

Journal für Kardiologie

Austrian Journal of Cardiology

Österreichische Zeitschrift für Herz-Kreislaferkrankungen

**Der Hybrid-OP-Saal als
multifunktionaler Therapieraum der
Zukunft - Interdisziplinarität
bildgeführte Therapie, Integration
medizinischer Technologie wie CT
Angiographie, Navigation und
Robotic**

Tscheliessnig KH

Journal für Kardiologie - Austrian

Journal of Cardiology 2010; 17

(7-8), 285-292

Homepage:

www.kup.at/kardiologie

Online-Datenbank
mit Autoren-
und Stichwortsuche



Member of the



ESC-Editor's Club

Offizielles Organ des
Österreichischen Herzfonds



Indexed in EMBASE/Excerpta Medica/SCOPUS

Krause & Pachernegg GmbH • Verlag für Medizin und Wirtschaft • A-3003 Gablitz

P.b.b. 02Z031105M,

Verlagsort: 3003 Gablitz, Linzerstraße 177A/21

Preis: EUR 10,-

Mitteilungen aus der Redaktion

Besuchen Sie unsere Rubrik

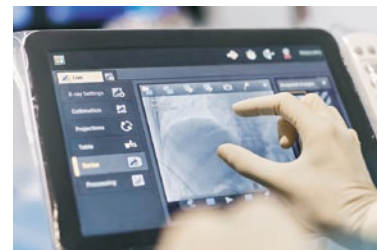
[Medizintechnik-Produkte](#)



Neues CRTD 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](#)

Der Hybrid-OP-Saal als multifunktionaler Therapieraum der Zukunft – Interdisziplinarität, bildgeführte Therapie, Integration medizinischer Technologie wie CT, Angiographie, Navigation und Robotic

K.-H. Tscheliessnigg

Kurzfassung: Mit wenigen Ausnahmen werden Katheter-Interventionsräume der Gegenwart entweder als Angiographieräume (die manchmal auch als Katheterräume von den Kardiologen benutzt werden) oder als sterile Operationsräume gesehen. Die darin arbeitenden Interventionisten sind entweder auf perkutane Prozeduren oder auf eine 2-stufig bildgeführte Chirurgie ohne intraoperative Angiographiedarstellung und Kontrolle beschränkt. Da die interventionelle Therapie der Zukunft eine minimal-invasive sein wird und da minimal-invasive Therapie unmittelbar mit bildgeführter Therapie zusammenhängt, ist ein neuer Raum für diese Aktivitäten zwingend: Der multifunktionale Therapieraum der Zukunft integriert exzellentes hochauflösendes Bildgebungsmaterial, Bildführung zusammen fortgeschrittener zum Teil minimal-invasiver chirurgisch zum Teil Robotic-Chirurgie in

einer sterilen Umgebung. Trotz der hohen Integration mehrerer Fächer, oder vielleicht auch gerade deshalb, wird es sich um eine komplexe und kostenintensive medizinische Technologie handeln. Die dadurch geforderte interdisziplinäre technisch-medizinische Kollaboration wird einerseits maximale Effizienz und medizinischen Benefit bringen, andererseits auch Kosten reduzieren. Die Kombination von Notfallereignissen und elektiven Computer-assistierten Therapien zeigt dabei den Weg in die Zukunft.

Abstract: Hybrid Operating Theater – A Future Multifunctional Therapyroom. Interventional rooms of the present are with few exceptions either imaging-interventional suites or sterile operating rooms. Procedures are restricted to either percutaneous procedures or to two-staged image-guided surgery without intra-

operative imaging control. Since Surgery of the future will be minimally invasive and since minimally invasive therapy is essentially image-guided therapy, a new physical place for these activities has to be devised: the multifunctional therapy room of the future integrates sophisticated imaging and image guidance modalities together with advanced surgical and life-support equipment in a sterile environment. Even given a high degree of integration, this will be a complex and costly piece of medical technology. Yet another dimension of multifunctionality and cooperation will be introduced and a significant impact on the care of vitally threatened patients will be exerted by using this room not only for elective image-guided therapy but also for emergent one-stop diagnosis and treatment. The way in the future for cardiology and heart surgery. **J Kardiol 2010; 17: 285–92.**

■ Einleitung

Sowohl die Kardiochirurgie als auch die Kardiologie stehen derzeit in einem starken Wandel. Auf der einen Seite wird die Chirurgie und so auch die Herzchirurgie immer mehr minimal-invasiv, um das Eröffnungstrauma zu vermeiden und dadurch schnellere Heilungsverläufe verbunden mit schnellerer Rehabilitation zu erreichen, zum anderen wird die Kardiologie durch ihre Interventionen immer invasiver. Der international unaufhaltsame Trend der interdisziplinär durchgeführten Therapien von komplexen Herz-Kreislauf-Erkrankungen ist eine Herausforderung an die moderne Medizin. Herzchirurgien und interventionelle Kardiologen sehen für eine optimale Behandlung ihrer Patienten einen maßgeblichen Vorteil in einer gemeinsamen, kombinierten Anwendung ihres Fachwissens und ihrer Fähigkeiten. Dies ist ein klares Signal für eine fortschrittliche, interdisziplinäre Therapie komplexer Erkrankungen und gilt sowohl für die Behandlung von speziellen Fragestellungen bei Kindern als auch für eine große Zahl an Therapiekonzepten beim Erwachsenen.

