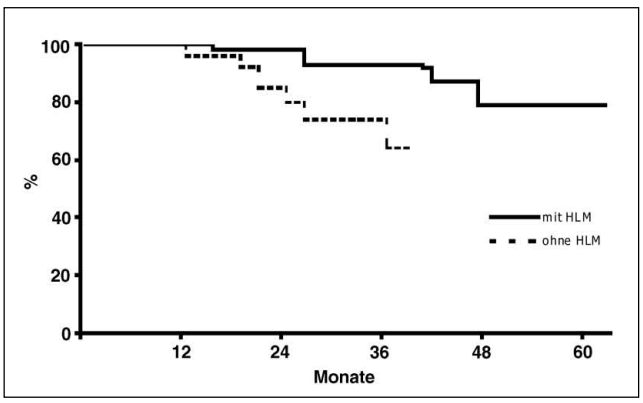

Abbildung 1: Kein neuerliches Auftreten von Angina pectoris nach Reoperation mit und ohne HLM

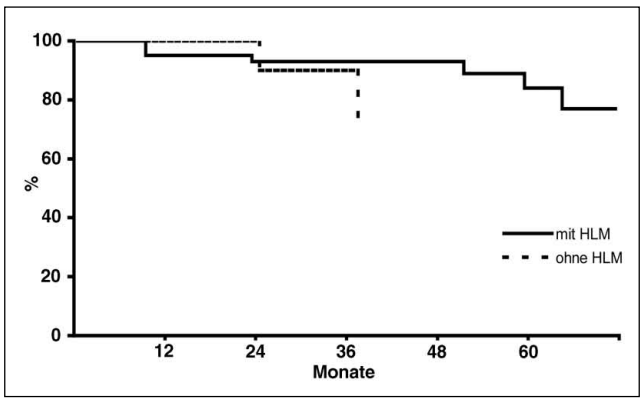

Abbildung 2: Überleben nach Reoperation mit und ohne HLM

Literatur:

