

Zeitschrift für Gefäßmedizin

Bildgebende Diagnostik • Gefäßbiologie • Gefäßchirurgie •
Hämostaseologie • Konservative und endovaskuläre Therapie •
Lymphologie • Neurologie • Phlebologie

Der gefäßchirurgische Hybrid-Operationssaal - Standard in der invasiven Versorgung von Gefäßkrankheiten

Zimmermann A, Eckstein HH

Zeitschrift für Gefäßmedizin 2015;

12 (1), 16-21

Homepage:

www.kup.at/gefaessmedizin

Online-Datenbank
mit Autoren-
und Stichwortsuche

**Offizielles Organ der
Österreichischen Gesellschaft
für Phlebologie und
dermatologische Angiologie**



**Offizielles Organ des Österreichischen
Verbandes für Gefäßmedizin**



**Offizielles Organ der
Österreichischen Gesellschaft für
Internistische Angiologie (ÖGIA)**



Indexed in EMBASE/COMPENDEX/GEOTitles/SCOPUS

SITZ GUT, TUT GUT!

EINFACH SCHLUSS MIT
HÄMORRHOIDALLEIDEN!

EASY-TO-USE
AKUT
THERAPIE

✓ Einfache Einnahme

✓ Auf eine Akut-Therapie abgestimmt

✓ Wirkt gezielt von innen



Eine Innovation von Dioscomb®, **Österreichs Nr. 1** bei Venenpräparaten*

*IQVIA Hinausverkauf aus der Apotheke in Einheiten YTD April 2026

Fachkurzinformation: Bezeichnung des Arzneimittels: Dioscomb® 1000 mg Filmtabletten; **Qualitative und quantitative Zusammensetzung:** 1 Filmtablette enthält 1000 mg mikronisierte Flavonoide, bestehend aus 900 mg Diosmin und 100 mg anderen Flavonoiden, dargestellt als Hesperidin. Sonstige Bestandteile: Tablettenkern: Magnesiumstearat, Talkum, Maisstärke, Gelatine, mikrokristalline Zellulose (Typ 102). Filmüberzug: Eisenoxid rot (E172), Eisenoxid gelb (E172), Macrogol 3350, partiell hydrolysiertes Poly(vinylalkohol) (E1203), Titandioxid (E171), Talkum (E553b), Maltodextrin, Guargalactomannan (E412), Hypromellose (E464), mittelkettige Triglyzeride. **Anwendungsgebiete:** Dioscomb ist bei Erwachsenen angezeigt zur: Behandlung von chronischer Veneninsuffizienz der unteren Extremitäten bei folgenden funktionellen Symptomen: schwere Beine und Schwellungen, Schmerzen, nächtliche Krämpfe der unteren Extremitäten. Symptomatische Behandlung von akuten Hämorrhoidalbeschwerden. **Gegenanzeigen:** Überempfindlichkeit gegen den Wirkstoff oder einen der in Abschnitt 6.1 genannten sonstigen Bestandteile. **Pharmakotherapeutische Gruppe:** Kapillarstabilisierende Mittel; Bioflavonoide, Diosmin, Kombinationen. ATC-Code: C05CA53. **Inhaber der Zulassung:** ExtractumPharma zrt. H-1044 Budapest, Megyeri út 64. Ungarn. **Zulassungsnummer:** 141737 **Verschreibungspflicht/Apothekenpflicht:** Rezeptfrei, apothekenpflichtig. **Stand der Information:** 07/2024; **Weitere Angaben zu Warnhinweisen und Vorsichtsmaßnahmen für die Anwendung, Wechselwirkungen mit anderen Arzneimitteln und sonstigen Wechselwirkungen, Schwangerschaft, Stillzeit und Nebenwirkungen sind der veröffentlichten Fachinformation zu entnehmen.** Über Wirkung und mögliche unerwünschte Wirkungen dieses Arzneimittels informieren Gebrauchsinformation, Arzt oder Apotheker.

ERWO
P H A R M A

Der gefäßchirurgische Hybrid-Operationssaal – Standard in der invasiven Versorgung von Gefäßkrankheiten

A. Zimmermann, H.-H. Eckstein

Kurzfassung: Die Zunahme endovaskulärer und interventioneller Behandlungsmöglichkeiten bei Patienten mit vaskulären Erkrankungen führt zu einer zunehmenden Bedeutung von Hybrid-Operationssälen (Hybrid-OP) in der Gefäßchirurgie. Diese stellen eine Kombination aus vollwertigen Operationssälen mit stationärer Angiographieanlage unter besten hygienischen Bedingungen dar. Aufgrund der Bildgebungsqualität und hygienischen Voraussetzungen können nicht nur komplexe periphere, sondern vor allem aortale endovaskuläre Eingriffe vorgenommen werden.

In der Planungsphase sollten bereits sämtliche an der Arbeit im Hybrid-OP beteiligte Disziplinen eingebunden werden, um von Beginn an einen reibungslosen Workflow zu gewährleisten. Obwohl es wünschenswert wäre, dass ein Hybrid-OP exklusiv gefäßchirurgisch genutzt werden kann, müssen andere Fachdisziplinen oftmals aus Auslastungsgründen mit integriert werden. Dadurch können sich unter Umständen andere Planungsnotwendigkeiten ergeben, da besondere Anforderungen an die technische und räumliche Ausstattung entstehen können.

Bei der Auswahl der Angiographieanlage stehen 3 unterschiedliche Gerätetypen zur Verfügung. Am häufigsten werden dabei bodengebundene und deckenhängende Systeme verwendet. Die jüngste Technik stellt einen auf eine mobile Plattform montierten C-Arm dar. Sämtliche Alternativen bieten je nach Anwendungsgebiet Vor-

und Nachteile, die in diesem Artikel dargestellt werden.

