

Elektrochirurgie

Das SAGES FUSE Programm: Ein Ansatz zur Vermeidung von Komplikationen im OP

Die meisten Chirurgen haben große Wissenslücken, was Funktionsweise und mögliche Risiken elektrochirurgischer Instrumente angeht. Die amerikanische Food and Drug Administration (FDA) ist ebenso alarmiert wie diverse chirurgische Fachgesellschaften. Abhilfe schafft das FUSE-Lernprogramm, das hier vorgestellt wird.

Von Pascal Fuchshuber

Seit fast 100 Jahren benutzen Chirurgen tagtäglich elektrische Instrumente im Operationssaal am Patienten. Seit ihrer Einführung durch William T. Bovie und andere im frühen 20. Jahrhundert haben sich die Möglichkeiten ihrer Anwendung und ihre instrumentelle Vielfalt exponentiell ausgeweitet. Ohne die Auffächerung und Spezialisierung der Elektrochirurgie und anderer energetischer Instrumente wäre die Revolution der minimal invasiven Chirurgie nicht möglich gewesen.

Aber hat das nötige Verständnis der Chirurgen über die physikalischen Grundlagen, die Funktionen und die potenziellen Komplikationen dieser Geräte mit dieser Entwicklung Schritt gehalten? Man muss das entschieden verneinen. Nötige Kenntnisse über die korrekte Anwendung und Risiken von energetischen Instrumenten in der medizinischen Praxis wurden bisher weder für angehende noch praktizierende Chirurgen gelehrt. Darüberhinaus gibt es keine spezifischen Anforderungen für Chirurgen über ihren korrekten Einsatz und die Aneignung von Kenntnissen bezüglich ihrer sicheren Anwendung. Wir reden auch heute noch von Kauterisation, dabei benutzen wir hochfrequenten Wechselstrom, der mit Kauterisation nichts zu tun hat.

Welcher Chirurg weiß schon, warum Elektrochirurgie nur mit hochfrequentem Wechselstrom möglich ist, welche Einstellung am Gerät für welchen Gewebeeffect optimal ist, welche Einstellung die geringste Gefahr der Komplikation mit sich zieht, und in welchem Maß elektromagnetische Felder eine Rolle spielen?

Wissenslücken auch bei chirurgischen Lehrstuhlinhabern

In den USA hat die Society of American Gastrointestinal und Endoscopic Surgeons (SAGES) 2011 50 chirurgische Lehrstuhlinhaber über einen Multiple Choice-Test das diesbezügliche Wissen abgefragt. Die Ergebnisse waren ernüchternd. Nur 59 Prozent der Fragen wurden richtig beantwortet. Unter anderen wussten 39 Prozent nicht, wie man richtig auf ein Feuer am Patienten reagiert; 31 Prozent konnten das elektrochirurgische Gerät an einem Patienten mit Schrittmacher nicht korrekt einstellen. 13 Prozent wussten nicht, dass thermische Schäden bei einem bipolaren Instrument über die Grenzen der Elektroden hinaus entstehen können. Weiter zehn Prozent wollten eine Disperselektrode für einen pädiatrischen Fall zurechtschneiden, was zu schweren Hautverbrennungen führen kann.

Abbildung 1: Chirurgische Energie – von der Kauterisierung zur Elektrochirurgie



Rom



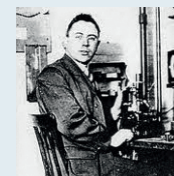
China



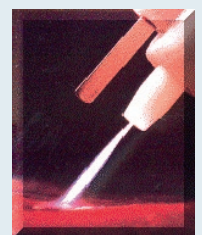
Renaissance



1800



1910



seit 1990

Nach glühenden Eisen und Brandstäben, wie sie im alten Rom, im Chinesischen Reich und während der Renaissance eingesetzt wurden, beobachten wir in den vergangenen zwei bis drei Dekaden eine exponentielle Zunahme von elektrochirurgischen Instrumenten, die Chirurgen und Endoskopikern zur Verfügung stehen