Dies hat zur Folge, dass sich diese beiden Berufsbilder zunehmend annähern. Minimal-invasive und endovaskuläre Tech-

niken in der Herzchirurgie nehmen daher rasch an Bedeutung zu, vor allem bei schwerstkranken und älteren Patienten. Moderne minimal-invasive Chirurgie kombiniert mit endoluminalen Kathedertechniken eröffnen ein weites Feld an neuen Therapiekonzepten, sogenannte Hybrid-Eingriffe, die in speziell gestalteter Umgebung vor allem Hochrisikopatienten angeboten werden können. Durch den Einsatz einer stationären Angiographie-Anlage ist es möglich, diese neuen, für die Patienten schonenden und sicheren Verfahren im Herz-OP-Ambiente anzubieten. Für die Patienten bedeutet dies meist einen verkürzten Krankenhausaufenthalt, da eine frühere Mobilisation und damit raschere Rehabilitation aufgrund geringerer Schmerzen möglich ist. Darüber hinaus sind damit Herzfehler bzw. Aortenerkrankungen „angebar“, die früher noch als inoperabel angesehen werden mussten. Für den Erfolg interdisziplinärer Teams ist es allerdings notwendig, deren gewohnten Arbeitsbereiche zu verschmelzen. Hybrid-Operationssäle, nach den neuen Erkenntnissen und Bedürfnissen der involvierten Spezialisten konstruiert, sind die neuen Bereiche für interdisziplinäres „High-level“-Arbeiten. Hierbei versteht man das Einbringen von hochqualitativen bildgebenden Systemen in herkömmliche OPs. Imaging im Operationssaal eröffnet die Möglichkeit von kombiniert chirurgisch/interventionellen Eingriffen an schwerkranken und/oder an alten Patienten in einer Sitzung. Herkömmliche interventionell kardiologische Untersuchungsräume sind wegen der eingeschränkten Möglichkeiten für Anästhesie, der fehlenden technischen und personellen Infrastrukturen sowie aus Gründen der Hygiene nur eingeschränkt für offene Chirurgie oder kombinierte Eingriffe geeignet, darüber hinaus verfügen herkömmliche Operationssäle nicht über ausreichend starke

Eingelangt am 14. Mai 2010; angenommen am 18. Mai 2010.

Aus der Universitätsklinik für Chirurgie, Medizinische Universität Graz

Korrespondenzadresse: Univ.-Prof. Dr. med. Karlheinz Tscheliessnigg, Klinische Abteilung für Herzchirurgie, Klinische Abteilung für Transplantationschirurgie, Universitätsklinik für Chirurgie, Medizinische Universität Graz, Auenbruggerplatz 29, A-8036 Graz; E-Mail: karlheinz.tscheliessnigg@medunigraz.at

Bildgebung, wie eine fix montierte Angiographie-Anlage. Durch die Integration von Operationssaal, modernen Verfahren der Bildgebung, Navigation und Robotic können diese Limitationen zugunsten präziser, minimal-invasiver und patientenschonender Eingriffe überwunden werden.

■ Einsatzgebiete

Die am häufigsten durchgeführten Hybrid-Eingriffe sind zur Zeit die minimal-invasiv eingebrachten, stentähnlichen Aortenklappen, Stent-Graft-Implantationen in die thorakale Aorta mit und ohne chirurgische Aortenbogen-Rekonstruktion oder Gefäßtransposition und die Hybrid-Koronararterien-Revaskularisation, bei der minimal-invasive Bypass-Chirurgie mit einer endoluminalen intraoperativ gesetzten Koronarstentimplantation kombiniert wird.

Außerdem stehen von Kinderherzchirurgen gemeinsam mit Kinderkardiologen entwickelte schonendere Strategien zur Behandlung von angeborenen Herzfehlern, wie etwa minimal-invasiv eingebrachte Pulmonalarterienklappen, zur Verfügung. Auch hier ist die Kombination aus Operationssaal und Angiographie ein gewaltiger Qualitäts- und Sicherheitssprung zum Wohle der Patienten [1–4].

Die seit Jahren wachsende Zahl von Erwachsenen mit angeborenen Herzfehlern (die bereits 2–3 Korrekturingriffe hinter sich haben) machen die Notwendigkeit, zunehmend über minimal-invasive Prozeduren Lösungen für diese Gruppe zu erarbeiten, sichtbar. Auch hier scheint über einen dementsprechenden Herz-Hybrid-OP der richtige Weg besritten werden zu können.

Als Möglichkeiten in diesem Bereich seien angeführt:

- Korrekturen und Herzinsuffizienztherapie bei operierten und teiloperierten komplexen Vitien
- Behandlung von postoperativen Herzrhythmusstörungen einschließlich Schrittmachernachsorge
- Betreuung von Schwangeren mit operierten angeborenen Herzfehlern
- Betreuung von Patienten mit chronisch-zyanotischen Herzfehlern
- Re-Operationen im Rahmen von Homograftwechsel und Kunstklappenimplantationen
- Durchführung von interventionellen Herzkathetereingriffen, wie Ballondilatationen einschließlich Stentimplantationen, bei nativen und postoperativen Aortenisthmusstenosen und peripheren Pulmonalstenosen
- Schirmverschlüsse von PFO bzw. ASD II bei neurologisch auffälligen Patienten nach Schlaganfall wegen paradoxer Embolie

Darüber hinaus eignen sich Hybridräume natürlich ausgezeichnet für die Implantation von Spezialschrittmachern und Defibrillatoren (ICDs, CRT-ICD) (Tab. 1).

Seit dem ersten Bericht einer erfolgreich perkutanen implantierten Aortenklappe durch Cribier und Mitarbeiter im Jahre 2002 [5] sind mittlerweile alle 4 Herzklappen erfolgreich durch Kathetertechniken von Chirurgen und Kardiologen behandelt worden.

Table 1: Prozeduren, die idealerweise in einem Hybrid-OP-Saal durchgeführt werden sollten

- Koronare Herzkrankheit
 - Hybrid-Koronar-Interventionen
 - „High risk Catheter-based Coronar Intervention“ (linker Hauptstamm, andere komplexe High-risk-Morphologie)
 - Am-Tisch-Angiographie als Qualitätskontrolle nach Bypassoperationen
- Klappenerkrankungen
 - Endovaskulär, katheterbasierte Interventionen für Herzklappen
 - Aortenklappen
 - Mitralklappen
- Angeborene Herzfehler
 - Pulmonalklappenerkrankungen nach Homograft-Einsatz
 - Integrierte chirurgische und katheterbasierte Eingriffe für Atrium-Septum-Defekte II
 - Ventrikular-Septumdefekte, Koarktation der Aorta
- Aorta thoracica
 - Stents oder Stentgraft
 - Ersatz der thorakalen Aorta (auch in Kombinationseingriffen mit Bogenersatz)
- Herzinsuffizienz/kardiale Rhythmusstörungen
 - Spezialherzschrittmacher (CRT/ICD)
 - Biventrikuläres Pacing
 - ICDs
 - Hybridprozeduren zur Behandlung des Vorhofflimmerns
 - Endomyokardbiopsie
- Sonstiges
 - Fulminante pulmonale Embolie

Wir befinden uns derzeit in den ersten klinischen Erfahrungen im Rahmen der Aortenstenosen bzw. in der Behandlung großer aortaler Dissektionen.