Aufgrund der hygienischen Voraussetzungen und technischen Ausstattung mit einer Bildgebung auf höchstem Niveau (inkl. 3D- und Fusion Imaging) sind sowohl den offen-operativen als auch endovaskulären Behandlungsmöglichkeiten kaum noch Grenzen gesetzt. Vielmehr stellt der Hybrid-OP die technische Voraussetzung zur endovaskulären Behandlung komplexer Aortenpathologien dar.

Um auch in Zukunft mit dem sich vom offen-operativen zur endovaskulären Therapie wandelnden Behandlungsspektrum Schritt zu halten, ist der Hybrid-OP bereits heute der Standard in der Versorgung vaskulär erkrankter Patienten.

Schlüsselwörter: Hybrid-OP, Gefäßchirurgie, endovaskuläre Techniken, Angiographie

Abstract: Hybrid OR. The increase of endovascular and interventional treatment options in patients with vascular disease leads to a higher importance of hybrid operating rooms (hybrid OR) in vascular surgery. These are a combination of an adequate operating room and a stationary angiography system with highest hygienic conditions. Due to the imaging quality and hygienic preconditions not only complex peripheral, but also aortic endovascular procedures can be performed.

All disciplines working in a hybrid OR together should participate in the planning phase of the acquisition to ensure a smooth workflow from the beginning. Though it would be preferable that a hybrid OR is used exclusively by vascular surgery, other medical disciplines have to be integrated because of the degree of capacity utilization. Under these circumstances different planning necessities for technical and spatial facilities can arise.

Three different types of angiography systems for the hybrid OR are available. The most often used systems are either floor- or ceiling-mounted technologies. The newest technology is a mobile, laser-guided motion system. All three alternatives have different advantages and disadvantages according to the field of application, which are displayed in this article.

Due to the hygienic conditions and technical equipment for the highest imaging quality there are no boundaries for open-surgical and endovascular treatment options. In fact the hybrid OR is precondition for endovascular treatment of complex aortic pathologies nowadays.

To keep pace with the change from open-surgical to endovascular treatment options in the future, the hybrid OR is already the standard in treating vascular diseased patients. **Z Gefäßmed 2015; 12 (1): 16–21.**

Key words: hybrid OR, vascular surgery, endovascular treatment, angiography

■ Einleitung

Die Bezeichnung „Hybrid/e“ leitet sich von dem lateinischen Wort *hybrida* ab, welches Mischling bedeutet und in der biologischen Fachterminologie eine aus verschiedene Gattungen, Arten, Unterarten oder Rassen entstandene Kreuzung bezeichnet. Dementsprechend stellt ein Hybrid-Operationssaal (Hybrid-OP) eine „Kreuzung“ aus einem voll ausgestatteten konventionellen Operationssaal der Raumklasse 1a (turbulenzarme Verdrängungsströmung) und einer stationären Angiographieanlage der neuesten Generation dar. Dies ermöglicht bei optimalen hygienischen Bedingungen eine qualitativ hochwertige Bildgebung, was sich insbesondere bei der Implantation von alloplastischem Prothesenmaterial positiv auf postoperative Infektionsraten auswirken kann.

Eingelangt und angenommen am 18. Dezember 2014

Aus der Klinik und Poliklinik für Vaskuläre und Endovaskuläre Chirurgie, Klinikum rechts der Isar, München

Korrespondenzadresse: Univ.-Prof. Dr. med. Hans-Henning Eckstein, Klinik und Poliklinik für Vaskuläre und Endovaskuläre Chirurgie, Klinikum rechts der Isar, Technische Universität München, D-81675 München, Ismaninger Straße 22; E-Mail: hheckstein@web.de

Zusätzlich besteht die Möglichkeit zur sofortigen offenen Konversion bei endovaskulären Eingriffen, sollte dies während des Eingriffs notwendig werden. Aber auch bei offen-chirurgischen Verfahren kann durch die stationäre Angiographieanlage bereits intraoperativ eine Bildgebung zur Qualitätskontrolle auf höchstem Niveau erfolgen und falls notwendig bei unzufriedenstellenden Ergebnissen oder Komplikationen eine endovaskuläre Bail-out-Therapie durchgeführt werden.

Dadurch kann zum einen das Behandlungsspektrum ausgeweitet werden, zum anderen ergeben sich Vorteile in Hinblick auf die Qualität der Patientenversorgung und der Patientensicherheit.

Diese wichtigen Punkte dürften in der Außendarstellung einer Gefäßchirurgie im medizinischen Wettbewerb eine wichtige Rolle spielen, um gegen Mitbewerber nicht ins Hintertreffen bezüglich Versorgungsqualität und Therapievelfalt zu geraten. Diese Entwicklung ist insbesondere vor dem Hintergrund der zunehmenden Ökonomisierung der Medizin und der stetigen Weiterentwicklung endovaskulärer Techniken zu betrachten.

■ Endovaskuläre Revolution in der Gefäßchirurgie

Erste Erfahrungen mit Gefäßaufdehnungen wurden bereits Anfang der 1960er-Jahre durch Charles Dotter beschrieben [1]. Erst über 10 Jahre später folgte die Grundsteinlegung moderner vaskulärer Interventionstechniken durch die Einführung der Ballonangioplastie durch Andreas Grüntzig [2] und Anfang der 1980er-Jahre durch die Einführung des ballondilatierbaren Stents durch Julio Palmaz [3]. Durch die zunehmende Verbreitung endovaskulärer Techniken und der damit verbundenen Erfahrung sowie der ständigen Verbesserung der verwendeten Materialien konnten auch immer bessere klinische Ergebnisse erzielt werden. Dies führte zu einer überproportionalen Zunahme endovaskulärer Eingriffe, teilweise auch auf Kosten offen-chirurgischer Verfahren. Dies gilt nicht nur für die aortalen Eingriffe, sondern im besonderen Maße für periphere Eingriffe bei Patienten mit einer peripheren arteriellen Verschlusskrankheit (PAVK) [4].

