

Medizinische Fakultät
der
Universität Duisburg- Essen

Aus den Kliniken Essen Mitte
Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin
und Schmerztherapie

Teamorientiertes Reanimationstraining

Simulation eines lebensbedrohlichen Notfalls in der roboterassistierten Chirurgie

I n a u g u r a l – D i s s e r t a t i o n

zur

Erlangung des Doktorgrades der Medizin
durch die Medizinische Fakultät
der Universität Duisburg - Essen

Vorgelegt von

Anna Sophia Huser

aus Essen

2015

Dekan: Herr Univ.-Prof. Dr. med. J. Buer

1. Gutachter: Herr Prof. Dr. med. H. Groeben

2. Gutachter: Herr Univ.-Prof. Dr. med. R. Kimmig

Tag der mündlichen Prüfung: 13. Januar 2016

Publikation:

Huser, A.-S., Müller, D., Brunkhorst, V., Kannisto, P., Musch, M., Kröpfel, D., Groeben, H. (2014):

Simulated life-threatening emergency during robot-assisted surgery.

J. Endourol. 28, 717–721.

Postervorstellung als Erstautorin der Studie auf dem Kongress der Deutschen Interdisziplinären Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin 2012.

Vortragsvorstellung der Studie auf dem American Society of Anesthesiologists (ASA) 2012 Annual Meeting.

Inhaltsverzeichnis:

Einleitung	Seite 5
Material und Methoden	Seite 7
Ergebnisse	Seite 12
Diskussion	Seite 16
Zusammenfassung	Seite 34
Literaturverzeichnis	Seite 35
Anhang	Seite 43
Danksagung	Seite 52
Lebenslauf	Seite 53

Einleitung:

Seit 2009 werden in der Klinik für Urologie, Kinderurologie und urologische Onkologie und seit 2011 auch in der Klinik für Gynäkologie und gynäkologische Onkologie in den Kliniken Essen Mitte roboterassistierte Eingriffe mit dem DaVinci System der Firma Intuitive, California, durchgeführt. Mit der zunehmenden Anzahl an behandelten Patienten steigt auch das Risiko für Komplikationen. Roboterassistierte Eingriffe unterscheiden sich vom operativen Vorgehen mittels Laparotomie, der limitierte Zugang zum Patienten ist nur ein Aspekt, der das Management von Komplikationen deutlich erschweren kann. Zusätzlich ist der Patient noch fest mit dem Operationsroboter konnektiert. Lebensbedrohliche Zwischenfälle bei elektiven operativen Eingriffen bleiben dennoch selten. Wie also soll ein Operationsteam auf Komplikationen vorbereitet werden?

Aus der Luftfahrt kommend stellt die Simulation von Zwischenfällen eine Möglichkeit zum Training von medizinischem Personal dar. Die technischen Voraussetzungen in der anästhesiologischen und chirurgischen Patientenbetreuung sind so sicher wie aktuell möglich. Trotzdem stellen die sogenannten Human Errors die häufigste Fehlerquelle dar. Im Simulationstraining sollen nicht nur die rein technischen Fähigkeiten wie etwa den Basic Life Support (BLS), sondern auch nicht technische Fähigkeiten trainiert werden (Holzman et al. 1995). Für den Anästhesisten definiert Yee (Yee et al. 2005) die non technical skills (NTS) als Aufgabenverteilung, Teamwork, Situative Aufmerksamkeit und die Fähigkeit Entscheidungen zu treffen. Ähnliche Zusammenstellungen gibt es für das sogenannten Crew Resource Management, kurz CRM, welches in der Luftfahrt als Cockpit Resource Management durchgeführt wird. Regelmäßig werden bei Simulationstrainings die Fachrichtungen bzw. Berufsgruppen einzeln trainiert. Hier lassen sich natürlich die technical skills gut trainieren. Die non technical skills können hier nur in einer geschlossenen Gruppe trainiert werden, die im klinischen Alltag so nicht existent sein wird. Um dem Operationsteam ein adäquates Training am Simulator und Operationsroboter zu ermöglichen, rekrutierten wir 6 komplette Operationsteams (Pflegepersonal Anästhesie und OP, Anästhesist, Urologe oder Gynäkologe) und begleiteten diese durch die Simulationstrainings.

Bereits 2009 war ein tödlicher Zwischenfall unter roboterassistierter Chirurgie beschrieben worden (Thompson 2009). Schon vor der Durchführung der Trainingsreihe bestand die Vermutung, dass das Abkoppeln des Patienten vom Roboter die erste Schwierigkeit darstellen würde und dass davon ebenfalls der Beginn der kardiopulmonalen Reanimation abhängen würde. Dementsprechend wurde das Training unter folgender Fragestellung durchgeführt:

1. Wie lange würde es dauern, den Roboter zu entkoppeln und mit der Thoraxkompression zu beginnen?
2. Wie lange wäre die Zeitspanne bis zur ersten effektiven Defibrillation?
3. Könnte die Durchführung der Reanimation durch eine erneute Trainingseinheit nach 8 Wochen verbessert werden?

Es wurde also ein Simulationstraining durchgeführt, welches nicht, wie häufig üblich, in einer isolierten Umgebung mit einem künstlich zusammengesetzten Team stattfand, sondern unter möglichst realen Bedingungen mit einem realen Team wurde der Simulator zu den Trainierenden gebracht und nicht umgekehrt.

Material und Methoden:

Für das Training verwendeten wir einen Full Size Simulator (iSTAN 219) der Firma METI, California. Der abdominelle Bereich des Simulators wurde mit Schaumstoff so präpariert, dass die fünf bzw. vier für die Simulation der Wertheim Operation, Trokare für die Prostatektomie sicheren Halt hatten und die darunter liegende Hauptplatte nicht beschädigt wurde. Als Ausgangssituation wurde ein Patient erstellt, der einer ASA III Klassifikation (Abb. 1) entsprach. Die Anamnese zeigte einen 69-jährigen Patienten bzw. eine 69-jährige Patientin, milde Adipositas, eine koronare Herzerkrankung mit Zustand nach RIVA Stenting vor zehn Jahren bei stattgehabtem Myokardinfarkt, eine arterielle Hypertonie und Nikotinabusus von 25 Zigaretten pro Tag. Die Vormedikation bestand aus einem Betablocker, Diuretikum, Lipidsenker und einem inhalativen β_2 -Mimetikum in Kombination mit einem inhalativen Glukokortikoid. Vorgegeben war damit ein altersentsprechend etwas eingeschränkt belastbarer Patient mit ernstzunehmenden Vorerkrankungen. Entsprechend der Vorerkrankungen des simulierten Patienten, wurde das hinterlegte physiologische System eingestellt. Vor Beginn der Simulation wurde ein Volumenmangel von -1000ml eingestellt, geschuldet dem bestehenden Nüchterndefizit des Patienten und der zusätzlichen Diuretikatherapie. Die Koronarreserve wurde vermindert, der Widerstand über der Aortenklappe erhöht, so dass diese Werte denen eines Patienten mit einer koronaren Herzerkrankung und einer leicht- bis mittelgradigen Aortenklappenstenose entsprachen. Bei anamnestisch bestehendem langjährigem Nikotinabusus und bereits notwendiger inhalativer Therapie wurde die Thoraxwand- und Lungencompliance im Sinne einer leichtgradigen chronischen Bronchitis herabgesetzt.

Als perioperatives Monitoring standen ein drei Kanal EKG, invasive und noninvasive Blutdruckmessung und pulsoxymetrische SO_2 Messung zur Verfügung. Der Patient war mit einem endotracheal Tubus, einem arterieller Katheter in der Arteria radialis links, einem dreilumigen zentralem Venenkatheter und einer peripheren Venenverweilkanüle 18 G ausgestattet. Alle venösen Zugänge konnten zur Volumen- und Medikamentengabe genutzt werden. Bei Anforderung einer arteriellen Blutgasanalyse sollte die arterielle Blutprobe entnommen werden. Der entsprechende Teilnehmer sollte das Setting verlassen, um zum Analysegerät zu

gehen. Beim Wiedereintreffen wurden die Ergebnisse der Blutgasanalyse ausgehändigt.

Die erste Blutgasanalyse zeigte keine Auffälligkeiten, bis auf eine milde Hypokaliämie bei 3,8mmol/l und einen etwas herabgesetzten paO_2 289mmHg unter FiO_2 1,0. Sowohl respiratorische als auch kardiozirkulatorische Parameter bewegten sich zu Beginn der Simulation im Normalbereich. Mittels Cardiac Rhythm Override wurde ein Sinusrhythmus mit 10% ventrikulären Extrasystolen als Ausgangsrhythmus eingespielt.

Der Simulator wurde in einem Operationssaal platziert, der auch im Regelbetrieb für roboterassistierte Chirurgie zur Verfügung steht. Dieser befindet sich nicht auf einer Ebene mit dem Zentral-OP. Eine komplette Notfallausrüstung steht zur Verfügung. Das nächste Blutgasanalysegerät befindet zwei Stockwerke tiefer im Aufwachaum des Zentral-OPs. Die Intensivstation ist drei Stockwerke tiefer im Sockelgeschoss.

Bei der Zusammensetzung der Teams wurden Mitarbeiter ausgewählt, die auch im Routinebetrieb in der roboterassistierten Chirurgie arbeiten. Jedes Team bestand aus einem Operateur und einem Assistenten, jeweils der Gynäkologie oder Urologie zugehörig. Die OP-Pflege stellte jeweils einen instrumentierenden OP-Pfleger und einen Springer. Das anästhesiologische Team war ein Assistenzarzt und eine Pflegekraft, zusätzlich konnte jederzeit die routinemäßig zuständige Oberärztin hinzugezogen werden.

Jedes Team wurde in die bestehende Situation eingewiesen. Alle Teilnehmer wurden darauf hingewiesen, dass sie auf alle, in der normalen Tagesroutine verfügbaren Ressourcen, zurückgreifen könnten. Den Anfangspunkt der Simulation stellte die Übernahme der Narkose kurz vor Beginn der Operation dar.

Der Simulator wurde in der bei der roboterassistierten Chirurgie üblichen, ca. 30 - 45° Kopftieflage gelagert. Die Teilnehmer konnektierten den Roboter über die Trokare am Patienten. Nach erfolgreicher Konnektion, legte der Operateur den sterilen Kittel und die sterilen Handschuhe ab, um seinen Platz an der Steuerungskonsole einzunehmen.

Unter dem zu Beginn der Simulation bestehenden, Sinusrhythmus mit 10% ventrikulären Extrasystolen, war der Patient hämodynamisch stabil. Nachdem die Operation begonnen hatte, wurde mittels Cardiac Rhythm Override ein Sinusrhythmus mit 25% ventrikulären Extrasystolen im Sinne von blutdruckrelevanten Couplets und Tripletts eingespielt.

Nach ca. 90 Sekunden wurde der bestehende Herzrhythmus in ein grobschlägiges Kammerflimmern ohne messbaren Auswurf geändert. Vor Beginn einer suffizienten kardiopulmonalen Reanimation musste nun der Roboter diskonnektiert werden. Ohne das Entfernen der im Roboter fixierten Trokare bestünde sonst ein hohes Risiko für intraabdominelle Verletzungen. Nach leitliniengerechter kardiopulmonaler und medikamentöser Reanimation und dreimaliger suffizienter Defibrillation wurde der Patient zunächst in eine ventrikuläre Tachykardie mit Auswurf überführt. Nach erneuter Defibrillation etablierte sich ein stabiler Sinusrhythmus mit ST Streckensenkungen und 25% ventrikulären Extrasystolen. Unter adäquater Katecholamin- und Volumentherapie zeigte der Patient einen suffizienten Auswurf und stabile Kreislaufverhältnisse.

Zu Beginn der Simulation wurde der Patient in 45° Kopftieflage gebracht. Wurde der OP-Tisch nun ohne zusätzliche Volumentherapie des Patienten wieder in die Null Position bewegt, reagierte der Patient erneut mit deutlicher Hypotonie im Sinne des relativen Volumenmangels.

Ziel der Simulation war also eine Situation, in der der Patient so stabil wäre, dass entweder ein Transport auf die Intensivstation oder ein möglichst schnelles Beenden der Operation möglich wäre. Die Transportzeit auf die Intensivstation würde, aufgrund der räumlichen Gegebenheiten und mit Umlagern des Patienten mindestens 10 Minuten betragen.

Den Abschluss jedes Simulationstrainings stellte der Dialog zwischen Anästhesist und Operateur dar. Hier wurde besprochen, ob die Operation zum gegenwärtigen Zeitpunkt abgebrochen werden konnte, um den Patienten auf die Intensivstation zu verlegen.