Auch die Möglichkeit einer angiographischen Kontrolle eines aorto-koronaren Bypasses bei Problemen und Unklarheiten, ob das Graft verschlossen ist, ob Stenosen vorherrschen etc., ist damit gegeben. Daher dienen diese Operationssäle auch der Qualitätskontrolle. So konnte 2009 im *Journal of the American College of Cardiology* festgehalten werden, dass durch routinemäßige Nachkontrollen der koronaren Bypassoperationen mittels Angiographie bei mehr als jedem 10. Bypass Verbesserungsmöglichkeiten sichtbar werden. Dies zeigte die Erfahrung von 166 konsekutiven Bypassoperationen im Hybridraum am „Vanderbilt Heart and Vascular Institute“ in Nashville, Tennessee, USA [6].

Von 366 konsekutiven Bypassoperationen waren 112 Eingriffe echte Hybridprozeduren, bei denen sowohl die Bypasschirurgie als auch die PTCA zum Einsatz kamen. Damit wurde bei 12 % der Operierten noch vor Verschluss der Brust durch Nachjustierung der Bypassgefäße, chirurgische Revision oder eine zusätzliche intraoperative PTCA ein perfektes Ergebnis erzielt.

Die Kombination aus Operation und Katheteruntersuchung in einem Eingriff, wie sie nur in einem Hybridraum möglich ist, verbessert also nachhaltig die Therapieoptionen und es wird davon ausgegangen, dass besonders Patienten mit komplexen KHK-Erkrankungen von der zusätzlichen Möglichkeit der Hybridräume profitieren werden.

Aus der Cleveland-Klinik wird die Kombination der endoskopischen Mammaria-interna-Revaskularisation in Kombination mit der im selben Setting durchgeführten Koronarangioplastie und Stentsetzung berichtet [7].

Auch hier zeigt sich die exzellente Möglichkeit, diese wirklich vollständige Revaskularisation im Rahmen eines Hybrid-OPs durchzuführen [8, 9].

■ Planung eines Hybrid-OPs

Ein Hybrid-Operationssaal ist geprägt durch das Aufeinandertreffen unterschiedlichster Berufsgruppen, wie Herzchirurgen, Kardiologen, Gefäßchirurgen, Radiologen, Anästhesisten, Kardiotechnikern, OP-Schwestern und Radiologietechnologen, und begleitet von schwierigen Kooperationsbeziehungen aufgrund unterschiedlichster Organisationslogiken und Berufskulturen [10–12].

Gezielte Steuerung ist ein notwendiges Element des OP-Betriebes und beginnt mit der baulichen Planung. Für die Raumkonzeption und das nachträgliche Funktionieren der gesamten Einheit ist eine vorangehende, umfassende Raumplanung, Deckenplanung und Workflow-Beschreibung hinsichtlich Personalbedarf und -bindung für die Hauptanwendungen unbedingt zu empfehlen [10].

Eine effiziente Kombination aller Anforderungen aus Chirurgie, Anästhesiologie, Kardiologie und Kardiotechnik für ungehinderte Arbeitsbedingungen im jeweiligen Anwendungsgebiet ist vorausgesetzt.

Dafür ist eine digitale, entweder am Boden oder an der Decke fix montierte Flachdetektor-Angiographieanlage für leistungsstarke Aufnahmen (mindestens 80 kV, 30 Frames/S) und Durchleuchtung die Modalität der Wahl.

Daneben sind auch biplane Anlagen hauptsächlich im Bereich der kinder-kardiologisch-chirurgischen Zentren anzudenken.

Einfache, bodenmontierte Systeme sind in der Regel weniger flexibel, deckenmontierte Systeme stellen oft eine große Herausforderung an die Deckenplanung und Hygiene hinsichtlich der Berücksichtigung der Lüftungsdecken und des Laminar-Airflows dar.

Grundsätzlich ist festzuhalten, in eine derartige Suite so viel Technik wie nötig und so wenig wie möglich zu installieren. Dies gilt besonders für die biplanen Anlagen und die Beleuchtungskörper. Gerade die modern angebotenen Systeme haben durch ausgezeichnete Bildschirme und Memory-Funktion bis auf wenige Ausnahmen eine biplane Anlage überflüssig gemacht.

Herkömmliche mobile C-Bögen sind in der Regel nicht leistungsstark genug, um eine vollwertige Koronarangiographie derzeitigen Standards im OP durchführen zu können.

Ein Hybrid-OP muss, aufgrund der optimalen, zusätzlichen bildgebenden Ausstattung, der größeren Anzahl gleichzeitig

tätiger Personen größer bemessen werden als ein herkömmlicher OP. Je nach bevorzugter Ausführung der Angiographie-Anlage sollte eine Größe von mindestens 80 m² eingerechnet werden, wobei die Regel gilt: Je größer desto besser [13–17]!