Für die Behandlung von Aortenaneurysmen ergab sich in Deutschland im Zeitraum 2005–2013 eine Zunahme der Implantation von endovaskulären Aortenprothesen (EVAR) von 248 % (2005: 2699 EVAR-Implantationen; 2013: 9381 EVAR-Implantationen), während es im selben Zeitraum zu einer Reduktion der offen-chirurgischen Eingriffe um 31 % kam [5, 6] (Abb. 1).

Bei der Behandlung der PAVK, die in der Regel das häufigste Krankheitsbild in der Gefäßchirurgie darstellt, konnte in dem Zeitraum 2005–2013 bei den perkutan endovaskulären Therapien ein deutlicher Anstieg von 90 % verzeichnet werden, während es bei den offen-operativen Verfahren (Bypass, Thrombendarteriektomie) nur zu einer moderaten Zunahme von 29 % kam [5–8] (Abb. 2).

Die Versorgung von Patienten mit einer PAVK erfolgt in Deutschland hauptsächlich in gefäßchirurgischen oder ungeteilten chirurgischen Abteilungen (67,5 %), wobei ein leicht steigender Anteil seit 2008 durch eigenständige gefäßchirurgische Abteilungen (2008: 31,6 %; 2012: 33,9 %) behandelt wird [9] (Abb. 3). Dies liegt sicherlich auch an der zunehmenden Anzahl selbständiger gefäßchirurgischer Abteilungen in diesem Zeitraum (2006: 208 gefäßchirurgische Abteilungen; 2012: 262 gefäßchirurgische Abteilungen). Um nun in Zeiten des Wettbewerbs und der zunehmenden Ökonomisierung der Medizin Patientenzahlen halten oder unter Umständen sogar ausbauen zu können, muss eine moderne Gefäßchirurgie in der Lage sein, mit den modernen Behandlungsmethoden Schritt zu halten und diese auf höchstem Niveau anbieten zu können. Hierzu stellt der Hybrid-OP in der Gefäßchirurgie den notwendigen Standard dar.

■ Planung und technische Voraussetzungen

Die wichtigsten Weichen für die optimale Implementierung eines Hybrid-OPs in den klinischen und operativen Prozessablauf werden bereits bei der Planung gestellt. Aufgrund dieser Tatsache ist es essenziell, alle beteiligten Disziplinen bereits in die ersten Planungsschritte zu integrieren. Dazu gehören neben den unterschiedlichen medizinischen Fachdiszi-

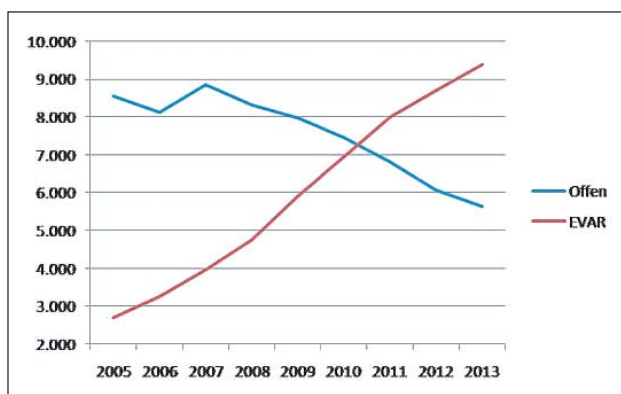


Abbildung 1: Entwicklung offener Reconstruktionen (OPS-Codes: 5-384.5-7) und endovaskulärer Reconstruktionen (EVAR) (OPS-Codes: 5-38a.1) bei abdominalen Aortenpathologien (u. a. Aneurysmen, Dissektionen etc.). Primärquelle: DRG-Statistik 2005–2013, in: www.gbe-bund.de © Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.

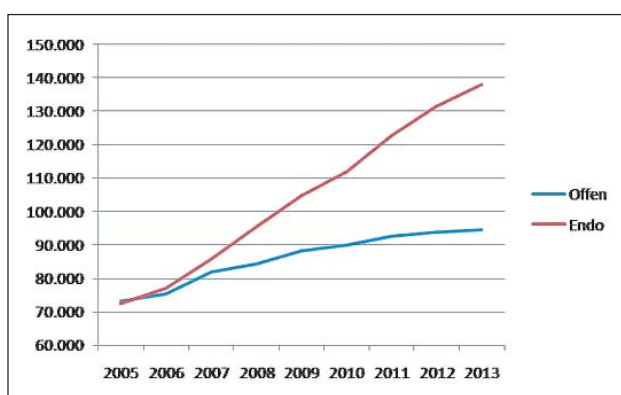


Abbildung 2: Entwicklung offener Reconstruktionen mittels Thrombendarteriektomie (TEA) oder Bypassanlage (OPS-Codes: 5-381.33/52-55/70-72, 5-393.13-14/17-18/32-33/35-36/38/3x/41-47/51-57/61-62) und perkutan-transluminaler Gefäßinterventionen (OPS-Codes: 8-836.04/09/0b-c/0e) bei der PAVK der unteren Extremität. Primärquelle: DRG-Statistik 2005–2013, in: www.gbe-bund.de © Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.