Elektrochirurgische Instrumente ermöglichen heute die nahtlose Gewebedurchtrennung und Blutstillung, und zwar auf Distanz. Die erforderlichen Instrumente basieren alle auf einem Prinzip: der Produktion eines gewünschten Gewebeeffekts durch elektrische oder mechanische Energie im Operationsfeld des Chirurgen, oft am Ende eines langen isolierten Instrumentenhalses. Den meisten Chirurgen ist aber mangels Kenntnisse nicht bewusst, dass neben den gewünschten eine ganze Reihe unerwünschter Gewebeeffekte durch Induktion, Isolationsdefekte, kapazitive und direkte Kopplung und Restwärme auftreten können. Diese Gewebeverletzungen sind im wahrsten Sinne des Wortes leicht zu übersehen, weil sie nicht im operativen Blickfeld des Chirurgen auftreten. Gerade weil sie oft unerkannt bleiben, können diese Verletzungen zu schweren Komplikationen wie Sepsis sowie in nicht unerheblichen Maße auch zum Tod des Patienten führen.

Häufigkeit von elektrochirurgischen Komplikationen

Über die Häufigkeit der Komplikationen durch energetische chirurgische Instrumente berichtet die amerikanische Food and Drug Administration (FDA). Es wird eine exponentielle Zunahme von Versagen oder von Unfällen mit elektrochirurgischen Instrumenten in den letzten zwei Dekaden beobachtet. Die Häufigkeit von Komplikationen durch laparoskopische elektrochirurgische Instrumente liegt in den USA bei schätzungsweise jährlich 1 bis 2 pro 1.000 Eingriffen. Das sind keine unerheblichen Zahlen bei ungefähr zwei Millionen solcher Eingriffe jährlich. Publierte Studien zeigen, dass unerkannte intestinale oder vaskuläre Komplikationen, vor allem aufgrund thermischer Verletzungen, mit einer relativ hohen Mortalität und einer erheblichen Folgemorbidität einhergehen. Dabei wird eine Inzidenz von 0,85 Prozent angegeben, also fast ein Fall pro hundert Eingriffe. Die Gesamtmortalität liegt bei 3,13 Prozent und erreicht für unerkannte Verletzungen fast acht Prozent! Ein Drittel dieser Komplikationen ist auf die Verwendung von elektrochirurgischen Instrumenten zurückzuführen.

Die Fédération de Chirurgie Viscérale et Digestive (FCVD), das französische Äquivalent zur Deutschen Gesellschaft für Allgemein- und Viszeralchirurgie (DGAV), hat 2015 das FUSE-Programm übernommen, übersetzt und zum obligatorischen Teil der chirurgischen Weiterbildung gemacht. Grund sind die Ergebnisse einer nationalen Datenbank, die aufzeigen, dass 610 Verletzungen und Brände durch monopolare energetische Instrumente über einen Zeitraum von vier Jahren in die Datenbank von Chirurgen eingegeben wurden (persönliche Mitteilung, Dr. Jean-François Gravié, Secrétaire Général FCVD).

Was ist Elektrochirurgie? Eine kurze Zusammenfassung

Zur Verdeutlichung der Thematik eine kurze Einführung in die Grundlagen der Elektrochirurgie. Elektrochirurg-

Pascal Fuchshuber

Hepatobiliary and Oncologic Surgery, Associate Professor of Surgery, UCSF-East Bay
 The Permanente Medical Group, Inc.
 1425 South Main Street
 Walnut Creek, CA 94596
 Tel: 925 3306036, Fax: 925 2954766
 p.fuchshuber@comast.net;
 Pascal.fuchshuber@kp.org