Die Nachrüstung von Standard-OPs in Hybrid-OPs, die derzeit an verschiedenen Orten vorgenommen wird, zeigt die Schwierigkeiten, die dadurch entstehen. Dies ist einer der größten Nachteile der Herzchirurgie, die besonders an aufwendigen Technologien, wie einer besonderen Anästhesie und deren Ausrüstung, an der Herz-Lungen-Maschine, an transösophagealem Echokardiogramm, am Cellsaver, Konsolen für die atriale Ablation und Flowmessungseinheiten für die Koronarchirurgie hängen. Minimal-invasive Eingriffe in der Herzchirurgie benötigen die Thorakoskopie mit dementsprechenden Thorakoskopietürmen, eventuell Roboter, darüber hinaus muss in Herz-Operationssälen auch an den Einsatz von Ventricular Assist Devices, ECMOs und besonderer Aufwärmtechniken gedacht werden. In dieses Umfeld eine Angiographie-Anlage zu installieren, stellt an und für sich schon eine große Herausforderung dar.

Es muss auch überlegt werden, welche dieser Technologien möglicherweise simultan benutzt werden müssen [18].

Selbstverständlich sind außerhalb davon die klassischen Räumlichkeiten wie Einleit-, Wasch-, Ver- und Entsorgungsraum, sowie Schalt- und Technikraum einzuplanen. Auch ein eigener Kardiotechnikerraum in diesem Ambiente ist dringlich anzuraten. Für die Administration des Patienten, die Datenverarbeitung, die Bedienung des hämodynamischen Messplatzes und für die Beobachtung und Steuerung der bildgebenden Systeme über einen Schaltraum ist zu sorgen. Das Geschehen während des Eingriffs und die Positionierung des bildgebenden Systems sollen vom Kontrollraum aus gänzlich durch Sichtfenster bzw. Videoinstallation verfolgt werden können. Weiters muss eine Kommunikationsmöglichkeit zwischen Schaltraum und OP eingerichtet sein. Der Schaltraum selbst sollte nicht zu klein bemessen werden, um auch für Besucher und Auszubildende Platz zu haben.

Der Technikraum, der sinnvollerweise in unmittelbarer Nähe zum Schaltraum positioniert ist, muss je nach Typ des bildgebenden Systems die erforderliche Größe aufweisen.

Für einen möglichst reibungslosen Ablauf im Operationssaal sollte die DSA-Röntgenanlage wesentliche Funktionalitäten aufweisen. Eine automatische und schnelle isozentrische Positionierung des C-Bogens für reproduzierbare, programmierbare Standardaufnahmen im jeweiligen Zielgebiet und die Möglichkeit der sterilen und vollständigen Patientenabdeckung ohne Tischbewegung wird erwartet.

Schnelles Wechseln zwischen Imaging- und Eingriffsposition, ohne die Prozedur zu verzögern oder die Anästhesie zu behindern, ist maßgeblich für den effektiven Arbeitsablauf.

Die jeweiligen Parkpositionen des C-Bogens müssen maximalen Freiraum um den Operationstisch gewährleisten, um uneingeschränkten, beidseitigen und kopfseitigen Zugang zum Patienten zu bieten.

Mobiles oder fixiertes Angiographie-Gerät

Einfach integrierte kardiovaskuläre Prozeduren können möglicherweise mit mobilen Koronar-Angiographie-C-Bögen versorgt werden [10, 19–21].

Allgemein bekannt ist allerdings, dass mobile C-Bögen üblicherweise für die komplexen katheterbasierten Interventionen nicht ausreichen und fixe Einrichtungen idealerweise installiert sein sollten. Ob diese fixe Einheit nunmehr boden- oder deckengebunden ist, scheint zum derzeitigen Zeitpunkt nicht endgültig beantwortet werden zu können.

Klar ist, dass aus hygienischen Gründen bei beiden Systemen Vorteile und Nachteile zu erwähnen sind. So ist bei den bodengebundenen fixen Anlagen die Reinigung des OP-Bodens oder eventuell der Räder, die auch bei noch so großer Sorgfalt mit Körperflüssigkeiten und Blut kontaminiert werden können, immer eine Quelle der mangelnden Hygiene, andererseits stellt die deckengebundene Angiographie-Anlage insofern ein Problem dar, als der laminare Airflow durch die große Angiographie-Anlage gestört werden könnte und die Schienen, auf denen das Gerät läuft, oft nicht weit genug außerhalb des OP-Feldes angebracht werden können.

Monoplan oder Biplan?

In einer ohnehin mit technischen Geräten überladenen Umgebung und Komplexität sollte üblicherweise eine monoplane Angiographie-Anlage ausreichen. Vor allem bei modernen Anlagen, die über ausgezeichnete Memory-Schirme verfügen, wird der Vorteil einer biplanen Anlage durch technische Entwicklung wegrationalisiert. Bei besonderen Fragestellungen im Rahmen der Elektrophysiologie und möglicherweise im Rahmen von pädiatrisch-kardiologisch/kinderchirurgischen Eingriffen (perkutane Pulmonalklappen) werden derzeit noch biplane Anlagen empfohlen [4].

Der Operationstisch muss voll integrierter Teil der Angiographie-Anlage sein, wodurch ein Kollisionsschutz bei Positionsänderungen garantiert ist. Weiters sollte der Tisch Funktionen wie Kipp- und Schwenkbarkeit, Höhenverstellbarkeit, durchgängige Strahlendurchlässigkeit und beliebige Fixierbarkeit erfüllen und gleichzeitig über eine schwimmende Tischplatte für interventionelle Kathedertechniken verfügen [12, 22].

Der Operationstisch sollte den Erwartungen von beiden, jenen der Chirurgen, aber auch der interventionellen Kardiologen und Radiologen entsprechen. Diese Tatsache ist eine besondere Herausforderung.

Tische können in einer horizontalen Ebene bewegt werden und sollten durch Tiltposition auch vertikale und laterale Positionierungen des Patienten ermöglichen.

Besonders ist darauf zu achten, dass Schienen für spezielles Chirurgieequipment wie Retraktoren, Kamerahalter und Lagerungsschienen auf dem OP-Tisch zur Verfügung stehen. Die diagonale Positionierung des OP-Tisches, die manchmal nötig sein sollte, braucht zusätzlichen Platz im Operationssaal.

Ein wesentliches Element für die Auswahl des Tisches, der idealerweise mit der Angiographie-Anlage kommunizieren können sollte, ist die Möglichkeit, zum Patienten einen Zugang von allen Seiten zu haben, aber auch, dass die Voraussetzung für Kopftieflage bzw. -hochlage sowie Seitenrotation des Patienten möglich sein muss.