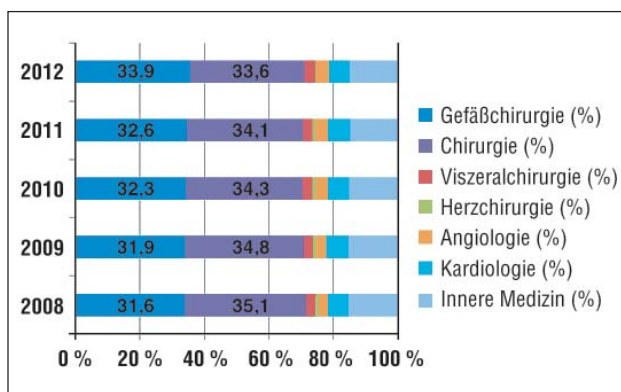


Abbildung 3: Veränderung der Zuordnung der vaskulären Hauptdiagnose PAVK zu den behandelnden Fachabteilungen (tief gegliederte Diagnosedaten). Mod. nach DRG-Statistik 2008–2012, in: www.gbe-bund.de © Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.

plinen, die den Hybrid-OP nutzen wollen, insbesondere die Anästhesie, das Pflegepersonal, Technik und Bauleitung/Architekt. Nur so kann gewährleistet werden, dass bereits von Anfang an alle Bedürfnisse der unterschiedlichen Gruppen berücksichtigt werden können und ein reibungsloser Arbeitsablauf erfolgt.

Wünschenswert wäre es, dass bereits von Beginn an der Hybrid-OP exklusiv durch die Gefäßchirurgie genutzt werden kann, um so eine Rund-um-die-Uhr-Versorgung auch komplexer Notfälle gewährleisten zu können. Sollte dies nicht möglich sein, muss bereits in der Planungsphase ein dezidiertierter Nutzungsplan mit den anderen, den Hybrid-OP nutzenden Fachdisziplinen abgestimmt werden, um so mögliche Reibungspunkte zu vermeiden. Zusätzlich können nur im Falle eines klaren Nutzerprofils notwendige zusätzliche Anschaffung (z. B. Navigation) bereits im Vorfeld eingeplant werden.

Ein weiterer wichtiger Punkt in der Planungsphase betrifft das Raumkonzept des zukünftigen Hybrid-OPs. Dies beginnt bereits bei dem für einen Operationssaal notwendigen Patientenschleusensystem bis hin zu den notwendigen Hygienevoraussetzungen. Nur bei einer ausreichenden Größe ist das gesamte Potenzial eines Hybrid-OPs abrufbar. Bei einer interdisziplinären Nutzung, die in der Regel zu einer großen Anzahl unterschiedlicher und komplexer Eingriffe führt, sollte die Raumgröße großzügiger veranschlagt werden, als bei einer alleinigen Nutzung durch die Gefäßchirurgie. Obwohl Hybrid-OPs bereits ab einer Raumgröße von 45 m² realisierbar sind, sollte die ideale Größe etwa 70 m² betragen. Neben der Raumgröße spielt aber auch die Deckenhöhe eine wichtige Rolle, die > 3 m sein sollte. Abhängig von dem ausgewählten Gerätetyp ist die Anbringung von Monitoren, OP-Leuchten und Versorgungssampeln zu planen, um einen möglichst reibungsfreien Arbeitsablauf zu gewährleisten. Um einen guten Monitorkontrast zu erreichen, müssen bei vorhandenen Fenstern Abdunkelungsmöglichkeiten mit eingeplant werden.

Neben dem Hybrid-OP sind weitere angegliederte Räume für den Betrieb essenziell. Zum einen ist ein Kontrollraum zwingend vorgeschrieben. Allerdings wird aufgrund der technischen Anforderungen einer modernen Hybrid-OP-Angiographieanlage auch ein Technikraum von etwa 10 m² benötigt. Mit dem Zuwachs an therapeutischen Möglichkeiten wächst natürlich auch das notwendige Material (z. B. Prothesen, Stents, Ballone, Schleusen, Katheter etc.), welches in einem ausreichend großen Lagerraum vorgehalten werden muss.

Neben den üblichen Komponenten eines Operationssaales (z. B. Versorgungssampeln, OP-Leuchten) sind Bildbetrachtungsmonitore zu installieren, die von beiden Seiten des Tisches einsehbar sein müssen. Bei der Anordnung der einzelnen Komponenten ist auf ihren Bewegungsradius in Bezug auf die Angiographieanlage zu achten, um eine störungsfreie Benutzung während des OP-Betriebes zu ermöglichen.

Neben dem Livebild der aktuellen Durchleuchtung gibt es die Möglichkeit, je nach Anwenderprofil weitere Daten- und Informationsquellen (z. B. präoperative Bildgebung, Referenzbild, Vitalparameter) auf die Bildschirme einzuspielen, was eine Video- und IT-Vernetzung notwendig macht. Zusätzlich sollte von Beginn an eine Schnittstelle mit dem krankenhaus-eigenen „Picture Archiving and Communication System“ (PACS, Bildablage- und Kommunikationssystem) ermöglicht werden, um zum einen eine Speicherung der im Hybrid-OP erstellten Bilddaten zu gewährleisten, zum anderen aber auch den Zugriff auf präoperativ erstellte Bildgebung zur intraoperativen Weiterverarbeitung (z. B. Fusion Imaging) zu ermöglichen.

Auswahl des Gerätetyps

Grundsätzlich kann zwischen mobilen und fest installierten Angiographiegeräten unterschieden werden. Während mobile Geräte durch ihre Transportfähigkeit auch in anderen Operationssälen eingesetzt werden können, besitzen sie in Bezug auf ihre Bildgebungseigenschaft aber auch relevante Nachteile. Neben einer geringeren Röhrenleistung besitzen sie aufgrund der mangelnden Kühlmöglichkeiten auch eine geringere Bildwiederholfrequenz bei fehlendem Überhitzungsschutz. Mit einer kleineren Detektorgröße ergibt sich somit eine deutlich reduzierte Bildqualität, die sich für den Einsatz für komplexe endovaskuläre Eingriffe nicht eignet.