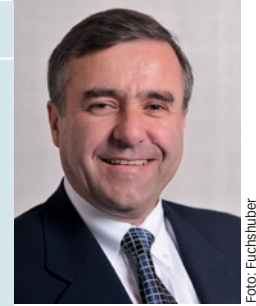


Foto: Fuchshuber

gie ist keine Kauterisation, sondern die differenzierte Anwendung von hochfrequentem Wechselstrom. Schon der Begriff Kauter oder Kauterisation ist irreführend und erschwert das grundlegende physikalische Verständnis, aus dem sich viele Mechanismen von Komplikationen ableiten lassen. Im Folgenden einige Beispiele aus dem ausführlichen FUSE-Curriculum.

Kauterisation ist die direkte Übertragung von Wärme von einem Objekt – dem Kauter oder Brandeisen – auf ein anderes Objekt. Kauterisation war die seit Jahrtausenden einzige Form des energetischen Operierens in der Chirurgie bis zur Erfindung des ersten elektrochirurgischen Instruments Anfang des 20. Jahrhunderts. Diese Instrumente ermöglichten Chirurgen erstmals die präzise hämostatische Durchtrennung von Gewebe und Stillung von Blutungen ohne massive thermische Verletzung von angrenzendem Gewebe.

Das Prinzip des elektrochirurgischen Instruments beruht auf der Applikation von hochfrequentem Wechselstrom am Zielgewebe. Dabei werden Leistungen von 10 bis 120 Watt und elektrische Spannungen von bis zu 9000 Volt ermöglicht!

Warum hochfrequenter Wechselstrom mit einer so hohen „Radiofrequenz“? Unterhalb von 100.000 Hertz depolarisieren Muskelzellen sowie Nervenzellen, was zu einem tödlichen Stromschlag führen kann. Die hohe Frequenz des elektrochirurgischen Instruments ermöglicht eine relativ ungefährliche Nutzung. Allerdings entstehen durch die hohen Voltzahlen unter Umständen erhebliche elektromagnetische Felder an den Instrumenten, die zu Komplikationen führen können.

Durch eine Modulation des Stroms, der dem elektrochirurgischen Instrument zugeführt wird, kann ein differenzierter Gewebeeffekt

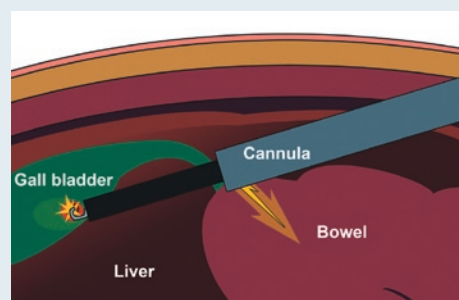


Abb. 2a: Kapazitive Kopplung. Elektromagnetisches Feld induziert Stromfluss von einem isolierten Leiter auf eine Metallkanüle