Die Bedienung des Angiographie-Systems muss sowohl vom Kontrollraum, von beliebiger Position im OP aber auch direkt vom Tisch aus möglich sein und intuitiv gestaltet werden.

Aus internationaler Erfahrung bei bereits bestehenden Hybrid-OPs wird auf die Praktikabilität von 2 gleich ausgestatteten, außerhalb des sterilen Arbeitsbereiches montierten Großflächenmonitor-Ampeln hingewiesen, damit der Verlauf der Prozedur allseits von jedem Beteiligten einsichtig ist.

Für komplexe Eingriffe (Transkatheter und transapikale Aortenklappenersätze) im Hybrid-OP der Herzchirurgie ist die Verfügbarkeit von weiteren bildgebenden Systemen, wie Ultraschall, insbesondere transösophageales Echo (TEE), aber auch intravaskuläres US (IVUS) und intrakardiales Echo (ICE) mit Dopplerfunktion zu berücksichtigen, sowie in bestehende IT-Systeme und Bildarchiv zu integrieren.

Anästhesie

Die Arbeit der Anästhesie und die Position derselben in einem Angiographie-Operationssaal muss modifiziert werden. Entsprechende Planung ist daher unumgänglich, da viele Prozeduren im Operationssaal von einer transösophagealen Echokardiographie abhängen und diese in der Regel von der Anästhesie bedient wird. Der Anästhesist muss sie sowohl für die Narkose als auch für die Bedienung des Echokardiographiegerätes an die verschiedenen Positionen des Patienten adaptieren [10].

Manche dieser Tische können nicht mehr aus dem OP-Saal bewegt werden. Das bedeutet, dass die Einleitung zur Narkose im Operationssaal stattfinden muss. Beatmungsgeräte sind in den vergangenen Jahren immer größer und größer geworden und haben mittlerweile auch dementsprechendes Gewicht. Die transösophagealen Echokardiographie-Geräte, Cellsaver und Rapid-Transfusionsgeräte werden ebenfalls vom Anästhesisten bedient und sollten hinsichtlich ihres Aufstellungsortes genau definiert sein [10].

Beim Ankauf dieser Geräte sollte auf die leichte Handhabung, das geringe Gewicht und die möglichst kleine Größe geachtet werden. Jedenfalls bieten diese Geräte eher die Möglichkeit, Platz zu sparen, als im Rahmen der Angiographie-Geräte und der Roboter.

Monitore

Üblicherweise ist in einem Standard-Katheterlabor der Interventionist auf der rechten Seite des Patienten positioniert, die Monitore befinden sich an der linken Seite des Patienten.

In einem Hybrid-OP muss dieses Prinzip modifiziert werden. Der Chirurg sollte genauso wie der Interventionist, der Assistent, der Anästhesist, die Schwester und der Perfusionist den gleichen Blick auf alle bildgebenden Verfahren und Monitor-

quellen haben. Dies betrifft auch die Endoskopie. Ein Vorschlag ist daher, dass in jeder der 4 Ecken des Operationssaals dementsprechende Monitore aufgebaut werden sollten. Die neuen, großen, deckenmontierten Flachbildschirme, die auch auf Schienen geschoben werden und zu beiden Seiten des Patienten außerhalb des Laminar-Flows, aber auch außerhalb der Deckenschienen der Angiographie-Anlage montiert sind, geben dabei die derzeit wohl beste Version der Informationsübermittlung an alle Beteiligten [10].

Der schnelle Wechsel zwischen den einzelnen Bildquellen ist essentiell. In diesem Zusammenhang ist besondere Vorsicht geboten, dass die Flachbildschirme, die Angiographie-Anlage und die Lampen sowie eventuelle Videokameras nicht gegenseitig kollidieren. Alle müssen hochgradig flexibel und beweglich sein. Dementsprechende Bremsen vor Kollision sind idealerweise anzudenken und einzubauen. Deckenintegrierte Beleuchtungen (ferngesteuert) sollten hierbei jedenfalls angedacht werden und könnten die Lösung sein.

Kontrollraum, Datenverarbeitung

Ebenso wie in den kardiologischen Katheterlabors sollte der Kontrollraum und die Datenverarbeitung in einem getrennten Raum außerhalb der Operations-/Angiographieeinheit positioniert sein. Dies ist eine der größten Schwierigkeiten bei der Nachrüstung normaler OP-Säle in einen Hybrid-OP.

Strahlung

Standard-OP-Säle haben üblicherweise 0,5-mm-Bleieinlage in den Wänden, in der Decke und im Boden. Dies ist für eine große Angiographie-Anlage nicht ausreichend. Derartige OP-Säle müssen also mit einer weitaus dickeren, von Land zu Land unterschiedlichen (üblicherweise zwischen 2 und 3 mm) dicken Bleischicht geschützt sein. Darüber hinaus mag es notwendig werden, ein spezielles Training für den Gebrauch derartig großer und stark strahlender Angiographie-Anlagen durchzuführen [10].

Hygiene

Derartige Operationssäle leiden unter der unglaublichen Menge an technischen Einrichtungen und an der hohen Personaldichte während der Eingriffe. Beides kann zu einer unerwünschten Hitzeentwicklung führen. Die Klimaanlage sollten auf diese Hitzeentwicklung vorbereitet sein und dementsprechend ausgelegt werden. Auch die deckenmontierten Schienen – mitziehende Kabel befinden sich über dem Operationstisch – rufen regelmäßig Diskussionen einer potenziellen Kontamination des darunter liegenden Patienten hervor. Dementsprechend sollte auf die Pflege und Reinigung dieser Teile des Operationssaales besonders Wert gelegt und bereits beim Bau dafür gesorgt werden, dass die Schienen möglichst weit außerhalb der direkten Operationszone laufen. Andererseits ist einer der besonderen Vorteile einer derartigen integrierten Suite, dass die chirurgische Expertise und das Know-how rund um Sterilität und das korrekte Handling von chirurgischen und endovaskulären Implantaten vorhanden ist [10, 23].