Jeder Trainingsdurchgang dauerte zwischen 13 und 18 Minuten. Es wurden sechs Teams durch die Simulation begleitet. Die Teilnehmer wurden gefilmt. Verabreichte

Medikamente wurden in angeordneter Dosierung in das physiologische System des Simulators eingegeben. Vor jedem Training wurden die Teilnehmer gebeten einen Fragebogen (Abb. 2), im Anhang beiliegend, auszufüllen. Dieser enthielt Fragen bezüglich der zeitlichen Erfahrung mit roboterassistierter Chirurgie, der persönlichen Einschätzung zur Sicherheit im Umgang mit Komplikation und der vermuteten Zeitspanne, die nötig wäre, den Roboter zu diskonnektieren. Der Fragebogen wurde anonym, aber nach Berufsgruppenzugehörigkeit ausgewertet.

Die Zeitspannen zu folgenden Eckpunkten wurden gemessen: erste suffiziente Herz-Druck-Massage, Diskonnetion des Roboters, erste suffiziente Defibrillation und Return of spontaneous circulation (ROSC). Zur späteren Überprüfung wurde das Videomaterial genutzt.

Im Anschluss an das erste Training fand ein gemeinsames Debriefing statt. Dabei wurden Ausschnitte aus dem Videomaterial gezeigt und eine Checkliste, im Anhang beiliegend, erstellt. Diese Checkliste enthielt Handlungsanweisungen, welche im Notfall ein schnelleres und sicheres Ablaufen der notwendigen Maßnahmen gewährleisten sollten. Die fertige Checkliste wurde den beteiligten Berufsgruppen nach dem Training ausgehändigt und in den genutzten OP-Säle gut sichtbar angebracht.

Nach 7 Wochen wurde das Simulationstraining wiederholt. Soweit im Rahmen der klinischen Routine möglich, wurden die gleichen Teams zum Training gebeten. Erneut wurden die Teilnehmer gebeten vorher den Fragebogen auszufüllen, um zu vergleichen, ob sich die eigene Einschätzung nach dem ersten Training verändert hatte. Das Simulationstraining entsprach bezüglich der Vorbereitungen und der Durchführung dem vorangehenden Training. Die gemessenen Zeitspannen wurden erneut mittels Videomaterial überprüft.

Die Zeiten zu den einzelnen Eckpunkten wurden mittels StatView analysiert und verglichen.

Sehr geehrte Teilnehmer des Simulationstrainings,
bitte beantworten Sie **bevor es los geht** die folgenden Fragen:

Berufsbezeichnung:

Anästhesist		Anästhesiepflege		Operateur		OP Assistenz		OP Pflege
-------------	--	------------------	--	-----------	--	-----------------	--	-----------

1. Seit wann praktizieren Sie Roboterassistierte Chirurgie?

_____ Monate _____ Jahre

2. Fühlen Sie sich „sicher“ im Umgang mit Komplikationen?

Vollkommen ----- Ausreichend ----- Gar nicht

3. Sind Ihnen aus der eigenen Erfahrung / dem Kollegenkreis Komplikationen, die zu einer Schädigung des Patienten geführt haben, bekannt?

JA NEIN

4. Resultiert aus der Benutzung des Roboters in Ihren Augen ein zusätzliches Risiko für den Patienten?

JA NEIN

5. Wie lang schätzen Sie das Zeitfenster bis zur Diskonnektion des Robotersystems ein?

_____ Min. _____ Sec.

6. Wie beurteilen Sie die Zusammenarbeit Operateur / Anästhesie in Bezug auf potentiell lebensbedrohliche Komplikationen?

Bitte beantworten Sie **nach der Simulation** die folgenden Fragen:

7. Fühlen Sie sich nach der Simulation sicherer im Bezug auf den Umgang mit Komplikationen?

JA NEIN

8. Haben sich Ihre Einschätzungen nach der Simulatorübung geändert?

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit

Abb. 2: Teilnehmerfragebogen zum Simulationstraining

Ergebnisse:

Zunächst wurde die Teamzusammensetzung genauer analysiert. Es wurden 4 urologische Teams durch das Training begleitet. Diese bestanden jeweils aus einem urologischen Facharzt als Operateur und einem weiteren Facharzt oder einen Assistenzarzt als Assistent. Zusätzlich wurden 2 gynäkologische Teams trainiert. Diese bestanden ebenfalls aus einem erfahrenen Facharzt als Operateur und einem Assistenten. Das OP Pflegepersonal wurde in Paarungen den Teams zugeteilt, die auch im klinischen Alltag üblich sind. Die zuständigen Anästhesisten waren Assistenzärzte im ersten bis vierten Weiterbildungsjahr. Die aufsichtsführende Oberärztin ist auch im Routinebetrieb für die OP Säle, in denen roboterassistiert gearbeitet wird, zuständig.

Innerhalb des Trainings wurden mehrere Zeitspannen gemessen, die Startzeit war jeweils der Beginn des Kammerflimmerns:

1. Beginn der kardiopulmonalen Reanimation (CPR)
2. „Call for Help“
3. Diskonnektion vom Robotersystem
4. 1. Suffiziente Defibrillation
5. 1. Gabe von Suprarenin
6. 1. Gabe von Amiodaron
7. „Return of Spontaneous Circulation“ (ROSC)

Die Hypothese vor Beginn der Studie war, dass sich die Zeit bis zum Beginn der Thoraxkompression zur kardiopulmonalen Reanimation, aufgrund der zuvor notwendigen Dekonnektion des Robotersystems, nicht wesentlich verbessern lassen würde. In der Wiederholung des Trainings zeigten sich die Zeitspannen jedoch deutlich different. Im ersten Simulationsdurchgang betrug die Zeit 71 ± 30 Sekunden und verbesserte sich im zweiten Durchgang auf 25 ± 9 Sekunden ($p = 0,008$). Die Zeit bis zum „Call for Help“ zeigte ebenfalls eine deutliche Verbesserung, allerdings ist die Gesamtzeit durch einen Ausreißer verfälscht. Die teilnehmende Kollegin hatte im ersten Training zunächst nicht bedacht, dass die Oberärztin dazu gerufen werden konnte. Dadurch hatte sich die Zeitspanne auf das 4,9 fache im Vergleich mit den anderen Teams ausgedehnt. Dies zeigte sich auch

in den entsprechenden p Werten. Im Vergleich zwischen dem ersten und dem zweiten Simulationsdurchgang zeigt sich $p = 0,086$ mit dem Ausreißerwert und $p = 0,0088$ ohne den entsprechenden Wert. Die Zeit, die zur Diskonnektion des Robotersystems benötigt wurde, hat sich im zweiten Training ebenfalls deutlich verkürzt 151 ± 83 Sekunden versus 52 ± 33 Sekunden, $p = 0,0303$. Im Gebrauch mit dem Defibrillator stellten sich im ersten Training einige technische Schwierigkeiten dar, so dass auch hier im zweiten Training eine deutliche Verbesserung sichtbar war, 264 ± 110 Sekunden versus 136 ± 45 Sekunden, $p = 0,0146$.

Entsprechend der schnelleren Durchführung der Maßnahmen im zweiten Simulationsdurchgang hat sich auch die Zeitspanne bis zum ROSC vom ersten zum zweiten Durchgang verbessert, 417 ± 215 Sekunden versus 225 ± 37 Sekunden, $p = 0,0054$, (Abb. 3).

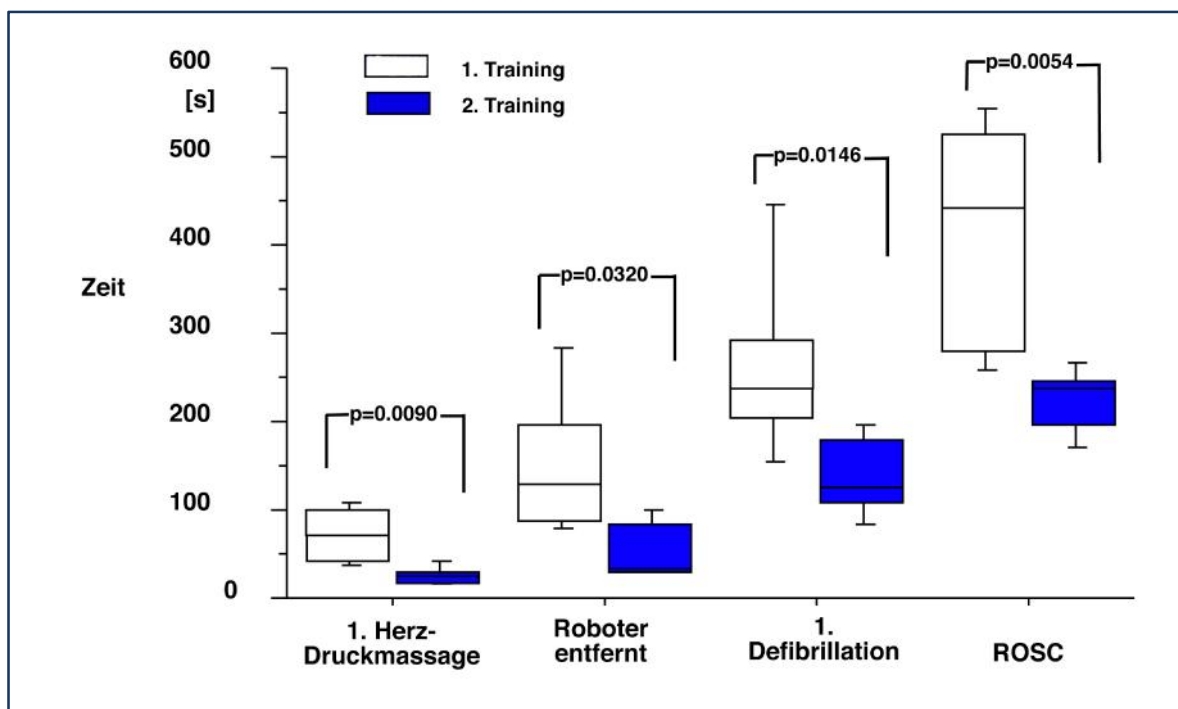


Abb. 3: Zeitspannen der zwei Trainingseinheiten. Im 2. Training, 8 Wochen nach dem 1. Termin, hatte sich die Zeit bis zur ersten Thoraxkompression, bis zum Abkoppeln des Roboters und bis zur ersten suffizienten Defibrillation signifikant verbessert.

Im Rahmen der Simulationstrainings wurden die Teilnehmer gebeten Fragebögen (Abb. 2) auszufüllen, es wurden 36 Fragebögen ausgegeben und ausgewertet. Die dabei erfragte Arbeitserfahrung der Teammitglieder mit roboterassistierter Chirurgie betrug im Mittel 16 ± 14 Monate (Min 1, max 34 Monate). Die Teilnehmer wurden gebeten, die Zeit, die zur Diskonnektion des Robotersystems benötigt würde, zu schätzen. Im Vergleich zwischen dem ersten und dem zweiten Training, hat sich auch die geschätzte Zeit nach dem zweiten Training deutlich verbessert, 182 ± 144 Sekunden zu 102 ± 61 Sekunden, $p = 0,0053$. Die von den Teilnehmern geschätzten Zeiten waren jedoch immer noch länger als die tatsächlich gemessenen Zeiten. Im ersten Training wurden 151 ± 83 Sekunden gemessen versus 182 ± 144 Sekunden geschätzt, im zweiten Training wurden 52 ± 33 Sekunden gemessen versus 102 ± 61 Sekunden geschätzt.

Zusätzlich wurde mithilfe des Fragebogens die Selbsteinschätzung der Teilnehmer im Umgang mit Komplikationen abgefragt. Die eigenen Fähigkeiten sollten mit Schulnoten bewertet werden. Die Anästhesieteams bewerteten sich vor dem ersten Training im Durchschnitt mit 4,6, die operativen Teams mit 4,0.

Nach Beendigung des ersten Trainings wurden die Teilnehmer zum Debriefing gebeten. Hier wurden technische Schwierigkeiten in Bezug auf das Robotersystem und den Defibrillator besprochen, auch Probleme in der Kommunikation und Zusammenarbeit wurden ebenfalls diskutiert und Lösungsstrategien entworfen. Hieraus wurde eine Checkliste (s. Abb. 7) erstellt, welche den Teilnehmern ausgehändigt wurde und in den Operationssälen, die zur Roboterassistierten Chirurgie genutzt werden, gut sichtbar angebracht wurde (Abb. 4).