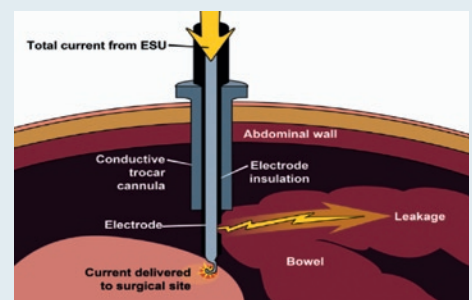


Abb. 2b: Verletzung durch Isolationsdefekt

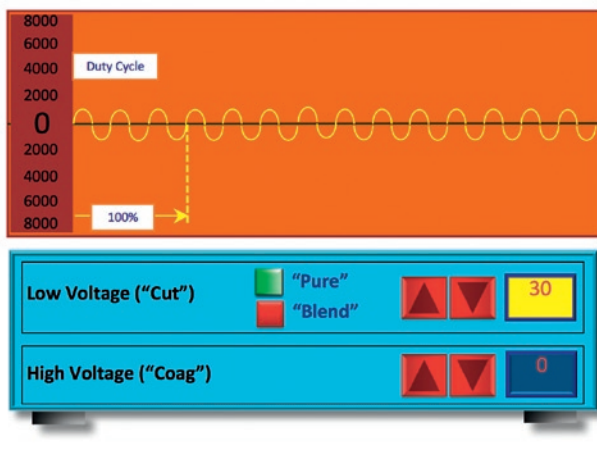


Abb. 3: Einstellung „Cut“, 100% Auslastungsgrad, geringe Voltzahl

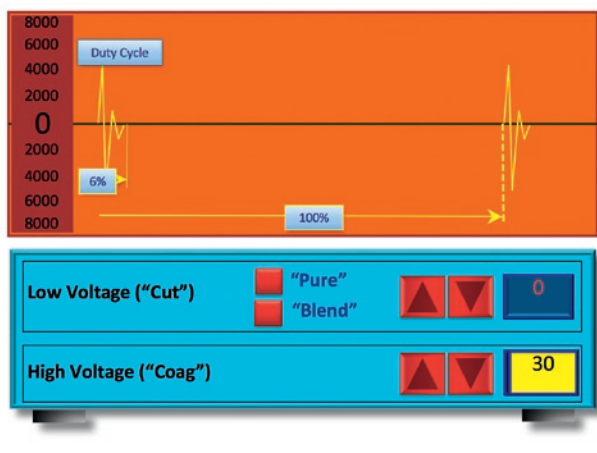


Abb. 4: Einstellung „Coag“, Unterbrochener Stromfluss mit Auslastungsgrad 6%, relativ hohe Voltzahl, hohes Risiko von elektromagnetischen Feldern und Strombögen

erzeugt werden. Diese Aufgabe übernimmt der Generator, an dem unterschiedliche Einstellungen wie „cut“ und „coag“ vorgenommen werden können. Warum „cut“ und „coag“? Dazu muss man den Begriff „duty cycle“ oder Auslastungsgrad verstehen. Das Gerät produziert einen hochfrequenten Wechselstrom, der pro definierter Zeiteinheit, etwa einer Sekunde, unterschiedlich lange anliegt, also einem unterschiedlichen Auslastungsgrad unterliegt.

Bei der Einstellung „cut“ ist der Auslastungsgrad 100 Prozent: Es fließt Strom über die gesamte Dauer der Zeiteinheit. Der „duty cycle“ ist 100 Prozent. Bei einer eingestellten Wattzahl von beispielsweise 30 wird also eine bestimmte Voltzahl vom Gerät aufgebaut, die bei einem gegebenen Gewebewiderstand die Leistung 30 Watt anlegt. Dem entspricht dann der beobachtete Gewebeseffekt.

Schaltet der Operateur jetzt auf „coag“, verkürzt sich der Auslastungsgrad auf nur noch sechs Prozent. Das heißt, 94 Prozent pro Zeiteinheit liegt gar kein Strom an. Um aber die vom Gerät eingestellte

Wattstärke von 30 aufrecht zu erhalten, erhöht sich die Voltzahl dramatisch. Dies folgt aus dem Ohm'schen Gesetz, das einzige physikalische Gesetz, das jeder Chirurg verstehen sollte:

- ▶ Spannung U (Volt) = Widerstand R (Ohm) \times Stromstärke I (Ampere) oder auch:
- ▶ Die Leistung P (Watt) = Spannung U (Volt) \times Widerstand R (Ohm).

Es sei noch angemerkt, dass es unterschiedliche Systeme in der elektrochirurgischen Praxis gibt. Hier wurde ein System beruhend auf einer konstanten Leistung (Watt) beschrieben. Andere Systeme arbeiten über konstante Spannung (Volt).