Stauräume für Verbrauchsmaterial

Aufgrund der komplexen Vorgänge und Prozeduren innerhalb derartiger Hybrid-Suites benötigt man zusätzlichen Stau-

raum, sowohl für die Chirurgie als auch für die katheterbasierten Interventionen. Diese Stauräume sollten einerseits so knapp wie möglich neben dem Hybrid-OP sein, andererseits sollte es möglich sein, auf speziell zusammengestellten Wagen die einzelnen Katheter, Führungsdrähte, Implantate und spezielles chirurgisches Material zu transportieren. Dies kann sicher dazu beitragen, einerseits einen besseren Überblick über die einzelnen notwendigen Ausrüstungen zu haben und gleichzeitig Platz zu gewinnen.

Die Verwaltung und der Überblick dieser Einzelteile sollte vorher zwischen Pflegepersonal, Kardiotechnik und Ärzten genau geregelt werden, um Zuständigkeitsirrtümer zu vermeiden, aber auch Verantwortlichkeit zu finden.

Verortung der Anlagen, Geräte und deren Gebrauch

Die Platzierung der verschiedenen Devices ist eine große Herausforderung. Alle Geräte und Vorrichtungen sollten so klein wie möglich sein, aber trotzdem die erforderliche Funktion beinhalten.

Dreidimensionales Positionieren bringt dabei zusätzlichen Platz. Alle, die in einem Hybrid-OP arbeiten, sollten so flexibel und kooperativ sein, dass sie jederzeit Willens sind, ihre gewohnte Position, aber auch ihre Arbeitsweise an die anderen anzupassen.

In einem Raum von 80 m² oder mehr ist es möglich, alle Geräte und das gesamte Personal in einem Raum zur selben Zeit vorzuhalten. So haben Robotic-Operationen und komplizierte videoskopische Chirurgie in Angiographie-Operationssälen dieser Größe in den vergangenen 10 Jahren Platz gefunden [13].

Kleinere Räumlichkeiten sind dabei hinderlich und benötigen komplizierte Planungen. Es ist daher dringlich zu empfehlen, in virtuellen Modellen am Computer, die Positionen der einzelnen Arbeitsgruppen zu planen und zu trainieren und darüber hinaus, noch bevor der OP in Benutzung genommen wird, ein dementsprechendes Training („real life“) durchzuführen.

Für die angiographiebezogenen Prozeduren wird man in kleineren OPs in der Regel alle anderen Maschinen und auch das Personal, das nicht absolut notwendig ist, aus dem Raum bringen. Während der Arbeit mit Strahlung ist es ohnehin sinnvoll, all jenes Personal, das nicht notwendig ist, aus dem OP zu entfernen. Dasselbe gilt natürlich auch für die hygienischen Richtlinien.

Arbeitsablauf und Organisation

Das Funktionieren und die Koordination eines Hybrid-Operationssaales erfordert ein eingespielt fixtes Team („dedicated operating theater“) und einen fixen Koordinator, der den Arbeitsablauf wie ein Dirigent koordiniert. Dieser Koordinator kann einerseits fallbezogen bestimmt werden und ständig wechseln, oder man entscheidet sich für eine eher stabile Langzeitversion. Teamplayer sind jedenfalls für die Arbeit in einem Hybrid-OP besser geeignet als Individualisten. Das Persönlichkeitsprofil der dort Arbeitenden sollte kooperativ, innovationsbezogen mit ausgezeichneten Kommunikations-

eigenschaften und der Möglichkeit vor auszudenken ausgestattet sein. Hinsichtlich der Menge des Personals in diesem Operationssaal sollte als Prämisse gelten: So wenig wie möglich, so viel wie notwendig. Das heißt, dass der Koordinator die jeweiligen Spezialisten zu den einzelnen Arbeitsgängen holt und entlässt („Just-in-Time“-Konzept). Kombinierte, integrierte Prozeduren sind vor allem am Anfang langwierig und benötigen Geduld, Durchhaltevermögen und Akzeptanz des gesamten Operationssaal-Teams auch über den Hybrid-OP hinaus.

Kosten

Legt man die Konstruktionskosten und jene für die Ausrüstung zusammen, berücksichtigt man, dass der Tisch sowohl schwimmend als auch kippend arbeiten können muss, liegen die Kosten heute wohl bei ca. € 1,5 Millionen (Minimum). Wichtig ist in diesem Zusammenhang noch einmal daran zu erinnern, dass eine Reihe von Nebenräumen notwendig ist und auch die Extrableiverstärkung der Wände, des Fußbodens und der Decke notwendig sind. Sicherlich zu empfehlen ist heute, bei jedem Neubau eines OPs im kardiovaskulären Bereich, die Ausrüstung hinsichtlich eines Hybrid-OPs zu überlegen, da aus heutiger Sicht in diese Richtung wohl die Zukunft zu finden sein wird.

■ Anwendung

Hinsichtlich der Operationen selbst stehen derzeit der minimal-invasive perkutane Aortenklappenersatz, sowie – jetzt neu – auch die versuchte palliative Mitralklappenrekonstruktion mithilfe des Mitraclip®-Systems zur Debatte.

Zur minimal-invasiven perkutan gesetzten Aortenklappe ist festzuhalten, dass aufgrund der demographischen Entwicklung und der steigenden Lebenserwartung immer mehr, zum Teil auch schwerstkranken Patienten das 8. und 9. Lebensjahrzehnt erreichen [23]. Das therapeutische Management und Entscheidungsfindung bei hochbetagten Schwerstkranken stellt sowohl für den Kardiologen als auch für den Herzchirurgen eine bedeutende Herausforderung dar. Je nach Klassifizierung (logistischer Euroscore, linearer Euroscore, additiver Euroscore) ist ein Prozentsatz von 10–30 % [24] aufgrund von Komorbiditäten nicht für einen offenen Eingriff geeignet. Dabei ist festzuhalten, dass gerade der Euroscore mittlerweile auch von der „Österreichischen Gesellschaft für Herz-Thoraxchirurgie“ zur individuellen Beurteilung des jeweiligen Kranken als wenig geeignet gesehen wird. Üblicherweise wird die Schwere der Krankheit durch diese Methode überschätzt, weswegen die klinische Beurteilung („frailty index“) zur besseren Beurteilung herangezogen werden sollte.