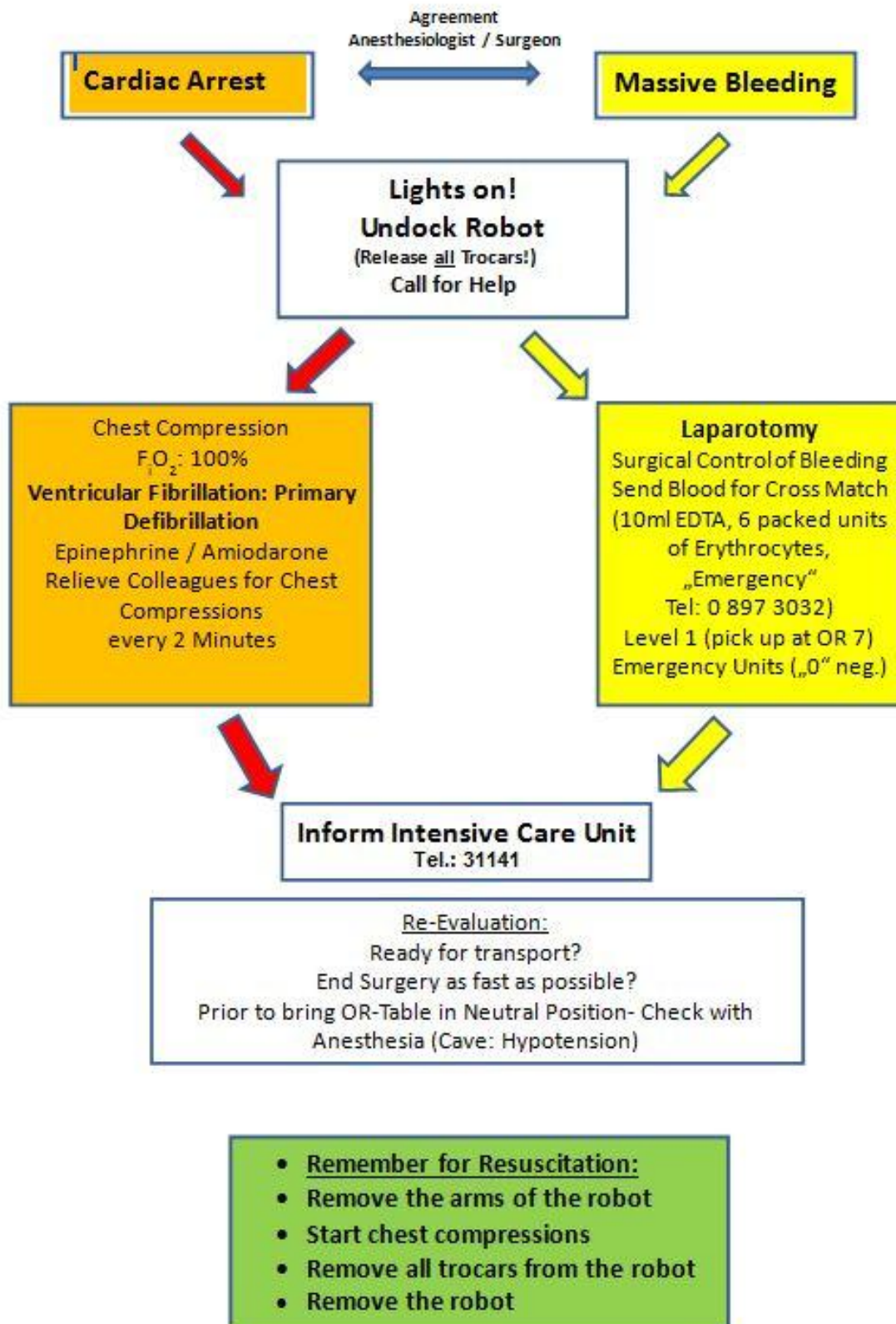


Abb. 4: Checkliste zum Vorgehen bei schwerwiegenden Komplikationen

Diskussion:

Die Durchführung von roboterassistierten Prostatektomien und Hysterektomien haben in den letzten Jahren deutlich an Akzeptanz gewonnen und werden an vielen Zentren durchgeführt. In unserem Fall wurde ein Robotersystems, Da Vinci, der Firma Intuitive California, verwendet. Hierbei handelt es sich um ein zweigeteiltes System. Der Operationsroboter wird auf einen Standfuß an den Patienten herangefahren, um dann mit vier flexibel beweglichen Armen an dem Patienten konnektiert zu werden, während der Operateur von einer separaten Steuerungskonsole aus die Roboterarme bedient. Die einzelnen Arme können mit verschiedenen Instrumenten besetzt werden.



Abb. 5: Simulationsmannequin in Neutralposition vor Konnektion mit DaVinci System.

Operationstechnisch bietet die Benutzung des Da Vinci Robotersystems einige Besonderheiten verglichen mit den konventionell offenen, bzw. laparoskopischen Operationsverfahren. Der augenscheinlichste Unterschied ist, dass der Operateur nicht steril eingewaschen am Operationstisch arbeitet, sondern sich an der Konsole, dem zweiten Teil des Robotersystems, separiert vom Patienten, befindet.



Abb. 6: Simulationsmannequin mit dem DaVinci Operationssystem über fünf einliegende Trokare konnektiert.)

In die Steuerungskonsole wird ein dreidimensionales Bild des OP Situs vermittelt. Dem Operateur stehen zwei Bedienarme, mit ähnlicher Beweglichkeit wie menschliche Handgelenke, zur Verfügung. Es können somit gleichzeitig zwei Roboterarme bewegt werden. Die anderen beiden Arme können zur gleichen Zeit zu Haltearbeiten verwendet werden. Zu Beginn des Eingriffs werden die benötigten Trokare eingeführt. Im Falle einer Prostatektomie fünf, im Falle einer Hysterektomie vier. Über diese Trokare wird der Roboter fest mit dem Patienten konnektiert. Im Gegensatz zur offenen Operationstechnik oder zum konventionell laparoskopischen Vorgehen ist es damit bei dem roboterassistierten Eingriff nicht ohne weiteres möglich Patient und Roboter voneinander zu trennen, oder auch nur die Lagerung des Patienten zu verändern.

Für die Operation wird der Patient in eine steile Trendelenburglagerung, etwa 40-45° Kopftieflage, gebracht. Zur Operation wird ein Pneumoperitoneum angelegt. Normalerweise wird ein Insufflationsdruck von 15 – 18 cm H₂O nicht überschritten. Die durchschnittliche OP Zeit wird in verschiedenen Quellen mit 185 – 236 Minuten im Mittel angegeben (Wilson & Torrey 2011) und ist damit im direkten Vergleich mit der offenen Prostatektomie mit 135 – 204 Minuten im Mittel (Wilson & Torrey 2011) verlängert. Die Operationszeit unserer Klinik bei roboterassistierter Prostatektomie beträgt im Mittel 214,6 ± 56,6 Minuten (n=1110). Die benötigte Operationszeit kann, abhängig von der Lernkurve des Operateurs, besonders in Kliniken mit kleineren Fallzahlen deutlich länger sein (Di Pierro et al. 2011).



Abb. 7: Operationszeit in Minuten im Jahresvergleich

Auch wir können im Laufe der Jahre eine Abnahme der Operationszeit feststellen, 2009 im Mittel 234,9 ± 52,6 Minuten auf 203,4 ± 48,7 Minuten.

Das Alter der Patienten scheint bezüglich der OP Zeit keine Rolle zu spielen (Greco et al. 2009). Allerdings können Verwachsungen im Operationsgebiet, die Größe der Prostata und hochgradige Adipositas die Operationszeit verlängern. Der gesamte Krankenhausaufenthalt der Da Vinci operierten Patienten ist jedoch kürzer als der, mittels Laparotomie operierten Patienten (Wilson & Torrey 2011). Im Bezug auf das funktionelle Outcome, also postoperative Kontinenz und Potenz, erscheint die roboterassistierte Chirurgie der Konventionellen Chirurgie überlegen (Di Pierro et al. 2011), (Wilson & Torrey 2011). Es zeigt sich außerdem, dass der

Transfusionsbedarf unter roboterassistierter Chirurgie geringer ist als unter konventioneller Operationstechnik (Kiss et al. 2012).

Da das Verfahren von Patienten sehr gut akzeptiert wird und auch das onkologische Outcome nicht schlechter ist als bei konventionellen Operationsmethoden (Wilson & Torrey 2011), wird dieses Verfahren zunehmend bei älteren Patienten etabliert (Greco et al. 2009), (Rogers et al. 2013). Mit der zunehmenden Anzahl der Patienten, die roboterassistiert operiert werden, nimmt auch die Anzahl der Patienten mit ernstzunehmenden Vorerkrankungen zu.

In unserer Klinik konnten wir eine Zunahme der Nutzung des Robotersystems für verschiedene Indikationen wie Hysterektomien, Wertheim-OPs, radikale Zystektomien, Nephrektomien und intraabdominelle Lymphadenektomien beobachten. Am deutlichsten fällt die Zunahme bei den roboterassistierten Prostatektomien auf (Kiss et al. 2012). Hier zeigte sich auch in unserer Klinik eine Steigerung von 106 Fällen 2009 auf 362 Fällen in 2012. Retrospektiv betrachtet sind ca. 30% der Patienten ASA 3 klassifiziert (Abb. 1).

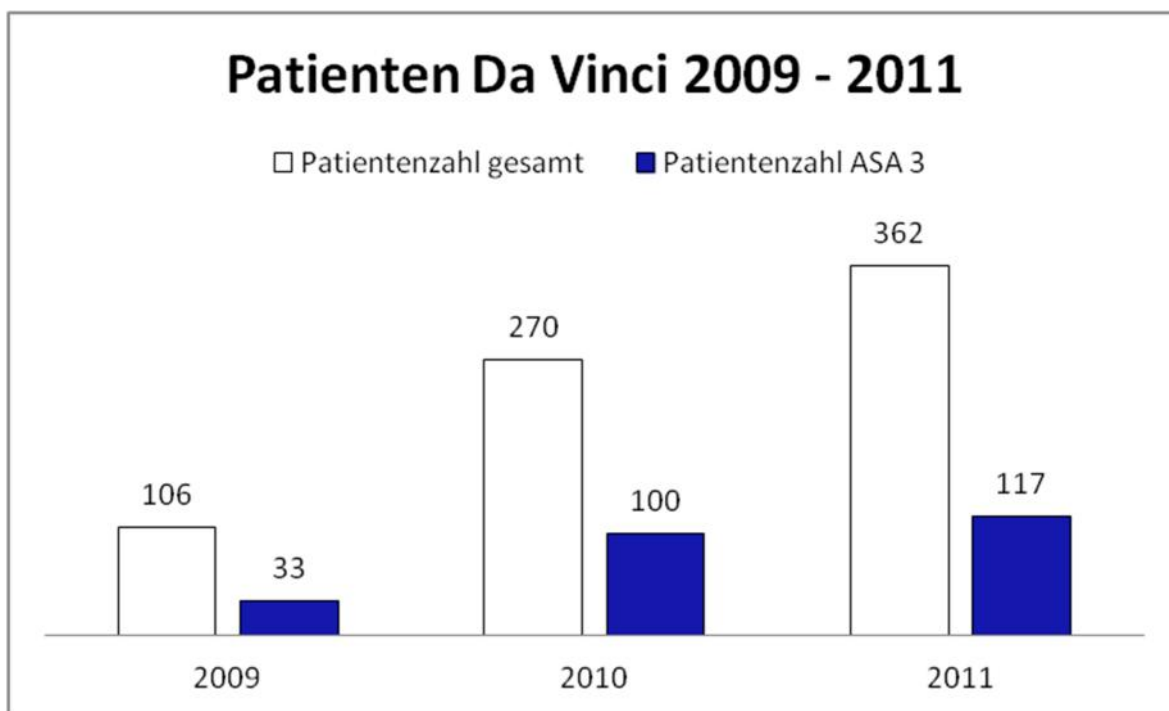


Abb. 8: Zunahme der absoluten Anzahl ASA 3 klassifizierter Patienten im Rahmen der roboterassistierten Chirurgie für Prostatektomien

Damit haben ca. 30% des Patientenlientels aufgrund ihrer bestehenden Vorerkrankungen ein erhöhtes Risiko für perioperative Komplikationen. Betrachtet

man die roboterassistierte Operation aus der Sicht des Anästhesisten, ergeben sich einige Besonderheiten bezüglich des Narkosemanagements und der möglichen Komplikationen. Standardmäßig werden in unserer Klinik alle mit DaVinci zu operierenden Patienten mit zwei peripher venösen Zugängen (mindestens 1,3mm Durchmesser), je nach Gefäßstatus und Vorerkrankung gegebenenfalls auch mit zentralem Venenkatheter und einer invasiven Blutdruckmessung ausgestattet. Jeder Patient wird endotracheal intubiert und mit einer naso-, bzw. orogastralen Sonde versorgt. Die Entscheidung, ob zur intra- und postoperativen Analgesie ein thorakaler Periduralkatheter (PDK) gelegt wird, wird individuell getroffen. Tendenziell werden eher Patienten mit relevanten kardiologischen, vaskulären und pulmonologischen Vorerkrankungen mit PDK versorgt.