Für fest installierte Angiographieanlagen stehen aktuell 3 Gerätetypen für einen Einsatz im Hybrid-OP zur Verfügung, wobei grundsätzlich zwischen boden- und deckenmontierten Systemen unterschieden wird. Alle Systeme besitzen die üblichen weiterführenden Angiographiemöglichkeiten mit der Möglichkeit zur dreidimensionalen (3D-) Bildgebung und sollten einen großen Detektor (30 × 40 cm) aufweisen. Unterschiede in Hinblick auf Platzbedarf, Installationsaufwand, baulicher Vorbereitungen und Voraussetzungen, Interferenzen mit anderen im Operationssaal benötigten Komponenten und nicht zuletzt auf den Preis machen eine frühzeitige Entscheidung in der Planungsphase notwendig.

Bei einem bodenmontierten System handelt es sich um einen auf einen Industrieroboterarm montierten C-Arm, der an der Kopfseite des Patienten platziert ist. Durch die fixe Bodenmontage im Raum besteht keine Variabilität in Bezug auf die Parkposition, sodass für rein operative Eingriffe Interferenzen für den Raumbedarf der Anästhesie entstehen können.

Die jüngste Methode stellt einen auf eine mobile Plattform montierten C-Arm dar, welcher durch einen lasergeführten Positionierer im Raum bewegt werden kann. Das erste System in einem Hybrid-OP weltweit wurde in Frankreich installiert. Anwendungserfahrungen im deutschsprachigen Raum gibt es hierzu allerdings noch nicht.

Die Firma Philips Healthcare setzt dagegen auf das deckengebundene System Flexmove, an dem der Allura Xper C-Arm montiert ist. Einer der größten Vorteile dieses Systems ist, dass diese deckenhängende Ausführung des C-Arms als einziges System sinnvoll in kleinen Operationssälen eingebaut werden kann. Des Weiteren kann die Anästhesie am Kopfende des Patienten positioniert werden, ohne dass die Bewegung des C-Arms der Angiographieanlage deren Arbeit beeinträchtigt. Eine flexible Parkposition des C-Arms im Hybrid-OP ermöglicht der Anästhesie eine freie Raumeinteilung, sodass der Hybrid-OP auch als vollwertiger Operationssaal für komplexeste Eingriffe, wie der offenen Rekonstruktion thorakoabdomineller Aortenaneurysmen (TAAA), verwendet werden kann (Abb. 4). Durch die Anordnung des Schienensystems außerhalb der Zugluftdecke (Laminar-Airflow) werden Turbulenzen in den Verdrängungsströmungen vermieden, sodass auch anspruchsvollste hygienische Voraussetzungen gewahrt bleiben.

Durch die Philips-eigene ClarityIQ-Technologie kann die Strahlendosis der Angiographieanlage für Personal und Patient durch die Anpassung aller Aufnahmeparameter an die

augenblickliche Situation erheblich reduziert werden. In einer klinischen Studie konnte sogar eine Strahleneinsparung von bis zu 75 % bei gleichbleibender Bildgebungsqualität mit ClarityIQ im Vergleich zu einer konventionellen Angiographie nachgewiesen werden [10]. Somit kann sowohl für Patienten als auch für den Behandler allein durch technische Voraussetzungen ein relevanter Strahlenschutz erreicht werden.

Neben der Auswahl der Angiographieanlage spielt der Patiententisch eine nicht unerhebliche Rolle. Grundsätzlich ist dabei zwischen einem konventionellen Angiographietisch und einem in die Angiographieanlage vollständig integrierten OP-Tisch mit einem Wechselplattensystem zu unterscheiden. Die Auswahl sollte sowohl den offen-operativen als auch endovaskulären Anforderungen Rechnung tragen. Gewisse Kompromisse ergeben sich durch nicht-röntgendurchlässige Komponenten zur flexiblen Lagerung für offene Eingriffe.

■ Klinische Anwendungen und Vorteile

Trotz der stationären Angiographieanlage bleibt aufgrund der räumlichen Größe und der technischen und hygienischen Ausstattung die Möglichkeit erhalten, sämtliche offen-operative Verfahren durchzuführen. Aufgrund der hochqualitativen Bildgebung besteht die sofortige Möglichkeit, eine intraoperative Erfolgskontrolle mithilfe einer Angiographie durchzuführen und daraus unmittelbare Konsequenzen zu ziehen.

Bereits in der Bedienung ergeben sich erste Vorteile, da sich der C-Arm der Angiographieanlage durch den Operateur schnell und gezielt bedienen lässt. Dies ist insbesondere bei komplexen endovaskulären Eingriffen von Bedeutung, wo eine Vielzahl von Positionswechseln des C-Arms während des Eingriffs notwendig ist.

Einen weiteren großen Vorteil stellen die „Advanced Imaging“-Techniken dar, die neben einer Strahlenreduktion auch eine Reduktion der Eingriffszeiten und des Kontrastmittelverbrauches bewirken können.

Bei der Dynamic 3D-Roadmap-Technik werden 2D-Röntgendurchleuchtungsbilder mit 3D-Datensätzen des Gefäßbaumes überlagert. Zum einen besteht bei dieser Technik die Möglichkeit zum „Fusion Imaging“, bei dem präoperativ aufgenommene Computertomographie- (CT-) Angiographien mit der Röntgendurchleuchtung fusioniert werden. In einer vergleichenden Studie bei der Implantation von gebrannten und fenestrierten endovaskulären Aortenprothesen zwischen „Fusion Imaging“ und einer Kontrollgruppe konnte bei unveränderter Durchleuchtungszeit eine signifikante Verringerung der Kontrastmittelmenge und Eingriffszeit erreicht werden [11].