Ausgewählte Strategien zur Vermeidung von Komplikationen

Aufgrund der vielen elektrophysikalischen Phänomene, die bei der elektrochirurgischen Praxis zum Tragen kommen, sind entsprechende unerwünschte Gewebeerkrankungen und Verbrennungen möglich, die häufig nicht erkannt werden und zu verspäteten Komplikationen beim Patienten führen können. Zu diesen Phänomenen gehören Isolationsdefekte, kapazitive Kopplung, direkte Kopplung, Restwärme etc. Hier einige ausgewählte Strategien zur Vermeidung von Komplikationen in der Elektrochirurgie:

- ▶ **Wähle immer die geringste Energieeinstellung.** Damit reduziert man die Voltzahl auf die kleinstmögliche Einheit und verhindert so den Aufbau eines elektromagnetischen Feldes.
- ▶ **Finger weg vom Koagulationsstrom.** Die „coag“ Einstellung sollte möglichst nur für breitflächige Fulgurationen zur Hämostase verwendet werden, da sie zu sehr hohen Voltzahlen führen kann (siehe oben). Die Einstellung „coag“ erleichtert die Bildung von Strombögen und unregelmäßigen Desikkationen des Zielgewebes, was oft zu ungenügender Hämostase führt.
- ▶ **Alle Instrumente immer im Sichtfeld behalten.** In der minimal invasiven Elektrochirurgie ist das operative Blickfeld sehr eingeschränkt ist und die Verletzungen durch Kriechstrom oder Kopplung außerhalb des operativen Feldes werden leicht übersehen.
- ▶ **Vorsicht mit isolierten Leitern.** Isolierte Leiter sind das ideale Experiment für den Aufbau eines elektromagnetischen Feldes. Wenn aktive Instrumente mit isoliertem Schaft benutzt werden, ist es wichtig, die Relation des gesamten Instruments zu anderen isolierten Instrumenten im Auge zu behalten und eine parallele Einstellung möglichst zu vermeiden. Das gilt auch für metallene Kanülen und insbesondere in der „Single Port“-Chirurgie.
- ▶ **Berühre nur das Zielgewebe.** Achte darauf, dass das aktive Instrument nur das Zielgewebe berührt und nicht aus Versehen auch an anderem Gewebe wie Darm oder Gefäßen anliegt.
- ▶ **Instrumente bleiben auch nach dem Ausschalten thermisch aktiv.** Dies ist besonders bei bipolaren und Ultraschall-Dissektionsinstrumenten der Fall.
- ▶ **Behalte die Kontrolle über den Ein/Aus-Schalter.** Insbesondere mit einem Fußschalter kann es passieren, dass der Operateur oder der Assistent versehentlich das Gerät oder Instrument aktiviert, bevor das

geeignete Zielgewebe identifiziert worden ist. Das kann im geringsten Fall zu unschönen und schmerzhaften Hautverbrennungen führen, aber auch tödliche Darmverletzungen sind möglich.

Unzureichende Vermittlung der benötigten Kenntnisse

Das wenige Wissen, das dem Chirurgen bisher über Elektrochirurgie vermittelt wird, stammt im Wesentlichen von Industrie-repräsentanten. Deren primäres Ziel ist aber der Verkauf dieser Instrumente. Es ist daher nicht verwunderlich, dass aus diesem Zielkonflikt eine nur unzureichende Vermittlung der benötigten Kenntnisse erfolgt. Aus diesem Gedankenschluss heraus begann die Society of American Gastrointestinal und Endoscopic Surgeons (SAGES) 2011 mit der Entwicklung eines standardisierten und zielkonfliktfreien Lernkompendiums für energetische chirurgische Geräte. Es gibt mindestens drei Gründe für den Zeitpunkt dieser Initiative:

1. Die exponentielle Zunahme der technischen Innovationen in der Chirurgie. Der Operationssaal von heute ist eine anspruchsvolle computergesteuerte Leitstelle zur Patientenversorgung, in dem mit einer hohen Frequenz neue, komplexe energetische Geräte in die chirurgische Praxis eingeführt werden.
2. Öffentlichkeit, Medien, und Regulationsbehörden zeigen ein erhöhtes Interesse an Verletzungen und Bränden durch Geräte im OP. Die FDA, eine der einflussreichsten medizinischen Kontrollbehörden, hat die Prävention von OP-Bränden und -Brandverletzungen deshalb 2012 und 2013 thematisiert.
3. Dies hat auch zu einer Transformation der Beziehungen zwischen Industrie und Gesundheitsdienstleistern geführt. Obwohl es immer noch keine Standards für Einführung eines neuen Geräts in den OP gibt, haben Antikorruptionsgesetze und andere Bestimmungen den Austausch von Information zwischen Arzt und Industrie erschwert. Es besteht der Bedarf, die Einführung von Geräten in eine unabhängige, standardisierte Form zu bringen.

Wir müssen uns diesem Problem stellen: Wie sollen Chirurgen an neuen energetischen Instrumenten ausgebildet werden? Wie sehen Ausbildungs- und Zertifizierungsinhalte aus? Wer entwickelt und wer definiert sie? Wie wird ein solches Programm finanziert?

Das FUSE-Programm von SAGES

Das Fundamentals of Surgical Energy (FUSE) Programm ist aus dieser Problematik entstanden. Es ist ein Lernprogramm für die Anwendung

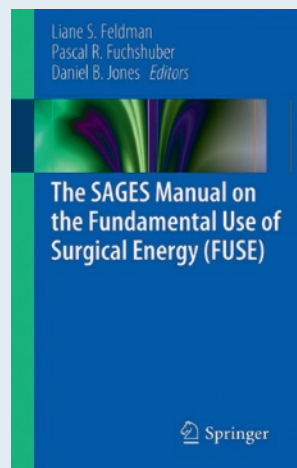


Abb. 5 a und 5 b: Die Komponenten des FUSE-Programms wurden in Form eines Lehrbuchs und eines Online-Curriculums aufbereitet

und Sicherheit chirurgischer Instrumente, das industrieunabhängig entwickelt wurde. In diesem Programm wird die Sicherheit von Patienten und OP-Personal in gleicher Weise berücksichtigt.

Der FUSE-Entwicklungsgruppe gehört eine Vielzahl von allgemeinen und spezialisierten Chirurgen, Urologen, Gynäkologen, Krankenschwestern, Anästhesisten und Ingenieuren an. Das Programm besteht aus drei Komponenten:

1. Eine 230 Seiten starkes, standardisiertes Online-Curriculum, das kostenlos bei www.fusedidactic.org zur Verfügung steht,
2. ein Handbuch „The SAGES Manual on the Fundamental Use of Surgical Energy (FUSE)“ und
3. eine Zertifizierungsprüfung, die gängige psychometrische und Akkreditierungsstandards erfüllt.

Das FUSE-Lernprogramm ist der erste Versuch, eine der letzten weißen Flecken in der Landkarte der medizinischen Ausbildung zu entfernen: ein standardisiertes Curriculum zum Erlernen der sicheren und effektiven Anwendung von elektrochirurgischen und anderen energetischen Instrumenten. Es umfasst Instrumente aus der klinischen Praxis, der operativen und endoskopischen Medizin sowie Beiträge zur Reduzierung der Brandgefahr im Operationssaal.

Spezielle Themen, wie die Nutzung in Patienten mit implantierten Schrittmachern und Defibrillatoren sowie in der pädiatrischen Chirurgie, werden in dem Curriculum ebenfalls ausführlich abgehandelt. Das FUSE-Programm wurde von Chirurgen für Chirurgen entwickelt und dient der Verbesserung der Patientensicherheit sowie der Sicherheit im Operationssaal. ◀

Links:

FUSE program: www.fuseprogram.org

FUSE didactics: www.fundamentals-didactics.com

Literatur beim Verfasser bzw. der Redaktion erhältlich