Der Patient wird für die überwiegende Zahl der roboterassistierten Eingriffe in eine steile Trendelenburg Lagerung mit bis zu 40°/45° Kopftieflage verbracht. Die Ausnahme bilden hier zum Teil die Nephrektomie und in Teilen die radikale Zystektomie. Der Patient muss also gegen ungewollte Lageveränderungen gesichert werden. In unserer Klinik werden dafür dreigeteilte Vakuummatratzen eingesetzt, die Extremitäten werden zusätzlich gepolstert. Alle Zugänge, sowie endotrachealer Tubus und naso-, bzw. orogastrale Sonde, müssen gesichert und während der Probelagerung auf Funktionalität geprüft werden, da ein Eingreifen während der laufenden Operation im ungünstigsten Fall mit Abdocken des Roboters und Entlagerung des Patienten vergesellschaftet wäre. Im Rahmen der Probelagerung kann geprüft werden, ob der Patient sicher in seiner Position bleibt und voraussichtlich keine Druckstellen entstehen. Da Hornhauterosionen sowohl durch Kontamination mit Magensekret, als auch durch Ödembildung durchaus auch in der Literatur beschrieben sind (Gainsburg 2012), werden beide Augen mit einem Klebeverband möglichst dicht verschlossen und die gastrale Sonde auf Rücklauf überprüft.

Durch die Lagerung in Zusammenhang mit dem angelegten Pneumoperitoneum ergeben sich deutliche hämodynamische Veränderungen. Der zentral venöse Druck wird fast verdreifacht, der mittlere pulmonalarterielle Druck und der pulmonalarterielle Wedgedruck werden fast verdoppelt (Lestar et al. 2011). Echokardiographisch gemessen verändern sich Cardiac Output, linksventrikuläres Schlagvolumen und atriale und ventrikuläre Diameter nur unwesentlich (Lestar et

al. 2011). Lestar weist ebenfalls nach, dass es bereits nach Anlage des Pneumoperitoneums zum Anstieg des mittleren arteriellen Drucks (MAD) um über 20% und zum Anstieg des systemischen Widerstandes kommt. Der systemische vaskuläre Widerstand (SVR) fällt im Verlauf unter den Ausgangswert zurück, wohingegen bei Einnahme der steilen Trendelenburglagerung der MAD zunächst erhöht bleibt (Lestar et al. 2011). Gainsburg hingegen berichtet von Studien, in denen eher von einer Erniedrigung des mittleren arteriellen Drucks berichtet wird (Gainsburg 2012). Aus eigenen Beobachtungen können wir eher über eine Abnahme des MAD bei Anlage des Pneumoperitoneums berichten, welche sich häufig nach Lagerung in der steilen Kopftieflage zurückbildet. Auch pulmonal zeigen sich im Rahmen des Pneumoperitoneums und der steilen Kopftieflage Veränderungen. Die Thoraxcompliance wird durch die Einnahme der Lagerung und die Erhöhung des intraabdominalen Druckes auf bis zu 50% des Ausgangswertes (Lestar et al. 2011) erniedrigt. Es kommt zur Atelektasenbildung in den basalen Lungenabschnitten (Kiss et al. 2012). Zusätzlich ist ein Anstieg des endtidalen Kohlendioxids (CO₂) durch Resorption des in die Bauchhöhle insufflierten Gases zu erwarten. Die Notwendigkeit ein erhöhtes Atemminutenvolumen zur CO₂ Elimination zu erreichen zu müssen, kann dazu führen, dass eine erhöhte Atemfrequenz und hohe Beatmungsdrücke notwendig werden. Um Atelektasenbildung vorzubeugen, wird die Applikation eines erhöhten positiven endexpiratorischen Drucks (PEEP) und die Durchführung intermittierender Recruitmentmanöver empfohlen (Kiss et al. 2012). Bezüglich der Volumentherapie intraoperativ wird, aufgrund der lageabhängigen Ödemneigung, ein zurückhaltenendes Volumenmanagement empfohlen (Kiss et al. 2012), (Gainsburg 2012), (Lestar et al. 2011). Die Ödemneigung kann insbesondere auch die oberen Atemwege mit betreffen. Als Indikator hierfür kann die Ausbildung der Chemosis dienen (Kilic et al. 2015), (Gainsburg 2012). Sowohl die Chemosis, als auch die erhöhten Widerstände der oberen Atemwege normalisieren sich regelhaft nach 24 Stunden postoperativ (Kilic et al. 2015). Kommt es also intra- oder postoperativ zur zügigen Entlagerung des Patienten, kann es zu deutlichen Abfällen des MAD kommen. Ursächlich hierfür ist der relative intravasale Volumenmangel. Dennoch wird zu Beginn der Operation ein restriktives Flüssigkeitsmanagement, von etwa 800ml, empfohlen. Nach Anlegen der urethrovesicalen Anastomose sollte zusätzliche Flüssigkeit infundiert werden, ca. 700 – 1200ml (Gainsburg 2012), um

die intraoperativen Flüssigkeitsverluste und den relativen intravasalen Volumenmangel ausgleichen zu können. Zusätzlich besteht bei unzureichendem Infusionsvolumen die Gefahr der postoperativen Oligurie. Häufig führt dies zum Einsatz von Schleifendiuretika und zur Verstärkung einer eventuell bestehenden Exsikkose. Der Volumenstatus, die Diurese und die Hämodynamik des Patienten sollten postoperativ engmaschig überwacht werden (Gainsburg 2012).

Thompson stellte im AANA Journal Course bereits 2009 einen Fall vor, bei dem ein 52-jähriger ASA IV Patient im Rahmen einer elektiven roboterassistierten Prostatektomie einen kardiozirkulatorischen Stillstand erlitt (Thompson 2009). Dieser Patient hatte drei Jahre zuvor einen Myokardinfarkt erlitten, der im folgenden Jahr mit zwei Drug-Eluting-Stents in Ramus Circumflexus (RCX) und Ramus InterVentricularis Anterior (RIVA) versorgt wurde, anamnestisch bestand zusätzlich ein langjähriger arterieller Hypertonus. Im Rahmen der präoperativen Vorbereitung wurde die Langzeitmedikation des Patienten angepasst, die duale Thrombozytenaggregationshemmung wurde im Hinblick auf den Eingriff auf eine Monotherapie mit Acetylsalicylsäure 100mg/d (ASS 100mg/d) reduziert, die antihypertensive Medikation fortgesetzt. Thompson beschreibt eine unauffällige Narkoseeinleitung und eine zu Beginn komplikationslose Operation (Thompson 2009). In der dritten Stunde der Operation zeigte der Patient deutliche ST Strecken Senkungen und multiple ventrikuläre Extrasystolen. Der invasiv gemessene Blutdruck fiel von normalen Werten, 110/80mmHg, auf 50mmHg systolisch ab. In der Folge wurde das Robotersystem diskonnektiert und der Patient kardiopulmonal reanimiert. Die transösophageale Echokardiographie zeigte eine schwerwiegende linksventrikuläre Dysfunktion passend zu einem akuten Myokardinfarkt. In dem vorliegenden Fall wurde eine Koronarangiographie durchgeführt. Es zeigte sich ein Thrombus vom Hauptstamm der linken Koronarie bis in den RCX und die RIVA. Zunächst erschien die Rekanalisierung der Gefäße erfolgreich. Der Blutdruck stieg auch unter der Prozedur nie über 60mmHg, so dass die Anlage einer intraaortalen Ballonpumpe (IABP) beschlossen wurde. Auf dem Transport zur Anlage der IABP wurde der Patient erneut kardiozirkulatorisch instabil und verstarb schließlich nach insgesamt 3 - stündigen Reanimations-bemühungen (Thompson 2009).

Auch Thompson weist auf die pathophysiologischen Veränderungen im Rahmen des Pneumoperitoneums und der steilen Kopftieflagerung hin (Thompson 2009).

Der in diesem Fallbeispiel beschriebene Patient weist Vorerkrankungen auf, die wir auch in unserem Patientenkontext häufig beobachten. Wie bereits erwähnt, sind etwa ein Drittel unserer Patienten ASA III klassifiziert. Häufig weisen diese Patienten in der Anamnese kardiale Vorerkrankungen auf. Auch das Vorhandensein einer diagnostizierten koronaren Herzerkrankung und von Bare Metal Stents (BMS) oder Drug Eluting Stents (DES) ist keine Seltenheit. In der Anamnese des oben beschriebenen Patienten ist die Anlage DES bereits zwei Jahre vor der elektiven Operation beschrieben. Entsprechend den Empfehlungen der deutschen Gesellschaft für Kardiologie (Poldermans et al. 2009) wäre auch im Rahmen unserer präoperativen Vorbereitung die duale Thrombozytenaggregationshemmung auf eine Monotherapie mit ASS 100mg/d reduziert worden.

Kiss äußert sich hier recht klar „Ebenso ist eine kardiopulmonale Reanimation mit Herzdruckmassage unmöglich, während der Roboter über dem Patienten steht“ (Kiss et al. 2012). Thompson geht in der Fallbeschreibung auf den Umgang mit dem Robotersystem im Rahmen der Reanimationsmaßnahmen leider nicht weiter ein (Thompson 2009). Auch für unsere Klinik stellte sich also die Frage, wie der lebensbedrohliche Zwischenfall im Rahmen der roboterassistierten Chirurgie am effektivsten zu managen ist.

Seit Einführung der roboterassistierten Chirurgie in unserer Klinik 2009 kam es erstmals im Mai 2014 dazu, dass ein Patient am Roboter reanimationspflichtig wurde. Es handelte sich hierbei um einen zum Operationszeitpunkt 75-jährigen Patienten, der bei einem muskelinvasiven Urothelkarzinom der Harnblase und einem Prostatakarzinom einer Zystoprostatektomie mit Ileumkonduitanlage zugeführt werden sollte. In der präoperativen Anamnese gab der Patient einen Insulinpflichtigen Diabetes mellitus, eine arterielle Hypertonie mit einem Betablocker und einem ACE Hemmer eingestellt. ASS 100mg/d wurde bereits in der urologischen OP Vorbereitung eine Woche zuvor abgesetzt. Eine ACVB Operation 1998 wurde angegeben und aktuell eine altersentsprechende Belastbarkeit. Die Narkoseeinleitung war unauffällig. Der Patient wurde mit einem thorakalen Periduralkatheter, einer invasiven Blutdruckmessung, zwei peripheren Venenverweilkanülen, einer nasogastralen Sonde und einem endotracheal Tubus, 8,0mm Durchmesser, versorgt. Zunächst erschien der Operations- und Narkoseverlauf unauffällig. Zur Aufrechterhaltung eines adäquaten arteriellen

Mitteldrucks wurden 200 – 800µg/h Noradrenalin via Spritzenpumpe verabreicht. Nach ca. 145 Minuten Operationszeit kam es zum schnellen Abfall der Herzfrequenz bis hin zu Asystolie mit begleitender Hypotonie und Abfall des endtidalen CO₂ auf 24mmHg. Der Operationsroboter konnte zügig entfernt werden. Nach 4 Minuten kardiopulmonaler Reanimation und der Applikation von 1 mg Suprarenin kam es zum ROSC. Initial zeigte sich ein AV Block III, welcher kurz danach wieder in einen Sinusrhythmus konvertierte. Zur weiteren hämodynamischen Stabilisierung wurden 400 – 800µg/h Noradrenalin appliziert. Bereits intraoperativ post reanimationem wurde eine transösophageale Echokardiographie (TEE) durchgeführt. Hier zeigten sich eine bis dato nicht bekannte Aortenklappenstenose auf 0,98cm² Öffnungsfläche und eine leicht herabgesetzte linksventrikuläre Ejektionsfraktion von 47%. Es zeigten sich zu keinem Zeitpunkt regionale Wandbewegungsstörungen. Im weiteren Verlauf wurden, bei einem arteriellen pH von unter 7,3, insgesamt 200ml Natriumbicarbonat verabreicht. Bei anschließend wieder stabiler Hämodynamik entschloss man sich die Operation, wie geplant, zu Ende zu bringen. In den weiteren 210 Operationsminuten kam es zu keinen weiteren kardiopulmonalen Ereignissen. Am Ende der Operation wurde der Patient extubiert und unter 300µg/h Noradrenalin auf die Intensivstation gebracht. Es bestand zu keinem Zeitpunkt eine Pupillenstörung. Postoperativ war der Patient zunächst neurologisch unauffällig. Im Verlauf zeigte sich jedoch eine deutliche Delirsymptomatik mit positivem Babinskireflex beidseits ohne eindeutiges Korrelat in der Bildgebung. Im Laufe des weiteren stationären Aufenthaltes bildete sich die Symptomatik weiter zurück, so dass der Patient in einem zufriedenstellenden Allgemeinzustand entlassen werden konnte.