Auch mithilfe der Angiographieanlage können im Hybrid-OP Bildsätze für die 3D-Roadmap-Technik generiert werden. Dies kann mithilfe einer Rotationsangiographie erfolgen, die dreidimensionale Einsichten in die vaskulären Strukturen des Patienten ermöglicht.

Das XperCT stellt dagegen ein Cone-Beam-CT der neuesten Generation dar, das hochauflösende 3D-Bilder erzeugt, die neben den Gefäßstrukturen auch umliegende Strukturen wie-



Abbildung 4: Nutzung des Hybrid-OPs als vollwertigen Operationssaal zur offenen Operation eines thorakoabdominellen Aortenaneurysmas mit Herz-Lungen-Maschine (Cardiohelp, Maquet).

dergeben. Dieses Verfahren eignet sich in der Gefäßchirurgie besonders für komplexe Fälle, um z. B. die korrekte Lage von Stentprothesen zu überprüfen oder bereits intraoperativ mögliche Endoleaks zu detektieren.

Im Falle eines Endoleaks kann dann durch die XperGuide-Technik mithilfe einer Überlagerung des 3D-Weichteil-Bilddatensatzes des XperCTs mit der zweidimensionalen Live-Röntgendurchleuchtung eine optimale Steuerbarkeit einer Nadel zur Punktion des Aneurysmasacks erreicht werden. Dieser kann dann durch die Direktpunktion embolisiert und so das Endoleak ausgeschaltet werden.

Nicht alle endovaskulären Eingriffe bedürfen jedoch dieser aufwendigen Technik. Verhoeven et al. schlugen eine Einteilung aller endovaskulären Eingriffe in 4 Komplexitätsstufen vor, die einer unterschiedlichen Ausstattung und Infrastruktur bedürfen. Level I beinhaltet EVAR, thorakale endovaskuläre Aortenprothesen (TEVAR), sowie iliakale und femoro-popliteale endovaskuläre Eingriffe; Level II Iliac-Sidebranch und standard-fenestrierte Prothesen (2-fach); Level III komplexe fenestrierte Prothesen (3–4-fach) (Abb. 5, 6); Level IV-gebrannte Prothesen für TAAAs. Obwohl eine Empfehlung zur Durchführung aller endovaskulären Eingriffe unter optimaler Bildgebung abgegeben wird, wird das Vorhandensein eines Hybrid-OPs zumindest für Level-III- und -IV-Eingriffe als unabdingbar angesehen [12].

■ Interdisziplinäre Nutzungsmöglichkeiten

Die alleinige Nutzung eines Hybrid-OP-Saales durch die Gefäßchirurgie wäre wünschenswert, um so auch unvorhergesehene endovaskuläre Maßnahmen – wie z. B. bei intraoperativen Komplikationen oder rupturierten Aortenaneurysmen – zu jedem Zeitpunkt unabhängig durchführen zu können. Da dies anfangs oft nicht möglich ist und sich auch aufgrund der kleineren Abteilungsgrößen oftmals sowohl von der Auslastung als auch ökonomisch nicht rechnet, muss eine interdisziplinäre Nutzung in Betracht gezogen werden. Mögliche interdisziplinäre Partner und Anwendungsmöglichkeiten sind hierbei vielfältig, die insbesondere die Möglichkeit zur Navigation und CT-ähnlichen Schnittbildgebung im Rahmen des Hybrid-OPs nutzen [13].



Abbildung 5: Nutzung des Hybrid-OPs zur Implantation einer 4-fach fenestrierten endovaskulären Stentprothese bei einem thorakoabdominellen Aortenaneurysma (Zenith Fenestrated, Cook Medical).

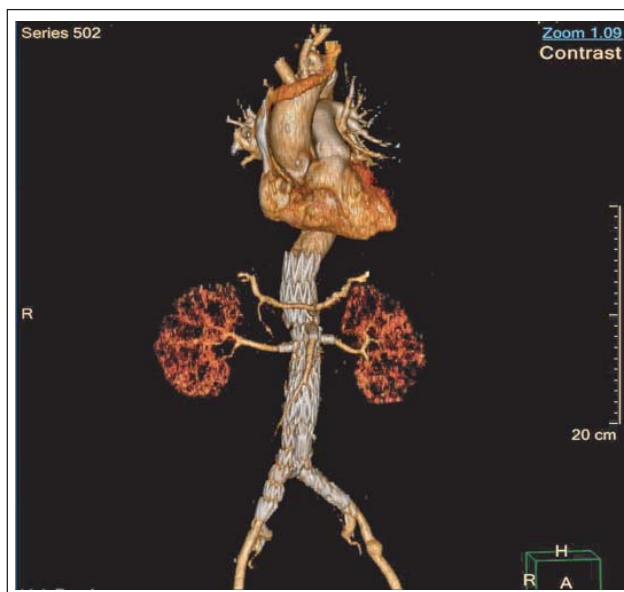


Abbildung 6: Postoperative CT-Angiographie des mit einer 4-fach fenestrierten endovaskulären Stentprothese versorgten thorakoabdominellen Aortenaneurysmas (Zenith Fenestrated, Cook Medical).

In der Orthopädie und Unfallchirurgie können durch die Möglichkeit zur 3D-Bildgebung, der Navigation und des vergrößerten Bildausschnittes minimal-invasive Techniken in der komplexen Becken- und Wirbelsäulenchirurgie angewendet werden.