Die relativ rasche Verbreitung der Methode des perkutanen Aortenklappenersatzes auch ohne entsprechende gute Evidenz hat teils zu heftigen Diskussionen praktisch in allen westlichen Ländern geführt und setzt die Entscheidungsträger jedenfalls auch unter Druck [24]. Dementsprechende Evidenz sollte in randomisierten Studien geschaffen werden, wobei die Gesellschaften aufgerufen sind, Register zur Evidenzgenerierung zu installieren. Derzeit läuft eine von Edwards Life Sciences finanzierte Studie mit einem Follow-up von

12 Monaten, um Aussagen zur Sicherheit und Wirksamkeit dieser Methode zu gewinnen. Diese randomisierte multizentrische Studie (The Partner Trial/Placement of Aortic transcatheter valve trial) wird erste Ergebnisse zeigen [25].

Ein von „Ludwig-Boltzmann-Institut für Health Technology Assessment“ in Wien herausgegebenes Update kommt zu dem Schluss, dass auch für die aktualisierte Form des Reviews 2010 keine Änderung der Empfehlung vorliegt: Die Ergebnisse bzgl. Wirksamkeit und Sicherheit des vorjährigen Reviews werden bestätigt, das Verfahren scheint eine palliative Wirkung zu haben, bei gleichzeitig hoher Mortalität (> 10 % innerhalb von 30 Tagen und ca. ¼ innerhalb von 6 Monaten). Viele der schwerstkranken Patienten mit – aufgrund des Alters geringer Lebenserwartung – eignen sich auch für die perkutane Aortenklappenersatzprozedur nicht [24].

Die bislang vorliegenden Studien sind unkontrollierte Vorher-Nachher-Studien, die maximal eine palliative Wirksamkeit zeigen.

Problembereiche

- Notwendigkeit der Selektion der PatientInnen – die richtige Indikationsstellung ist offen
- Hohe Mortalität und vaskuläre Komplikationen sowie neurologische Folgewirkungen, Prothesenmigrationen
- Bedeutung der Erfahrung der Operateure bei Technik und Anwendung/Platzierung und der adäquaten Logistik/Infrastrukturen
- Bedeutung von Produktauswahl, Prothesengröße und -profile

Die fehlende Langzeiterfahrung und das noch vorhandene Potenzial technischer Verbesserungen (kleineres Profil, Option der Repositionierbarkeit) – so Aussagen selbst von Firmenkonsultanten – sprechen gegen eine Indikationsausweitung und für das Beibehalten der offenen Operation als Standardtherapie bei Patienten mit akzeptablen Risiko [26].

Die vom Herzchirurgen Maisano am Krankenhaus San Raffaele, Mailand, Italien [27] eingeführte Clipmethode bei Hochrisikopatienten stellt eine palliative Verkleinerung der Mitralsuffizienz und keinesfalls eine Korrektur in bisher von Chirurgen hoch evidenter und effizienter Rekonstruktionsmethoden oder Klappenersätzen mit besten Ergebnissen als operative Methode dar.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass Herzchirurgie und Kardiologie derzeit sich stark entwickelnde, prosperierende Fächer sind, die aufgrund ihrer Erfolge zunehmend noch mehr Aufmerksamkeit erlangen. Die Entwicklung beider Fächer ist rasant und beginnt, beide Fächer aufeinander zuzuführen.

Aufgabe der Vertreter dieser Fächer wird es sein, das Wohl des Patienten an die Spitze ihrer Überlegungen zu stellen und klinisches Augenmaß und Zurückhaltung vor persönliche oder fachpolitische Scheinerfolge oder Überlegungen zu stellen. Gegenseitiger Respekt, gute Kooperation, gemeinsame Indikationsstellung im Kreise von Kardiologen, Herzchirurgen und Anästhesisten, sollte zur Entscheidungsfindung führen, um dann gemeinsam den Patienten über das Pro und Kon-

tra diverser Methoden aufzuklären und eine gemeinsame individuelle Behandlungsmethode zu starten.

Hybrid-OP-Säle sind baulich sichtbare Zeichen dieser Kooperation, die sozusagen von beiden Welten das Beste beinhalten und in denen die gemeinsame Arbeit an diesen Patienten guidelinekonform, gestützt auf Studien und Evidenz durchgeführt werden sollten.

Literatur:

1. Bacha EA, Daves S, Hardin J, Abdulla RI, Anderson J, Kahana M, Koenig P, Mora BN, Gulecyuz M; Starr JP, Alboliras E, Sandhu S, Hijazi ZM. Single-ventricle palliation for high-risk neonates: the emergence of an alternative hybrid stage I strategy. *J Thorax Cardiovascular Surg.* 2006; 131: 163–71.
2. Bache EA, Marshall AC, Celine DB, del Nido PJ. Expanding the hybrid concept in congenital heart surgery. *Semin Thorac Cardiovasc Surg Pediatr Card Surg Annu* 2007; 146–50.
3. Gutgesell HP, Lim DS. Hybrid palliation in hypoplastic left heart syndrome. *Curr Opin Cardiol* 2007; 22: 55–9.
4. Sivakumar K, Krishnan P, Pieris R, Francis E. Hybrid approach to surgical correction of tetralogy of Fallot in all patients with functioning Blalock Taussig shunts. *Catheter Cardiovasc Interv* 2007; 70: 256–64.
5. Cribrier A, Eltchaninoff H, Bash A, Borenstein N, Tron C, Bauer F, Derumeaux G, Anselme F, Laborde F, Leo MB. Percutaneous transcatheter implantation of an aortic valve prosthesis for calcific aortic stenosis. *First Human Case Description.* *Circulation* 2002; 104: 3006–8.
6. Zhao DX, Leacche M, Balaguer JM, et al. Routine intraoperative completion angiography after coronary artery bypass grafting and