Der hier betroffene Patient ist, das Spektrum der Vorerkrankungen betreffend, ähnlich dem von Thompson (Thompson 2009) und dem zu Trainingszwecken simulierten Patienten. Insgesamt ist das Vorhandensein kardiopulmonaler Vorerkrankungen bei Patienten, die aufwendigen und langen Operationen unterzogen werden, sicher keine Seltenheit mehr. In unserem Fall war am ehesten ein CO₂ Embolie bei Pneumoperitoneum ursächlich für den beschriebenen Herz-Kreislaufstillstand. Kleinere CO₂ Embolien werden bei vielen laparoskopischen Eingriffen beschrieben und können mittels TEE detektiert werden, die hämodynamischen und respiratorischen Folgen dieser Gasembolien können sehr

schnell und schwerwiegend sein (Fors et al. 2010), also durchaus zu der vorliegenden Fallbeschreibung passen. Leider lassen sich bei der Betrachtung dieses Falles auch Kritikpunkte feststellen, so hätte die Monotherapie mit ASS 100mg/d in der präoperativen Vorbereitung bei einem erhöhten kardialen Risiko nicht unterbrochen werden dürfen. In der postoperativen Versorgung wurde die Aktivität der Neuronenspezifischen Enolase zur Abschätzung einer cerebralen Hypoxie und Schädigung nicht bestimmt. Allerdings stand der Patient durch die postoperative Extubation einer neurologischen Beurteilung zügig zur Verfügung. Insgesamt hat der hier vorliegende Fall jedoch ein gutes Outcome für einen Patienten mit Herz-Kreislauf-Stillstand unter roboterassistierter Chirurgie gezeigt. Sicher muss man Kiss (Kiss et al. 2012) Recht geben, dass eine kardiopulmonale Reanimation unter dem Roboter nicht möglich ist. Also muss das definierte Ziel hier sein, den Roboter möglichst schnell vom Patienten zu entfernen, um mit den Sofortmaßnahmen beginnen zu können.

1924 fragte Babcock (Babcock 1924) in „Anesthesia and Analgesia“ „Is it safe for me to collapse or have respiratory or cardiac arrest while undergoing an abdominal operation under your care?“ In diesem Artikel kritisiert er klar die Tatsache, dass es keine Möglichkeiten des Trainings in diesem Bereich gibt. Auch heute wird dieses Thema mit viel Emotion diskutiert, so postuliert Berry (Berry 2012) im Februar 2012 „No patient whose death is preventable should die in an operating room – ever. Our patients literally trust us with their lives.“ Schwerwiegende Notfälle bis hin zur Reanimationspflichtigkeit stellen bei elektiven Operationen eine Seltenheit dar. Die Häufigkeit von unerwarteten Herzstillständen im Rahmen der anästhesiologischen Betreuung von Patienten wird im europäischen Raum mit 0,5 bis 1 pro 10000 Allgemeinanästhesien bei Erwachsenen angegeben (Andres et al. 2013). Es zeigen sich hierbei Hypotension, Hypoperfusion als vermuteter häufigster Auslöser gefolgt von Arrhythmien und akutem intraoperativem Myokardinfarkt (Mhyre et al. 2010). Es erscheint beinahe selbstverständlich, dass auch im Bereich der elektiven Operation nicht nur die Art und das Risiko des durchgeführten Eingriffs, sondern auch die Anzahl und Schwere der Vorerkrankungen wesentlichen Einfluss auf das postoperative Outcome der Patienten haben (Ghaferi et al. 2009). Als Einflussfaktoren können ebenfalls Krankenhauscharakteristika, wie technische Ausstattung und Krankenhausgröße, festgemacht werden. Lehrkrankenhäuser und

Krankenhäuser mit einem hohen Personalschlüssel im Bereich der Pflegekräfte zeigen ebenfalls ein geringeres Mortalitätsrisiko (Ghaferi et al. 2010). Auffällig zeigt sich hier jedoch, dass das Auftreten von Komplikationen und Mortalität nicht direkt miteinander korrelieren (Ghaferi et al. 2009). Wenn Komplikationen also rechtzeitig als solche erkannt und zügig die entsprechende Behandlung erfolgt, hat das Auftreten von Komplikationen nicht zwangsläufig eine Erhöhung der Mortalität zu Folge (Ghaferi et al. 2009). Dennoch haben schwerwiegende Komplikationen vor allem im perioperativen Setting häufig weitreichende Folgen. Gazoni (Gazoni et al. 2012) zeigte in seiner USA-weiten Umfrage 2011, dass 84% der befragten Anästhesisten im Laufe ihrer Karriere in mindestens eine „perioperative Katastrophe“ (Gazoni et al. 2012) verwickelt waren. Um diesen „perioperativen Katastrophen“ entgegenwirken zu können, erfordert es nicht nur theoretische sondern auch praktische Fähigkeiten, welche nur im Training und Umgang mit diesen Krisensituationen erworben werden können (Ericsson 2004).

Um auf diese seltenen Ereignisse adäquat vorbereitet zu sein, bietet sich das Training im Rahmen einer Simulation an. Vorteilhaft ist hierbei vor allem die Möglichkeit eine Krisensituation zu kreieren und diese in einer kontrollierten, sicheren Umgebung bearbeiten zu können, ohne dass es zu einer Patientengefährdung kommt (Holzman et al. 1995). Die Idee der Simulation von Krisenereignissen ist nicht neu und bereits seit langem in der Flugsicherheit und militärischer Ausbildung etabliert. Es ergibt sich hier die Möglichkeit Ereignisse zu trainieren, auf die man vorbereitet sein muss, auch wenn man sie vielleicht nie erleben wird. Das Lernen erfolgt in einer sichereren und stressfreieren Situation als in der Realität, für die man trainiert, so dass negative Effekte des akuten Stresses, der auf die Teilnehmer einwirkt, auf den Lernerfolg deutlich geringer ist (Kuhlmann et al. 2005). Ob dieses Training realistisch und effektiv die Patientenversorgung und das Management von Notfällen verbessert, ist nicht sicher nachzuweisen. Blickt man jedoch zurück in die Luftfahrt, ist die Simulation aus der Ausbildung nicht mehr wegzudenken. Hier wird sich kein Pilot oder Crew Mitglied finden, der willens ist an einer verblindeten Studie teilzunehmen, bei der er auf die Simulation in der Ausbildung verzichten soll (Gaba 2010). Die Simulation in der Medizin reicht vom einfachen MegaCode Training, bei dem der standardisierte Basic Life Support (BLS) trainiert wird, bis zur Arbeit mit dem Full Size Simulator, der mit komplexen physiologischen Systemen arbeitet. Es

gilt hier zu unterscheiden, welchen Zweck diese Trainingseinheiten erfüllen sollen. So werden im Rahmen eines BLS Trainings in aller Regel nur die direkt am Patienten durchzuführenden Maßnahmen trainiert. Schulungen in diesem Bereich werden in aller Regel mit einfachen Simulatoren durchgeführt, zu nennen ist hier die klassische Resusci Annie, seit 1960 von Laerdal vertrieben. Der in unserer Studie verwendete iStan 219 von METI California gilt als Human Patient Simulator (HPS). Hier ist ein computerbasiertes System hinterlegt, welches es dem Bediener oder Tutor erlaubt, Vorerkrankungen zu konfigurieren, Medikamentengaben einzupflegen, auf die eine adäquate Reaktion vom System generiert wird. Durchgeführte Maßnahmen, wie beispielsweise eine orotracheale Intubation können ebenfalls überprüft werden.

Im Rahmen des Simulationstrainings eröffnet sich für die Teilnehmer die Möglichkeit, vorhandenes Wissen und Fähigkeiten in zeitnahe und lebenswichtige Handlungen umzusetzen. Lüscher (Lüscher et al. 2010) zeigt im Vergleich zwischen fortgeschrittenen Medizinstudenten und praktizierenden Ärzten zwar geringe Unterschiede im theoretischen Hintergrund, auch die Diagnosestellung erfolgte in etwa zeitgleich, der Beginn der praktischen Maßnahmen aber, wie Herzdruckmassage und Defibrillation, erfolgte in der studentischen Gruppe mit deutlicher Verspätung. Hier zeigt sich deutlich der Vorteil, der in der Praxis erfahreneren Ärzte. Allerdings wird auch der Wert der Simulation deutlich. Sie bietet den Studenten bereits vor dem eigenen Eintritt ins Berufsleben die Möglichkeit praktische Fähigkeiten und Teamorganisation zu trainieren (Lüscher et al. 2010), (Mieure et al. 2010). Das Lernen im Rahmen eines Simulationstrainings erscheint hier effektiver. Eliot berichtet, dass die effektive Lernzeit für den Advanced Cardiac Lifesupport (ACLS) um ein Drittel bis die Hälfte im Vergleich mit dem passiven Frontalunterricht verkürzt werden kann (Eliot et al. 1996). Von der Teilnahme an diesen Trainingseinheiten profitieren nicht nur praktisch weniger erfahrene Teilnehmer, auch für Erfahrene bietet sich hier die Gelegenheit seltene Notfälle zu trainieren. Sowohl Langhan (Langhan et al. 2009), als auch Gerard (Gerard et al. 2011) zeigen, dass sowohl Selbsteinschätzung als auch praktische Fähigkeiten durch die Teilnahme an wiederholten Simulationseinheiten deutlich verbessert wurden. Auffällig zeigte sich hier, dass bereits eine zweimalige Wiederholung eine deutliche Leistungsverbesserung mit sich brachte. Die dritte Wiederholung in relativ

kurzem Zeitabstand scheint dagegen kaum weitere Verbesserung mit sich zu bringen (Yee et al. 2005). Ob sich diese Verbesserung der Leistung in der Simulation auch auf eine direkte Verbesserung bei dem Management von Notfällen im klinischen Alltag widerspiegelt, ist zunächst nicht zu belegen (Sahu & Lata 2010), (Guha et al. 2009).

Im Rahmen des Simulationstrainings werden zusätzlich die sogenannten technical skills (TS), praktische Fähigkeiten, theoretisches Wissen, von den nontechnical skills (NTS) unterschieden. Klassisch werden die NTS in Management der Aufgaben, Zusammenarbeit mit dem Team, Aufmerksamkeit in der Situation und Entscheidungsfindung unterteilt. Das Management der Aufgaben beinhaltet unter anderem die Planung und Vorbereitung, Prioritätensetzung, das Umsetzen von Standards und die Nutzung von vorhandenen Ressourcen. Die Zusammenarbeit im Team wird vor allem durch den Wert einer sicheren Kommunikation untereinander, dem Austausch von Informationen und einer koordinierten Aufgabenverteilung bestimmt. Die Aufmerksamkeit der Situation setzt voraus, dass Informationen erhalten, situationsgerecht verstanden und umgesetzt werden, um den weiteren Verlauf abschätzen zu können. Die Entscheidungsfindung sollte unter Abschätzen aller Optionen und Risiken erfolgen und mit einer folgenden Reevaluation der Aufgabe einhergehen (Glavin 2009).

Riem (Riem et al. 2012) zeigt eine deutliche Korrelation zwischen technical und nontechnical skills. Nur wenn man einen Notfall auch im Team trainieren kann, besteht auch die Möglichkeit, die NTS zu trainieren, dass dieses auch von Teilnehmern an Simulationen gefordert wird, stellt auch Mercer (Mercer et al. 2012) deutlich dar. Im Rahmen einer Umfrage wurde hier ermittelt, was in einem Simulationstraining für Anästhesisten aus Sicht der Teilnehmer wichtig ist. Die Befragten wiesen in hoher Zahl auf die NTS wie Teamführung, Zusammenarbeit im Team und Kommunikation innerhalb des Teams hin. Mercer (Mercer et al. 2012) berichtet allerdings auch von einem Teilnehmer, der das Simulationstraining als sinnlos bezeichnete. Als Hauptgrund wurde hier die fehlende Realität hingewiesen. Selbstverständlich kann ein Simulator nur näherungsweise wie ein realer Patient betrachtet werden. Allein die Anwesenheit des Simulators versetzt die Teilnehmer in eine Erwartungshaltung, „dass gleich etwas passiert“. Zusätzlich zeigt sich bei vielen Szenarien die Schwierigkeit, dass sie in einer speziell dafür hergerichteten

Umgebung stattfinden, „wie“ ein Operationssaal (Mercer et al. 2012). Den Teilnehmern werden Rollen zugewiesen (Yee et al. 2005), die übrigen Mitglieder des Teams werden häufig von Mitarbeitern gespielt (Yee et al. 2005). In der Regel ist es so, dass Trainingseinheiten weder mit einem realistischen Operationsteam noch in der realistischen Umgebung eines Operationssaals stattfinden. Fletcher (Fletcher et al. 2002) weist hier deutlich auf das Model von Helmreich und Schäfer hin, die den Focus ihrer Beobachtung auf die Arbeit des gesamten Operationsteams statt auf den einzelnen Anästhesisten gerichtet haben. Vergleichbar mit Beobachtungen und dem Training aus der Flugsicherheit, werden auch hier Teammitglieder unterschiedlicher Professionalitäten gemeinsam trainiert. Hier soll gewährleistet werden, dass dieses Training einen Benefit für alle Mitglieder eines Teams hat. Aufgrund dessen wurde in Zusammenarbeit mit der Klinik für Urologie, Kinderurologie und urologische Onkologie, der Klinik für Gynäkologie und gynäkologische Onkologie, der Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin, der Anästhesiepflege und der operativen Pflege ein Simulationstraining für den Bereich der roboterassistierten Chirurgie geplant.

Das Training wurde unter der folgenden Fragestellung durchgeführt:

4. Wie lange würde es dauern, den Roboter zu entkoppeln und mit der Thoraxkompression zu beginnen?
5. Wie lange wäre die Zeitspanne bis zur ersten effektiven Defibrillation?
6. Könnte die Durchführung der Reanimation durch eine erneute Trainingseinheit nach 8 Wochen verbessert werden?