Weitere Fachgebiete, die sich diese Techniken für ihre Behandlungsmöglichkeiten zunutze machen, stellen die Neurochirurgie (Behandlung zerebraler Aneurysmen und AV-Malformationen) und Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie (Rekonstruktionen des Gesichtsschädels) dar.

Die wichtigsten Partner in der interdisziplinären Nutzung eines Hybrid-OPs sind allerdings die Herzchirurgie und die Kardiologie. Während in der Herzchirurgie insbesondere die kombinierte offene und endovaskuläre Versorgung von Aortendissektionen eine wichtige Rolle spielt, werden sowohl von der Herzchirurgie als auch der Kardiologie kathetergestützte Aortenklappenimplantationen (TAVI) und die Implantation von transvenösen Schrittmachern und Defibrillatoren durchgeführt.

■ Ökonomische Aspekte

Ökonomische Aspekte spielen in der modernen Medizin eine zunehmend wichtigere Rolle. Deshalb muss sich ein Hybrid-OP auch in Hinblick auf die finanzielle Rentabilität bewähren, zumal die Anschaffungskosten (Umbaukosten nicht eingerechnet) in der Regel in den siebenstelligen Eurobereich gehen, die über unterschiedliche Möglichkeiten finanziert werden können. Neben den Anschaffungskosten spielen vor allem die Wartungskosten in nicht unerheblicher Höhe eine große Rolle, zumal diese in der Regel dem entsprechenden Abteilungsbudget zur Last gelegt werden. Um eine Amortisation der Kosten zu erreichen, ist eine Volllastung eines Hybrid-OPs notwendig, die unter Umständen nur über eine interdisziplinäre Nutzung zu erreichen ist.

Durch die Möglichkeit, komplexere endovaskuläre Eingriffe durchzuführen und der zunehmenden Nachfrage nach endovaskulärer Behandlung durch die Patienten selbst können neue Patientengruppen erschlossen und somit die Leistungszahlen ausgebaut werden.

Zusätzlich besteht die Möglichkeit der intraoperativen Erfolgskontrolle offener sowie endovaskulärer Rekonstruktionen durch eine qualitativ höchstwertige Bildgebung in 2D- und 3D-Technik, die bisher nur postoperativ zur Verfügung stand. Somit lassen sich auch kleinste Fehler aufdecken, die eine Revision notwendig machen. Diese kann noch in demselben Eingriff durchgeführt werden, sodass sich sekundäre Revisionseingriffe einsparen lassen. Durch diese Einsparung werden sowohl Vorteile für den Patienten als auch ökonomische Vorteile (z. B. durch eine Verringerung von Überlebenszeiten) erzielt.

In einer ersten Analyse des Marien-Hospitals Witten (Deutschland) konnten bereits im ersten Jahr nach Anschaffung eines Hybrid-OPs die Patientenzahlen um 10 % und die entsprechende Fallschwere um mehr als 3 % gesteigert werden [14].

■ Kritische Stimmen

Neben den positiven Aspekten, die durch die Implementierung eines Hybrid-OPs für die Gefäßchirurgie entstehen, gibt es natürlich auch kritische Stimmen. Diese kommen insbesondere aus dem Bereich der Interventionellen Radiologie, die sich zusehends in einer Konkurrenzsituation zur Gefäßchirurgie in Bezug auf interventionelle Eingriffe befinden [15, 16].

Vertreter der Fachdisziplin „Interventionelle Radiologie“ führen mehrere Punkte an, weshalb perkutan-interventionelle Eingriffe nicht mit der endovaskulären Versorgung von Aortenaneurysmen gleichzusetzen sind, die in Deutschland durch

eine Richtlinie des Gemeinsamen Bundesausschusses (G-BA) als oberstes Beschlussgremium der gemeinsamen Selbstverwaltung der Ärzte, Zahnärzte, Psychotherapeuten, Krankenhäuser und Krankenkassen der Gefäßchirurgie als Behandlungsführer vorbehalten ist [17]. Neben der deutlich geringeren Anzahl endovaskulärer Eingriffe in der Facharztausbildung zum Gefäßchirurgen ($n = 25$) im Vergleich zum Radiologen ($n = 250$) spielen vor allem rechtliche Bedenken (Fachkunde Angiographie und Interventionsradiologie) und interdisziplinäre Überlegungen eine wichtige Rolle in der Diskussion. Zusätzlich wird auch aufgrund der in der Regel deutlich kleineren Abteilungsstruktur einer Gefäßchirurgie im Vergleich zur Radiologie davon ausgegangen, dass keine kompetente vaskuläre und endovaskuläre Rund-um-die-Uhr-Versorgung möglich ist [15]. Außer Acht gelassen wird dabei allerdings, dass sich der Gefäßchirurg dauerhaft mit Gefäßerkrankungen beschäftigt und durch die „endovaskuläre Revolution“ weit über diese 25 geforderten Eingriffe hinaus endovaskulär gearbeitet wird. Der Radiologe hingegen widmet in der Regel den Groß-

teil seiner Arbeitszeit der diagnostischen Bildgebung und nur ein kleiner Anteil arbeitet regelmäßig interventionell. Auch werden im deutschen Facharzkatalog für Radiologie nur 25 interventionell rekanalisierende Eingriffe gefordert, während für die Anzahl von 250 interventionelle und minimal-invasive radiologische Verfahren auch Drainageneinlagen angerechnet werden können. Dadurch ist in der Regel durch die Radiologie keine qualitativ hochwertige endovaskuläre Expertise über die normale Dienstzeit hinaus gegeben.