- 1-stop hybrid revascularization results from a fully integrated hybrid catheterization laboratory/operating room. *J Am Coll Cardiol* 2009; 53: 232–41.
7. Stahl KD, Boyd WD, Vassiliades TA, Karamanoukian HL. Hybrid robotic coronary artery surgery and angioplasty in multivessel coronary artery disease. *Ann Thorac Surg* 2002; 74: S1358–32.
8. Bonatti J, Schachner T, Bonaros N, Jonetzko P, Ohlinger A, Ruetzler E, Kolbitsch C, Feuchtnr G, Laufer G, Pachinger O, Friedrich G. Simultaneous hybrid coronary revascularization using totally endoscopic left internal mammary artery bypass grafting and placement of rapamycin eluting stents in the same interventional session. *The COMBINATION pilot study.* *Cardiology* 2008; 110: 92–5.
9. Reicher B, Poston RS, Mehra MR, Joshi A, Odonkor P, Kon Z, Reyes PA, Zimrin DA. Simultaneous "hybrid" percutaneous coronary intervention and minimally invasive surgical bypass grafting: feasibility, safety and clinical outcomes. *Am Heart J* 2008; 155: 661–7.
10. Bonatti J, Vassiliades T, Nifong W, Jakob H, Erbel R, Fosse E, Werkkala K, Sutlic Z, Bartel T, Friedrich G, Kiaii B. How to build a cath-lab operating room. *Heart Surg Forum* 2007; 10: E344–8.

11. Benjamin ME. Building a modern endovascular Suite. *Endovascular Today* 2008; 3: 71–8.
12. Ten Cate G, Fosse E, Hol PK, Samset E, Bock RW, McKinsey JF, Pearce BJ, Lothert M. Integrating surgery and radiology in one suite: a multicenter study. *J Vasc Surg* 2004; 40: 494–9.
13. Fosse E, Hol PK, Samset E, Rontes JS, Bjornstad P, Lundblad R. Integrating image-guidance into the cardiac operating room. *Minim Invasive Ther Allied Technol* 2000; 9: 403–9.
14. Eagleton MJ, Schaffer JL. The vascular surgery operating room. *Endovasc Today* 2007; 8: 25–30.
15. Hirsch R. The hybrid cardiac catheterization laboratory for congenital heart disease: From conception to completion. *Catheter Cardiovasc Interv* 2008; 71: 418–28.
16. Peeters P, Verbist J, Deloose K, Bosiers M. The catheterization lab of the future. *Endovasc Today* 2008; 3: 94–6.
17. Sikkink CJ, Reijnen MM, Zeebregts CJ. The creation of the optimal dedicated endovascular suite. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2008; 35: 198–204.
18. Krogh-Soerensen K, Hafsahl G, Fosse E, Geiran OR. Acceptable short-term results after endovascular repair of disease of the thoracic aorta in high risk patients. *Eur J Cardiothorac Surg* 2003; 24: 379–87.
19. Bonatti J, Schachner T, Bonaros N, et al. Treatment of double vessel coronary artery disease by totally endoscopic bypass surgery and drug-eluting stent placement in one simultaneous hybrid session. *Heart Surg Forum* 2005; 8: e284–6.
20. Bonatti J, Schachner T, Bonaros N, et al. Robotic totally endoscopic coronary artery bypass and catheter based coronary intervention in one operative session. *Ann Thorac Surg* 2005; 79: 2138–41.

21. Bonatti J, Schachner T, Bonaros N, Jonetzko P, Ohlinger A, Ruetzler E, Kolbitsch C, Feuchtnr G, Laufer G, Pachinger O, Friedrich G. Simultaneous hybrid coronary revascularization using totally endoscopic left internal mammary artery bypass grafting and placement of rapamycin eluting stents in the same interventional session. *Cardiology* 2008; 110: 92–5.
22. Hamm CW, Bösenberg H, Brennecke R, Daschner F, Dziekan G, Erbel R, Ewen K, Geffers C, Hausdorf G, Kelm M, Rüden H, Sauer G, Strauer B. German Society of Cardiology-Heart and Cardiovascular Research (Guidelines for equipping and managing heart catheter rooms (1st revision). Issued by the governing body of the German Society of Cardiology-Heart and Cardiovascular Research. Revised by order of the Committee of Clinical Cardiology) *Z Kardiol* 2001; 90: 267–76.
23. Vahanian A, Alfieri OR, Al-Attar N, et al. Transcatheter valve implantation for patients with aortic stenosis: a position statement from the European Association of Cardio-Thoracic Surgery (EACTS) and the European Society of Cardiology (ESC), in collaboration with the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions (EAPCI). *Eur J Cardiothorac Surg* 2008; 34: 1–8.
24. Wild C, Langley T, Gartlehner G. Minimal-invasiver perkutaner Aortenklappenersatz. *Systematischer Review – 2. Update 2010.* Ludwig Boltzmann Institut 2010; Decision Support Document Nr. 018. ISSN online 1998-0469.
25. The Partner Trial: Placement of AoRTic TraNscathetHER Valve Trial. *ClinicalTrials.gov* 2009; <http://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT00530894>.
26. Buellfeld L, Grube E, Buellfeld L, Grube E. Percutaneous aortic valve replacement – pro. *Herz* 2009; 34: 124–9.
27. Die ersten 100 Patienten in Europa haben perkutane Mitralklappenrekonstruktion mithilfe des MitraClip®-Systems erhalten. *Gesundheit & Medizin.* <http://www.pr-inside.com>

Mitteilungen aus der Redaktion

Die meistgelesenen Artikel



Journal für Kardiologie

Zeitschrift für Gefäßmedizin



Journal für Hypertonie

Austrian Journal of Hypertension
Österreichische Zeitschrift für Hochdruckerkrankungen



Journal für Hypertonie