Zunächst fiel auf, dass der Beginn der Reanimationsmaßnahmen im ersten Trainingsdurchlauf erst nach 70 ± 31 Sekunden stattfand. Die erste suffiziente Defibrillation bei bestehendem Kammerflimmern erst nach 264 ± 110 Sekunden. Also dauerte es mehr als eine Minute, bis die Therapie begonnen wurde und mehr als vier Minuten bis zur Elektrotherapie. Der Roboter wurde nach 151 ± 83 Sekunden im ersten Durchgang und nach 52 ± 33 Sekunden im zweiten Trainingsdurchgang vom Patienten entfernt. Da die Simulation im gesamten Team durchgeführt wurde, gilt es hier zu bedenken, dass ein großer Teil der Teilnehmer zuvor noch nie oder nur unregelmäßig an derartigen Trainingseinheiten teilgenommen hatte. Charapov (Charapov & Eipe 2012) postuliert, dass im

operativen Setting lebensbedrohliche Ereignisse auch nach prolongierten Reanimationsbemühungen noch mit einem besseren Outcome vergesellschaftet sind als Out of Hospital Herzstillstände. Auch Mhyre (Mhyre et al. 2010) äußert sich dahingehend klar, die verspätete Defibrillation, von mehr als zwei Minuten nach dem Ereignis, hat außerhalb des Operationssaals negativen Einfluss auf das wahrscheinliche Überleben, ist jedoch im operativen Setting nicht derartig verknüpft.

Wie auch Yee (Yee et al. 2005) konnten wir im zweiten Training eine deutliche Verbesserung der Leistung feststellen. Davon waren alle gemessenen Parameter betroffen. Auch die Diskonnektion des Roboters erfolgte deutlich schneller. Ein drittes Training wurde bei uns, entsprechend den Erfahrungen von Yee (Yee et al. 2005), nicht durchgeführt, da hier keine wesentlichen Verbesserungen zu erwarten waren. Um den Teilnehmern ein Feedback zu geben, führten auch wir ein Debriefing durch. Bereits bei der Rekrutierung der Teilnehmer gab ein Großteil an, sich der bevorstehenden Aufgabe nicht gewachsen und schlecht vorbereitet zu fühlen. Die Teilnehmer wurden im Vorfeld gebeten, die eigene Sicherheit im Umgang mit Komplikationen mit Schulnoten zu bewerten. Am schlechtesten bewerteten sich hierbei die teilnehmenden Anästhesisten und die Anästhesiepflege mit jeweils 4,6 im Durchschnitt, am besten bewerteten sich die operativen Assistenten und die operativen Pflege mit 4 im Durchschnitt. Diese Umfrage wurde anonym mit Fragebögen (Abb. 2) durchgeführt.

Nach den Trainings zeigten sich viele Teilnehmer mit ihren gezeigten Leistungen nicht zufrieden. Um hier eine individuelle Verbesserung zu erzielen und den Teilnehmern mehr Sicherheit im Umgang mit Komplikationen zu vermitteln, wurde im Rahmen des Debriefings eine Checkliste (Abb 4), speziell zugeschnitten auf die roboterassistierte Chirurgie, ausgeteilt und gut sichtbar in den Operationssälen platziert. Die Checkliste wurde im Vorfeld entwickelt und soll als schnell verfügbare Hilfestellung fungieren. Objektiv betrachtet, verbessert die Verwendung von Checklisten das Notfallmanagement deutlich (Arriaga et al. 2013).

Arriaga zeigt in der zugehörigen Umfrage, dass die Teilnehmer sich subjektiv sicherer fühlten, wenn Checklisten verwendet werden konnten (Arriaga et al. 2013). Algorithmen und Checklisten finden überall in der Medizin Verwendung. Bereits im Bereich des Basic Life Support finden wir Handlungsalgorithmen, die das Vorgehen

für den Laien und Ersthelfer erleichtern sollen (Nolan et al. 2010), (Tipa & Bobirnac 2010). Daher verwundert es nicht, dass auch im professionellen Umfeld Checklisten ein besseres Outcome der Patienten bewirken (Nanji & Cooper 2012). Vor allem in komplexen Situationen verbessert die Verwendung dieser Checklisten die Prioritätensetzung und erleichtert die Aufgabenverteilung und das strukturierte Abarbeiten der notwendigen Schritte. Harrison (Harrison et al. 2006) stellte dies deutlich am Beispiel der malignen Hyperthermie und Neal (Neal et al. 2012) am Beispiel der Lokalanästhetika-Intoxikation dar. Bei beiden Fällen handelt es sich um seltene, potentiell tödliche, aber auch hauptsächlich anästhesiologische, Notfälle. Ziewacz (Ziewacz et al. 2011) stellte in seiner Studie komplette Operationsteams vor die Aufgabe 12 verschiedene intraoperative Notfälle, Luftembolie, Anaphylaxie, Bradykardie, Herz-Kreislauf-Stillstand, kein Atemweg, Feuer, Hämorrhagie, Hypotension, Hypoxie, Maligne Hyperthermie, Tachykardie und Stromausfall im Rahmen eines Simulationstrainings zu bearbeiten. Hierbei wurde mit oder ohne Checkliste gearbeitet. Insgesamt zeigten sich die Teilnehmer auch hier sehr zufrieden mit den verwendeten Checklisten (Ziewacz et al. 2011). Ein weiterer Vorteil der Checklisten besteht darin, dass für alle, in der Situation Betroffenen, nachvollziehbar bleibt, welche Maßnahmen zu ergreifen sind oder bereits ergriffen wurden. Die Verwendung solcher Gedächtnisstützen erlaubt ein standardisiertes Vorgehen bei speziellen intraoperativen Notfällen und ist somit breit einsetzbar (Moitra et al. 2012). Trotzdem ersetzen auch Checklisten nicht das individuelle Training und die persönliche Erfahrung (Birkmeyer 2010). Neal (Neal et al. 2012) formuliert hier klar, Checklisten müssen nicht nur entwickelt und getestet werden, mindestens genauso wichtig ist es, dass der Umgang damit regelmäßig trainiert wird. Wir stellten im zweiten Training fest, dass die Verwendung der Checkliste den Teilnehmern zusätzliche Sicherheit bot und gerne als Hilfestellung angenommen wurde. Die Zufriedenheit der Teilnehmer mit der eigenen Leistung war nach dem zweiten Training deutlich besser. Im Rahmen des Simulationstrainings konnten technische Schwierigkeiten aufgedeckt und behoben werden. So stellte sich erst beim Training heraus, dass mit dem Betätigen des „Notaus“-Schalters des Roboters zwar die Trokare aus der Bauchdecke des Patienten entfernt, der Roboter aber nicht mehr vom Patienten weggefahren werden konnte. Dazu mussten erst die einzelnen Trokare aus den Halterungen am Roboter entfernt werden. Durch diese Tatsache lässt sich in Teilen die lange Zeitspanne bis zum Therapiebeginn im ersten Training

erklären. Im zweiten Trainingsdurchgang wurden die Reanimationsmaßnahmen sofort nach dem Entfernen der Trokare begonnen. Der Roboter wurde erst nach Beginn der Sofortmaßnahmen komplett entfernt. Damit konnte der Therapiebeginn von 71 ± 30 s auf 25 ± 9 s ($p=0,008$) verkürzt werden. Auch das komplette Entfernen des Roboters erfolgte deutlich schneller 151 ± 83 s vs. 52 ± 32 s. Ähnlich traten beim ersten Training technische und bedienungsabhängige Probleme mit dem vorhandenen Defibrillator auf. Auch hier schlug sich das in deutlich verlängerten Zeitintervallen nieder. Nach dem ersten Training wurde auch im Debriefing noch einmal auf diese Probleme eingegangen. Im zweiten Training wurde die erste Defibrillation im Durchschnitt ca. 2 Minuten früher durchgeführt, Probleme im Umgang mit dem Gerät traten nicht mehr auf. Auch die Medikamentenapplikation erfolgte früher und somit leitliniengerechter. Durch die Verwendung der erarbeiteten Checkliste waren die notwendigen Schritte für das gesamte Team klar ersichtlich, die Aufgabenverteilung innerhalb des Teams wurde nicht in Frage gestellt. In unseren Trainingseinheiten übernahm der jeweils verantwortliche Anästhesist die Rolle des Team Leaders und erhielt dabei Unterstützung von der hinzugezogenen Oberärztin. Innerhalb der Teams wurde klar kommuniziert, so dass die Zusammenarbeit der Teams im zweiten Trainingsdurchgang deutlich suffizienter erschien. Aufgrund der effizienteren Bearbeitung der Notfallsituation wurde auch der ROSC schneller erreicht, von 417 ± 125 s. auf 225 ± 37 s (Abb. 3).

Die Limitationen dieser Studie bestehen sicher darin, dass keine Kontrollgruppe untersucht wurde. Inwieweit die zeitlich gemessene Verbesserung von dem erneuten Training oder der Implementierung der Checkliste abhängt, lässt sich nicht unterscheiden. Bei allen Simulationen ergibt sich die Schwierigkeit, dass der Teilnehmer seine Erwartungshaltung mit in das Szenario einbringt und sich gegebenenfalls auch anders verhält. Auch wir konnten bisher keine Verknüpfung des Simulationstrainings mit der Leistung im klinischen Alltag herstellen (Sahu & Lata 2010), (Guha et al. 2009).

Insgesamt lässt sich feststellen, dass ein Simulationstraining im gesamten Operationsteam als hocheffektiv anzusehen ist. In unserem Fall wurde zudem noch in realistischer Umgebung trainiert, so dass auch auf die effektiv vorhandenen Ressourcen zurückgegriffen werden konnte. Es werden technical und nontechnical

Skills direkt mit den Teammitgliedern trainiert, mit denen man auch im Alltag zusammenarbeitet.



Abb. 9: Kardiopulmonale Reanimation durchgeführt vom teilnehmenden Operateur und der Anästhesistin

Keiner der Teilnehmer musste eine Rolle spielen, die er im normalen Arbeitsleben nicht innehat, sondern jeder konnte in seiner Position seine Aufgaben trainieren. Hier zeigt sich eine Möglichkeit, ein Simulationstraining möglichst realitätsnah und effektiv zu gestalten. Statt die einzelnen Teilnehmer in ein Simulationszentrum einzuladen, könnte man den Simulator zu den Teilnehmern bringen. Hier bietet sich die Gelegenheit, im bekannten Team und in gewohnter Umgebung ein möglichst realistisches Szenario zu erzeugen.

Zusammenfassung:

Der Anlass für die hier beschriebene Studie war eine Fallbeschreibung von J.Thompson, die den intraoperativen Todesfall eines 52-jährigen Patienten im Rahmen einer roboterassistierten Prostatektomie beschrieb. Die Anzahl an roboterassistierten operativen Eingriffen hat in den letzten Jahren deutlich zugenommen. Die Betreuung eines am Operationsgerät fixierten Patienten in steiler Trendelenburglagerung stellt jedoch in Notfallsituationen eine spezielle Herausforderung an die Operationsteams dar. Das Ziel dieser Studie war, herauszufinden, wie schnell eine adäquate Notfallversorgung, bzw. kardiopulmonale Reanimation eines Patienten, der an den Operationsroboter konnektiert ist, möglich ist. Für das durchgeführte Notfalltraining wurden komplette Operationsteams rekrutiert. Jeder der Teilnehmer hatte somit die Gelegenheit, das Training in seinem eigenen Tätigkeitsfeld durchzuführen. Im Gegensatz zum Simulationstraining in der Flugsicherheit, ist es in der medizinischen Simulation noch nicht üblich, ganze Teams zusammen zu trainieren. Das getrennte Training der einzelnen Berufsgruppen kann durchaus die erforderlichen technical Skills vermitteln. Das Erlernen der nontechnical Skills, wie Teamführung, Zusammenarbeit und Kommunikation erscheint im realistisch zusammengesetzten Team jedoch sinnvoller. Zusätzlich bietet ein Simulationstraining im gewohnten Arbeitsumfeld die Möglichkeit, sich auf die tatsächlich vorhandenen Ressourcen zu stützen. Um das Notfallmanagement weiter zu verbessern, wurde eine Checkliste zum Umgang mit Notfällen entwickelt und an die Teilnehmer ausgegeben. Die Verwendung von Checklisten verbessert die Qualität der Notfallversorgung durch standardisiertes Vorgehen deutlich, sofern der Umgang damit entsprechend trainiert wird. Durch das wiederholte Training, die Verwendung der Checkliste und die Zusammenarbeit im realistischen Team, mit entsprechender Aufgabenteilung, konnte eine signifikante Verbesserung der Qualität und der Geschwindigkeit der Patientenversorgung erreicht werden. Die vorliegende Studie beschreibt deutlich, den Vorteil eines Simulationstrainings gegenüber einer theoretischen Unterweisung. Die Trainingseinheiten im Team fördern die Zusammenarbeit und Kommunikation. Die Übungskünstlichkeit der Situation wird abgemildert, da im gewohnten Umfeld, mit bekannten Teamkollegen und dem zur Verfügung stehenden Material trainiert wird.