■ Interessenkonflikt

H.-H. Eckstein gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht. A. Zimmermann erhielt Studien-, Reisekostenunterstützungen und Honorare für Vorträge von den Firmen Philips GmbH, Maquet Deutschland GmbH und Cook Deutschland GmbH. Für die Verfassung des Artikels erhielt der Autor ein Honorar der Firma Philips GmbH.

■ Relevanz für die Praxis

Der Hybrid-OP stellt bereits jetzt den Standard für die invasive Versorgung von Gefäßkrankheiten in der Gefäßchirurgie dar. Vor wenigen Jahren noch ein Alleinstellungsmerkmal, ist eine Gefäßchirurgie heutzutage aufgrund der zunehmenden endovaskulären Therapiemöglichkeiten und der verstärkten Nachfrage der Patienten nach diesen minimal-invasiven Behandlungen auf dem umkämpften Markt der Gefäßerkrankungen ohne Hybrid-OP nicht mehr konkurrenzfähig. Nur durch die technischen Voraussetzungen, auch komplexeste endovaskuläre Eingriffe durchführen zu können, kann ein Wachstum der eigenen Abteilung erreicht werden. Durch die bessere Bedienbarkeit und neuer und qualitativ hochwertiger Bildgebungsmöglichkeiten lässt sich eine

Steigerung von Qualität und Sicherheit sowohl bei endovaskulären als auch offen-operativen Eingriffen erreichen, wodurch die Behandlungsqualität der Patienten erhöht werden kann. Zusätzlich kann für Patienten und Personal eine Reduktion der Strahlenbelastung erzielt werden.

Bereits bei der Planung des Hybrid-OPs wird der Grundstein für einen späteren reibungslosen Workflow und der finanziellen Rentabilität gelegt. Obwohl eine alleinige gefäßchirurgische Nutzung wünschenswert wäre, muss im Sinne der effizienten Ressourcenauslastung über eine interdisziplinäre Nutzung nachgedacht werden, die in der Planung unbedingt zu berücksichtigen ist.

Literatur:

- Dotter CT, Judkins MP. Transluminal treatment of arteriosclerotic obstruction. Description of a new technic and a preliminary report of its application. *Circulation* 1964; 30: 654–70.
- Grüntzig A. Die perkutane Rekanalisation chronischer arterieller Verschlüsse (Dotter-Prinzip) mit einem neuen doppelumigen Dilatationskatheter. *Rofo* 1976; 124: 80–6.
- Palma JC, Sibbitt RR, Tio FO, et al. Expandable intraluminal vascular graft: a feasibility study. *Surgery* 1986; 99: 199–205.
- Zimmermann A, Berger H, Eckstein HH. Die ABC- („Angioplasty or Bypass Surgery in Intermittent Claudication“-) Studie. *Gefäßchirurgie* 2014; 15: 5–10.
- Statistisches Bundesamt. Operationen und Prozeduren der vollstationären Patientinnen und Patienten in Krankenhäusern. <https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Gesundheit/Krankenhaeuser/OperationenProzeduren.html> 2014 (Zuletzt gesehen: 29.12.2014).
- Trenner M, Haller B, Söllner H, et al. 12 Jahre „Qualitätssicherung BAA“ der DGG – Teil 1: Trends in Therapie und Outcome des nicht rupturierten abdominalen Aortenaneurysmas in Deutschland zwischen 1999 und 2010. *Gefäßchirurgie* 2013; 18: 206–13.
- Eckstein HH, Knipfer E, Trenner M, et al. Epidemiologie und Behandlung der PAVK und der akuten Extremitätenischämie in deutschen Krankenhäusern von 2005 bis 2012. *Gefäßchirurgie* 2014; 19: 117–26.
- Kühn A, Söllner H, Flessenkämper I, et al. Status quo der Gefäßchirurgie in Deutschland. *Gefäßchirurgie* 2014; 18: 355–64.
- Statistisches Bundesamt. Tiefgegliederte Diagnosedaten der Krankenhauspatientinnen und -patienten (Datensatzstruktur). <https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Gesundheit/Krankenhaeuser/TiefgegliederteDiagnosedaten.html> (Zuletzt gesehen: 29.12.2014).
- Soderman M, Holmin S, Andersson T, et al. Image noise reduction algorithm for digital subtraction angiography: clinical results. *Radiology* 2013; 269: 553–60.
- Sailer AM, de Haan MW, Peppelenbosch AG, et al. CTA with fluoroscopy image fusion guidance in endovascular complex aortic aneurysm repair. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2014; 47: 349–56.
- Verhoeven E, Katsargyris A, Topel I, et al. Angio-Hybrid-Operationsraum: Grundvoraussetzung nur für komplexe endovaskuläre Eingriffe? *Zentralbl Chir* 2013; 138: 516–20.
- Gebhard F, Riepl C, Richter P, et al. Der Hybridoperationssaal. *Unfallchirurg* 2012; 115: 107–20.
- Freitag T, Langer S. Die wirtschaftliche Lösung für die Integration von Bildgebung und Chirurgie – Hybrid-OP. *Zentralbl Chir* 2012; 137: 436–9.
- Vorwerk D. Schwindende Fachgrenzen zwischen Gefäßchirurgie und interventioneller Radiologie aus Sicht des Radiologen. *Chirurg* 2010; 81: 1081–7.
- Wohlgemuth WA. Brauchen wir den Hybridoperationssaal. *Radiologe* 2013; 53: 531–4.
- Gemeinsamer Bundesausschuss. Richtlinie des Gemeinsamen Bundesausschusses über Maßnahmen zur Qualitätssicherung für die stationäre Versorgung bei der Indikation Bauchaortenaneurysma. https://www.g-ba.de/downloads/62-492-842/QBAA-RL_2013-11-06.pdf 2013: 1–6 (Zuletzt gesehen: 29.12.2014).

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