1. Yusuf S, Zucker D, Peduzzi P, Fisher LD, Takaro T, Kennedy JW, Davis K, Killip T, Passamani E, Norris R. Effect of coronary artery bypass graft surgery on survival: overview of 10-year results from randomised trials by the Coronary Artery Bypass Graft Surgery Trialists Collaboration. Lancet 1994; 344: 563–70.
2. Takaro T, Hultfren HN, Lipton MJ, Detre KM. The VA cooperative randomizes study of surgery for coronary artery lesions. Circulation 1976; 54: 107–17.
3. Passamani E, Davis KB, Gillespie MJ, Killip T. A randomized trial of coronary artery bypass surgery. Survival of patients with a low ejection fraction. N Engl J Med 1985; 312: 1665–71.
4. Withlow PL, Dimas AP, Bashore TM, Califf RM, Bourassa MG, Chaitman BR, Rosen AD, Kip KE, Stadius ML, Alderman EL. Relationship of extent of revascularization with angina at one year in the Bypass Angioplasty Revascularization Investigation (BARI). J Am Coll Cardiol 1999; 34: 1750–809.
5. Mullany CJ, Mock MB, Brooks MM, Kelsey SF, Keller NM, Sutton-Tyrell K, Detre KM, Frye RL.. Effect of age in the Bypass Angioplasty Revascularization Investigation (BARI) randomized trial. Ann Thorac Surg 1999; 67: 396–403.
6. Cook DJ. Changing temperature management for cardiopulmonary bypass. Anesth Analg 1999; 88: 1254–71.
7. Grimm M, Czerny M, Baumer H, Kilo J, Madl C, Kramer L, Rajek A, Wolner E. Normothermic cardiopulmonary bypass is beneficial for cognitive brain function after coronary artery bypass grafting – a prospective randomized trial. Eur J Cardiothoracic Surg 2000; 18: 270–5.
8. Jaeffener-Cavaillon N, Roussellier N, Ponzio O, Carreno MP, Laude M, Carpentier A, Kazatchkine MD. Induction of interleukine 1 production in patients undergoing cardiopulmonary bypass. J Thorac and Cardiovasc Surg 1998; 98: 1100–6.
9. Estefanous FG, Loop FD, Higgins TL, Tekyi-Mensah S, Lytle BW, Cosgrove DM 3rd, Roberts-Brown M, Starr NJ. Increased risk and decreased morbidity of coronary artery bypass grafting between 1986 and 1994. Ann Thorac Surg 1998; 65: 383–9.
10. Wennberg DE, Makanka DJ, Sengupta A, Lucas FL, Vaitkus PT, Quinton H, O'Rourke D, Robb JF, Kellett MA Jr, Shubrooks SJ Jr, Bradley WA, Hearne MJ, Lee PV, O'Connor GT. Percutaneous transluminal coronary angioplasty in the elderly, epidemiology, clinical risk factors and in hospital outcomes. The Northern New England Cardiovascular Disease Study Group. Am Heart J 1999; 137: 639–45.
11. Hannan EL, Burke J. Effect of age on mortality in coronary artery bypass surgery in New York, 1991–1992. Am Heart J 1994; 128: 1184–91.
12. Craver JM, Puskas JD, Weintraub WW, Shen Y, Guyton RA, Gott JP, Jones EL. 601 octogenerians undergoing cardiac surgery: outcome and comparison with younger age groups. Ann Thorac Surg 1999; 67: 1104–10.
13. Kilo J, Baumer H, Czerny M, Hiesmayr M, Ploner M, Wolner E, Grimm M. Target vessel revascularisation in elderly high-risk patients. Ann Thorac Surg 2001; 71: 537–42.
14. Savage EB, Cohn LH. „No touch" dissection, antegrade-retrograde blood cardioplegia and single aortic cross clamp significantly reduce operative mortality of reoperative CABG. Circulation 1994; 90: 140–3.
15. Kohn TW, Carr-White GS, DeSouza AC, Ferdinand FD, Hooper J, Kemp M, Gibson DG, Pepper JR. Intraoperative cardiac Troponin T release and lactate metabolism during coronary artery surgery: comparison of beating heart with conventional coronary artery surgery with cardiopulmonary bypass. Heart 1999; 81: 495–500.
16. Krejca M, Skiba J, Szmagala P, Gburek T, Bochenek A. Cardiac troponin T release during coronary surgery using intermittent cross-clamp with fibrillation, on-pump and off-pump beating heart. Eur J Cardiothorac Surg 1998; 16: 337–41.
17. Bouchard D, Cartier R. Off-pump revascularization of multivessel coronary artery disease has decreased myocardial infarction rate. Eur J Cardiothorac Surg 1998; 14: 20–4.
18. Acione R, Lloyd CT, Underwood MJ, Lotto AA, Pitis AA, Angelini GD. Inflammatory response after coronary revascularization with or without cardiopulmonary bypass. Ann Thorac Surg 2000; 69: 1198–204.
19. Acione R, Lloyd CT, Underwood MJ, Gomes WJ, Angelini GD. On-pump vs. off-pump evaluation of renal function. Ann Torac Surg 1999; 68: 493–8.
20. Taggart DP, Westaby S. Neurological and cognitive disorders after coronary artery bypass grafting. Curr Opin Cardiol 2001; 16: 271–6.
21. Sotaniemi KA, Mononen H, Hokkanen TE. Long term cerebral outcome after cardic surgery. A five year neuropsychological follow-up study. Stroke 1986; 17: 410–6.
22. Sotaniemi KA. Long-term neurologic outcome after cardic operations. Ann Thorac Surg 1995; 59: 1336–9.
23. Newmann MF, Kircher LJ, Phillips-Buke B, Graver V, Jones RH, Mark DB, Blumenthal JA. Longitudinal assessment of neurocognitive function after coronary artery bypass grafting. N Engl J Med 2001; 6: 369–402.
24. Anderssen RE, Hansson LO, Vaage J. Release of S100b during coronary artery bypass grafting. Ann Thorac Surg 1999; 67: 1721–5.
25. Diegler A, Hirsch R, Schneider F, Schilling LO, Falk V, Rauch T, Mohr FW. Neuromonitoring and neurocognitive outcome in off-pump versus conventional coronary bypass operation. Ann Thorac Surg 2000; 69: 1162–6.
26. Bonatti J, Hangler H, Hormann C, Mair J, Falkensammer J, Mair P. Myocardial damage after minimally invasive coronary artery bypass grafting on the beating heart. Ann Thorac Surg 1998; 66: 1093–6.
27. Voci P, Bilotta F, Caretta Q, Chiarotti F, Mercanti C, Marino B. Mechanism of incomplete cardioplegia distribution during coronary artery surgery. Anaesthesiology 1993; 79: 904–12.
28. Keller M, Spotnitz WD, Matthew TL, Glasheen WP, Watson DD, Kaul S. Intraoperative assessment of regional myocardial perfusion using quantitative myocardial contrast echocardiography: An experimental evaluation. J Am Coll Cardiol 1990; 16: 1267–79.
29. Hirata N, Sakai K, Ohtani M, Sakaki S, Ohnishi K. Assessment of myocardial distribution of retrograde and antegrade cardioplegic solution in the same patients. Eur J Cardiothorac Surg 1997; 12: 242–7.
30. Gundry SR, Romano MA, Shattuck OH, Razzouk OH, Bailey LL. Seven-year follow-up of coronary artery bypasses performed with and without cardiopulmonary bypass. J Thorac Cardiovasc Surg 1998; 115: 1273–8.

Mitteilungen aus der Redaktion

Besuchen Sie unsere Rubrik

☑ Medizintechnik-Produkte

Neues CRT-D Implantat
Intica 7 HF-T QP von Biotronik

Artis pheno
Siemens Healthcare Diagnostics GmbH

Philips Azurion:
Innovative Bildgebungslösung

Aspirator 3
Labotect GmbH

InControl 1050
Labotect GmbH

e-Journal-Abo

Beziehen Sie die elektronischen Ausgaben dieser Zeitschrift hier.

Die Lieferung umfasst 4–5 Ausgaben pro Jahr zzgl. allfälliger Sonderhefte.

Unsere e-Journale stehen als PDF-Datei zur Verfügung und sind auf den meisten der marktüblichen e-Book-Readern, Tablets sowie auf iPad funktionsfähig.

☑ Bestellung e-Journal-Abo

Haftungsausschluss

Die in unseren Webseiten publizierten Informationen richten sich **ausschließlich an geprüfte und autorisierte medizinische Berufsgruppen** und entbinden nicht von der ärztlichen Sorgfaltspflicht sowie von einer ausführlichen Patientenaufklärung über therapeutische Optionen und deren Wirkungen bzw. Nebenwirkungen. Die entsprechenden Angaben werden von den Autoren mit der größten Sorgfalt recherchiert und zusammengestellt. Die angegebenen Dosierungen sind im Einzelfall anhand der Fachinformationen zu überprüfen. Weder die Autoren, noch die tragenden Gesellschaften noch der Verlag übernehmen irgendwelche Haftungsansprüche.

Bitte beachten Sie auch diese Seiten:

Impressum **Disclaimers & Copyright** **Datenschutzerklärung**