Literaturverzeichnis:

1. Andres, J., Hinkelbein, J., Böttiger, B.W. (2013):
The stepchild of emergency medicine: sudden unexpected cardiac arrest during anaesthesia--do we need anaesthesia-centred Advanced Life Support guidelines?
Eur J Anaesthesiol 30, 95–96.

2. Arriaga, A.F., Bader, A.M., Wong, J.M., Lipsitz, S.R., Berry, W.R., Ziewacz, J.E., Hepner, D.L., Boorman, D.J., Pozner, C.N., Smink, D.S., Gawande, A.A. (2013):
Simulation-based trial of surgical-crisis checklists.
N. Engl. J. Med. 368, 246–253.

3. Babcock, W.W. (1924):
Resuscitation During Anesthesia.
Anesth. Analg. 3, 208–213.

4. Berry, W.R. (2012):
Cardiac resuscitation in the operating room: reflections on how we can do better.
Can J Anaesth 59, 522–526.

5. Birkmeyer, J.D. (2010):
Strategies for improving surgical quality--checklists and beyond.
N. Engl. J. Med. 363, 1963–1965.

6. Charapov, I., Eipe, N. (2012):
Cardiac arrest in the operating room requiring prolonged resuscitation.
Can J Anaesth 59, 578–585.

7. Di Pierro, G.B., Baumeister, P., Stucki, P., Beatrice, J., Danuser, H., Mattei, A. (2011):
A prospective trial comparing consecutive series of open retropubic and robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy in a centre with a limited caseload.
Eur. Urol. 59, 1–6.
8. Eliot, C.R., Williams, K.A., Woolf, B.P. (1996):
An intelligent learning environment for advanced cardiac life support.
Proc AMIA Annu Fall Symp 275, 7–11.
9. Ericsson, K.A. (2004):
Deliberate practice and the acquisition and maintenance of expert performance in medicine and related domains.
Acad Med 79, S70-81.
10. Fletcher, G.C.L., McGeorge, P., Flin, R.H., Glavin, R.J., Maran, N.J. (2002):
The role of non-technical skills in anaesthesia: a review of current literature.
Br J Anaesth 88, 418–429.
11. Fors, D., Eiriksson, K., Arvidsson, D., Rubertsson, S. (2010):
Gas embolism during laparoscopic liver resection in a pig model: frequency and severity.
Br J Anaesth 105, 282–288.
12. Gaba, D.M. (2010):
Crisis resource management and teamwork training in anaesthesia.
Br J Anaesth 105, 3–6.
13. Gainsburg, D.M. (2012):
Anesthetic concerns for robotic-assisted laparoscopic radical prostatectomy,
Minerva Anesthesiol. 78, 596–604.

14. Gazoni, F.M., Amato, P.E., Malik, Z.M., Durieux, M.E. (2012):
The impact of perioperative catastrophes on anesthesiologists: results of a national survey.
Anesth. Analg. 114, 596–603.
15. Gerard, J.M., Thomas, S.M., Germino, K.W., Street, M.H., Burch, W., Scalzo, A.J. (2011):
The effect of simulation training on PALS skills among family medicine residents.
Fam Med 43, 392–399.
16. Ghaferi, A.A., Birkmeyer, J.D., Dimick, J.B. (2009):
Complications, failure to rescue, and mortality with major inpatient surgery in medicare patients.
Ann. Surg. 250, 1029–1034.
17. Ghaferi, A.A., Osborne, N.H., Birkmeyer, J.D., Dimick, J.B. (2010):
Hospital characteristics associated with failure to rescue from complications after pancreatectomy.
J. Am. Coll. Surg. 211, 325–330.
18. Glavin, R.J. (2009):
Excellence in anesthesiology: the role of nontechnical skills.
Anesthesiology 110, 201–203.
19. Greco, K.A., Meeks, J.J., Wu, S., Nadler, R.B. (2009):
Robot-assisted radical prostatectomy in men aged > or =70 years.
BJU Int. 104, 1492–1495.
20. Guha, A., Moneypenny, M.J., Mercer, S.J. (2009):
Simulation and training in anaesthesia.
Br J Anaesth 103, 770; author reply 771.

21. Harrison, T.K., Manser, T., Howard, S.K., Gaba, D.M. (2006):
Use of cognitive aids in a simulated anesthetic crisis.
Anesth. Analg. 103, 551–556.
22. Holzman, R.S., Cooper, J.B., Gaba, D.M., Philip, J.H., Small, S.D.,
Feinstein, D. (1995):
Anesthesia crisis resource management: real-life simulation training in
operating room crises.
J Clin Anesth 7, 675–687.
23. Kilic, O.F., Börgers, A., Köhne, W., Musch, M., Kröpfl, D., Groeben, H.
(2015):
Effects of steep Trendelenburg position for robotic-assisted prostatectomies
on intra- and extrathoracic airways in patients with or without chronic
obstructive pulmonary disease. *Br J Anaesth* 114, 70–76.
24. Kiss, T., Bluth, T., Heller, A. (2012):
Anästhesie bei endourologischen und roboterassistierten Eingriffen.
Anaesthesist 61, 733-44.
25. Kuhlmann, S., Piel, M., Wolf, O.T. (2005):
Impaired memory retrieval after psychosocial stress in healthy young men.
J. Neurosci. 25, 2977–2982.
26. Langan, T.S., Rigby, I.J., Walker, I.W., Howes, D., Donnon, T., Lord, J.A.
(2009):
Simulation-based training in critical resuscitation procedures improves
residents' competence.
CJEM 11, 535–539.

27. Lestar, M., Gunnarsson, L., Lagerstrand, L., Wiklund, P., Odeberg-Wernerman, S. (2011):
Hemodynamic perturbations during robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy in 45° Trendelenburg position.
Anesth. Analg. 113, 1069–1075.
28. Lüscher, F., Hunziker, S., Gaillard, V., Tschan, F., Semmer, N.K., Hunziker, P.R., Marsch, S. (2010):
Proficiency in cardiopulmonary resuscitation of medical students at graduation: a simulator-based comparison with general practitioners.
Swiss Med Wkly 140, 57–61.
29. Mercer, S.J., Money Penny, M.J., Fredy, O., Guha, A. (2012):
What should be included in a simulation course for anaesthetists? The Merseyside trainee perspective.
Eur J Anaesthesiol 29, 137–142.
30. Mhyre, J.M., Ramachandran, S.K., Kheterpal, S., Morris, M., Chan, P.S. (2010):
Delayed time to defibrillation after intraoperative and periprocedural cardiac arrest.
Anesthesiology 113, 782–793.
31. Mieure, K.D., Vincent, W.R., Cox, M.R., Jones, M.D. (2010):
A high-fidelity simulation mannequin to introduce pharmacy students to advanced cardiovascular life support.
Am J Pharm Educ 74, 22.
32. Moitra, V.K., Gabrielli, A., Maccioli, G.A., O'Connor, M.F. (2012):
Anesthesia advanced circulatory life support.
Can J Anaesth 59, 586–603.

33. Nanji, K.C., Cooper, J.B. (2012):
It is time to use checklists for anesthesia emergencies: simulation is the vehicle for testing and learning.
Reg Anesth Pain Med 37, 1–2.
34. Neal, J.M., Hsiung, R.L., Mulroy, M.F., Halpern, B.B., Dragnich, A.D., Slee, A.E. (2012):
ASRA checklist improves trainee performance during a simulated episode of local anesthetic systemic toxicity.
Reg Anesth Pain Med 37, 8–15.
35. Nolan, J.P., Soar, J., Zideman, D.A., Biarent, D., Bossaert, L.L., Deakin, C., Koster, R.W., Wyllie, J., Böttiger, B. (2010):
European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010 Section 1. Executive summary. // European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010 Section 1. Executive summary.
Resuscitation 81, 1219–1276.
36. Poldermans, D., Bax, J.J., Boersma, E., Hert, S. de, Eeckhout, E., Fowkes, G., Gorenek, B., Hennerici, M.G., Jung, B., Kelm, M., Kjeldsen, K.P., Kristensen, S.D., Lopez-Sendon, J., Pelosi, P., Philippe, F., Pierard, L., Ponikowski, P., Schmid, J.-P., Sellevold, O.F.M., Sicari, R., van den Berghe, G., Vermassen, F. (2009):
Guidelines for pre-operative cardiac risk assessment and perioperative cardiac management in non-cardiac surgery.
Eur. Heart J. 30, 2769–2812.
37. Riem, N., Boet, S., Bould, M.D., Tavares, W., Naik, V.N. (2012):
Do technical skills correlate with non-technical skills in crisis resource management: a simulation study.
British Journal of Anaesthesia 109, 723–728.

38. Rogers, C.G., Sammon, J.D., Sukumar, S., Diaz, M., Peabody, J., Menon, M. (2013):
Robot assisted radical prostatectomy for elderly patients with high risk prostate cancer.
Urol. Oncol. 31, 193–197.
39. Sahu, S., Lata, I. (2010):
Simulation in resuscitation teaching and training, an evidence based practice review.
J Emerg Trauma Shock 3, 378–384.
40. Thompson, J. (2009):
Myocardial infarction and subsequent death in a patient undergoing robotic prostatectomy.
AANA J 77, 365–371.
41. Tipa, R.O., Bobirnac, G. (2010):
Importance of basic life support training for first and second year medical students--a personal statement.
J Med Life 3, 465–467.
42. Wilson, T., Torrey, R. (2011):
Open versus robotic-assisted radical prostatectomy: which is better?
Curr Opin Urol 21, 200–205.
43. Yee, B., Naik, V.N., Joo, H.S., Savoldelli, G.L., Chung, D.Y., Houston, P.L., Karatzoglou, B.J., Hamstra, S.J. (2005):
Nontechnical skills in anesthesia crisis management with repeated exposure to simulation-based education.
Anesthesiology 103, 241–248.

44. Ziewacz, J.E., Arriaga, A.F., Bader, A.M., Berry, W.R., Edmondson, L., Wong, J.M., Lipsitz, S.R., Hepner, D.L., Peyre, S., Nelson, S., Boorman, D.J., Smink, D.S., Ashley, S.W., Gawande, A.A. (2011):
Crisis Checklists for the Operating Room: Development and Pilot Testing.
J. Am. Coll. Surg. 213, 212-217.

Anhang:

Abkürzungsverzeichnis:

Abb	-	Abbildung
ACE	-	Angiotensin converting enzyme
ACLS	-	Advanced cardiac life support
ACVB	-	Aortocoronarer Venenbypass
ASA	-	American Society of Anesthesiologists
ASS	-	Acetylsalicylsäure
BLS	-	Basic life support
BMS	-	Bare metal stent
Bzw	-	Beziehungsweise
Ca.	-	Circa
CO ₂	-	Kohlendioxid
CPR	-	Cardiopulmonale Reanimation
DES	-	Drugeluting stent
EKG	-	Elektrokardiogramm
FiO ₂	-	Inspiratorische Sauerstofffraktion
HPS	-	Human patient simulator
IABP	-	Intraaortale Ballonpumpe
MAD	-	Mittlerer arterieller Druck
NTS	-	Non technical skills
OP	-	Operation
paO ₂	-	Arterieller Sauerstoffpartialdruck
PDK	-	Periduralkatheter
PEEP	-	Positiver endexpiratorischer Druck
RCX	-	Ramus circumflexus

RIVA	-	Ramus interventricularis
ROSC	-	Return of spontaneous circulation
SO ₂	-	Sauerstoffsättigung
SVR	-	Systemic vascular resistance
TEE	-	Transesophageal echocardiography
TS	-	Technical skills

Bildanhang:

ASA (American Society of Anesthesiologists) Klassifikation

ASA 1	Keine organische Pathologie oder Patienten, bei welchen die pathologischen Prozesse lokal beschränkt sind und keine systemischen Störungen oder Abnormalitäten verursachen.
ASA 2	Eine moderate, aber definierte systemische Störung, die entweder durch den Zustand der durch den chirurgischen Eingriff behandelt werden soll, oder durch andere pathologische Prozesse verursacht wird bildet diese Gruppe.
ASA 3	Schwere systemische Störungen jeglicher Ursache. Es ist nicht möglich, ein absolutes Maß der Schwere anzugeben, da dies eine Sache der klinischen Beurteilung ist. Die folgenden Beispiele werden als Vorschläge helfen, den Unterschied zwischen dieser Klasse und der Klasse 2 zu demonstrieren.
ASA 4	Extreme systemische Erkrankungen, die bereits lebensbedrohend sind, unabhängig von der Art der Behandlung. Aufgrund ihrer Dauer oder Natur haben sie bereits irreversible Schäden verursacht.

Abb. 1: ASA Klassifikation zur Evaluation von Patienten vor operativen Eingriffen, ursprünglich 1941 von Saklad et al. Entworfen

Sehr geehrte Teilnehmer des Simulationstrainings,
bitte beantworten Sie, **bevor es los geht**, die folgenden Fragen:

Berufsbezeichnung:

Anästhesist		Anästhesiepflege		Operateur		OP Assistenz		OP Pflege
-------------	--	------------------	--	-----------	--	-----------------	--	-----------

1. Seit wann praktizieren Sie Roboterassistierte Chirurgie?

_____ Monate _____ Jahre

2. Fühlen Sie sich „sicher“ im Umgang mit Komplikationen?

Vollkommen ----- Ausreichend ----- Gar nicht

3. Sind Ihnen aus der eigenen Erfahrung / dem Kollegenkreis Komplikationen, die zu einer Schädigung des Patienten geführt haben, bekannt?

JA NEIN

4. Resultiert aus der Benutzung des Roboters in Ihren Augen ein zusätzliches Risiko für den Patienten?

JA NEIN

5. Wie lang schätzen Sie das Zeitfenster bis zur Diskonnektion des Robotersystems ein?

_____ Min. _____ Sec.

6. Wie beurteilen Sie die Zusammenarbeit Operateur / Anästhesie in Bezug auf potentiell lebensbedrohliche Komplikationen?

Bitte beantworten Sie **nach der Simulation** die folgenden Fragen:

7. Fühlen Sie sich nach der Simulation sicherer im Bezug auf den Umgang mit Komplikationen?

JA NEIN

8. Haben sich Ihre Einschätzungen nach der Simulatorübung geändert?

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit

Abb. 2: Teilnehmerfragebogen zum Simulationstraining

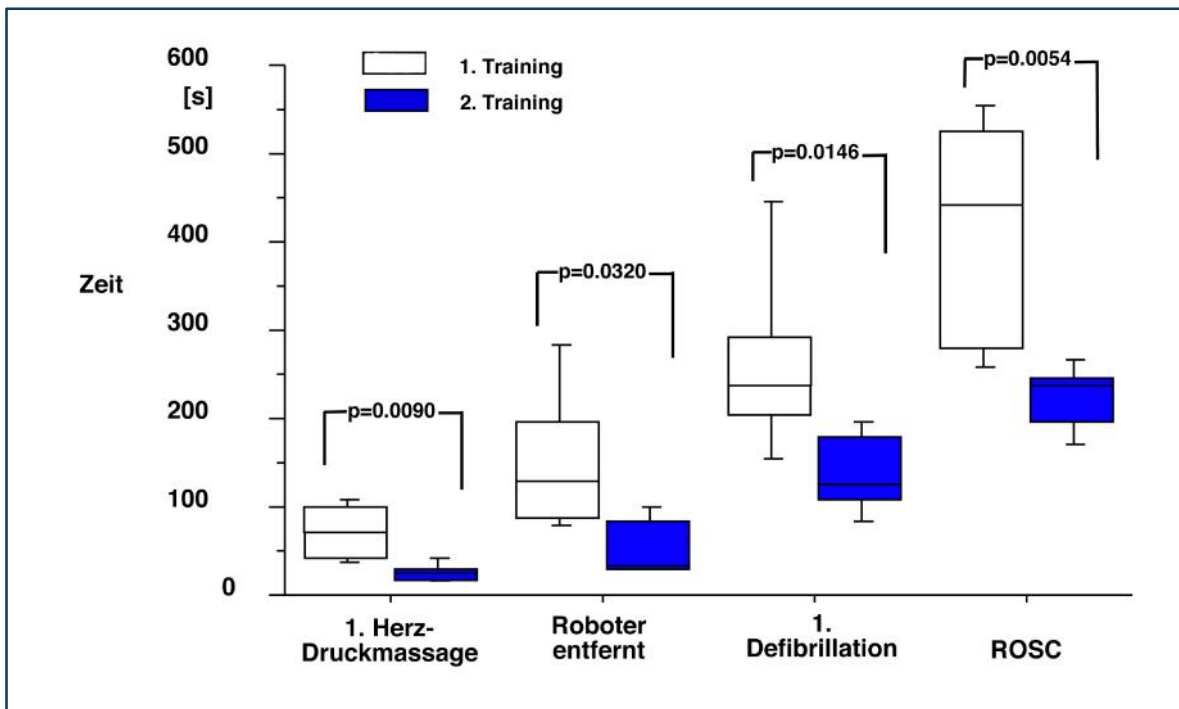


Abb. 3: Zeitspannen der zwei Trainingseinheiten. Im 2. Training, 8 Wochen nach dem 1. Termin, hatten sich die Zeit bis zur ersten Thoraxkompression, bis zum Abkoppeln des Roboters und bis zur ersten suffizienten Defibrillation signifikant verbessert

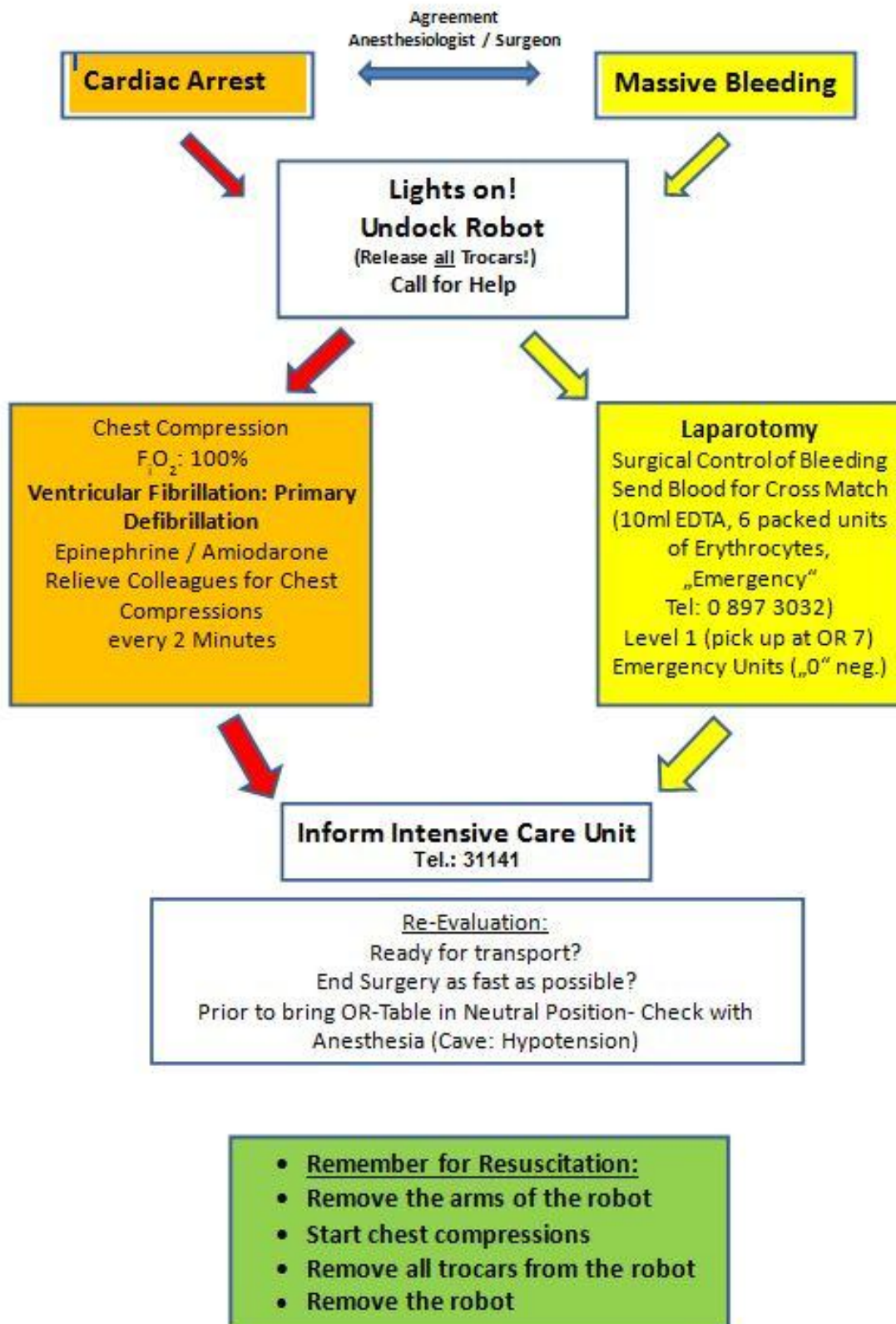


Abb. 4: Checkliste zum Vorgehen bei schwerwiegenden Komplikationen



Abb.: 5. Simulationsmannequin in Neutralposition vor Konnektion mit DaVinci System



Abb. 6: Simulationsmannequin mit dem DaVinci Operationssystem über fünf einliegende Trokare konnektiert



Abb. 7: Operationszeiten in Minuten im Jahresverlauf

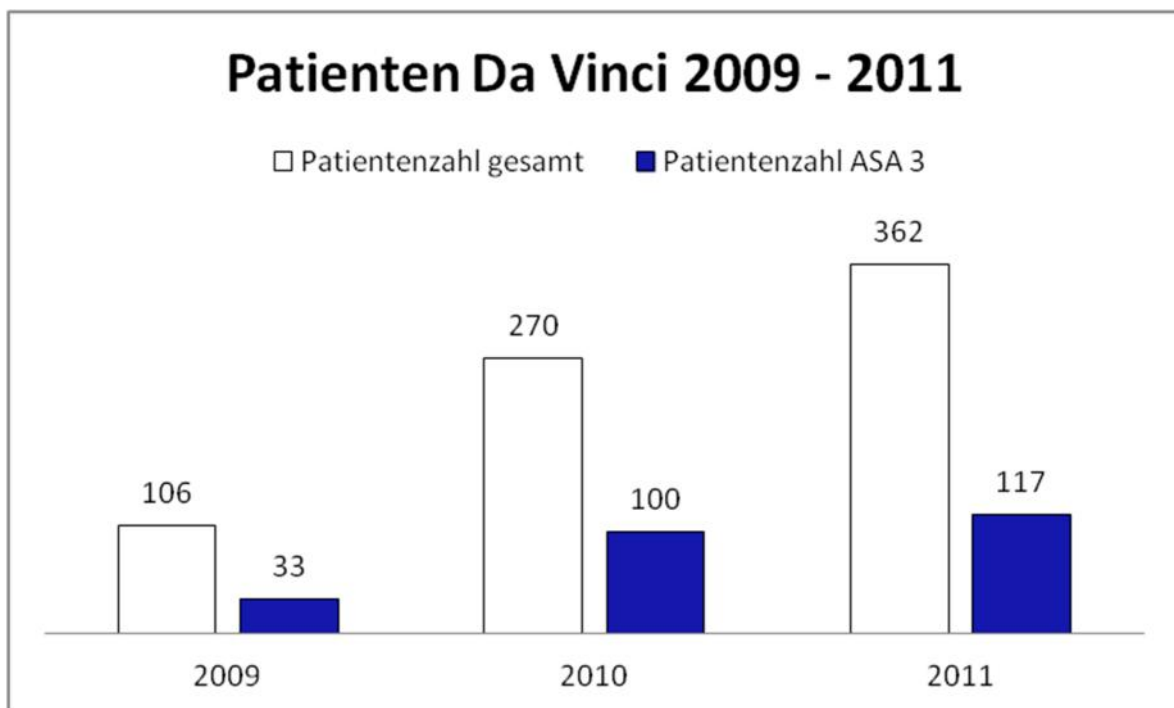


Abb. 8: Zunahme der absoluten Anzahl ASA 3 klassifizierten Patienten im Rahmen der roboterassistierten Chirurgie für Prostatektomien.



Abb. 9: Kardiopulmonale Reanimation durchgeführt vom teilnehmenden Operateur und der Anästhesistin

Danksagung:

An erster Stelle möchte ich mich bei Herrn Prof. Harald Groeben bedanken, für die Überlassung des interessanten und praxisnahen Themas, das zur Verfügung stellen des Simulators, die Hilfe bei der praktischen Durchführung der Simulation und für die große Unterstützung beim Verfassen dieser Arbeit.

Ebenfalls danken möchte ich Herrn Dr. Dirk Müller, der mich bei den ersten Schritten beim Arbeiten mit dem METI und dem Erstellen der Simulationsszenarien stets begleitet und beraten hat.

Großer Dank gilt den Kliniken für Anästhesiologie, Urologie und Gynäkologie für die Unterstützung und das Stellen von Personal, Zeit und Material und natürlich den Kollegen, die sich als Probanden zur Verfügung gestellt haben.

Außerdem danke ich meiner Familie und meinen Freunden, die mich stets unterstützt haben und nie gezweifelt haben.

Der Lebenslauf ist in der Online-Version aus Gründen des Datenschutzes nicht enthalten.

Der Lebenslauf ist in der Online-Version aus Gründen des Datenschutzes nicht enthalten.