

Hochfrequenz-Chirurgie: Wirkungsweise, Risiken und Risikominimierung

Die Hände sind die wichtigsten Arbeitsinstrumente des Menschen. Handschuhe bewahren sie vor Kälte, Schmutz, Kontamination und Verletzungen.

Im medizinischen Bereich gelangen spezielle Handschuhe zum Schutz für Patienten und Personal zum Einsatz. Bei korrekter Anwendung sollen medizinische Handschuhe wechselseitige Keimübertragung zwischen medizinischem Personal und Patienten verhindern.

Bestmögliches Tastgefühl, hohe Elastizität und Tragekomfort sind weitere unabdingbare Produktanforderungen. Durch die geringe Dicke von 0,2 mm lassen sich diese Vorgaben weitgehend erfüllen, es stellt sich jedoch die Frage, ob und wie ein OP-Handschuh Schutz vor Spannungen von ca. 1.300 Volt, wie sie bei der HF-Chirurgie verwendet werden, bieten kann.

1. Allgemeine Aspekte der HF-Chirurgie

Mit Hilfe von elektrischer Energie, die in Wärme umgewandelt wird, kann man biologisches Gewebe schneiden und Blutungen stillen. Da diese Technologie mit hohen Stromspannungen arbeitet, ergeben sich gewisse Risiken. Um diese zu minimieren, ist es wichtig, sich der Wirkungsweise bewusst zu sein.

1.1. Wechselwirkung von elektrischem Strom mit biologischem Gewebe

Drei Effekte kommen bei Einwirkung von elektrischem Strom auf den Or-

ganismus zum Tragen: der faradische Effekt, der elektrolytische Effekt und der thermische Effekt.

1.1.1. Der faradische Effekt

Nerven- und Muskelzellen sind elektrisch erregbar und werden von elektrischem Strom gereizt.

Bei menschlichem Gewebe ist die Reizwirkung bei einem Wechselstrom von ca. 100 Hz am höchsten, nimmt mit steigender Frequenz stetig ab und verliert zunehmend ihre schädigende bzw. lebensgefährliche Wirkung (Fig. 1).

1.1.2. Der elektrolytische Effekt

Elektrischer Strom bewirkt im biologischen Gewebe einen Ionenfluss. Ionen sind kleinste elektrisch geladene Teilchen. Beim Anlegen von Gleichstrom wandern die positiv geladenen Ionen zum negativen Pol, die negativ geladenen Ionen zum positiven Pol und führen dort zu einer Schädigung

des biologischen Gewebes. Gleichstrom eignet sich daher nicht zur Anwendung in der Chirurgie.

Benutzt man jedoch Wechselstrom mit sehr hoher Frequenz, wechseln die geladenen Teilchen ständig ihre Bewegungsrichtung, d.h. sie werden zum Schwingen angeregt und haben daher keinen schädigenden Einfluss.

1.1.3. Der thermische Effekt

Durch die Einwirkung von elektrischem Strom wird das Gewebe erwärmt, wobei der Grad der Erwärmung von folgenden Faktoren abhängt:

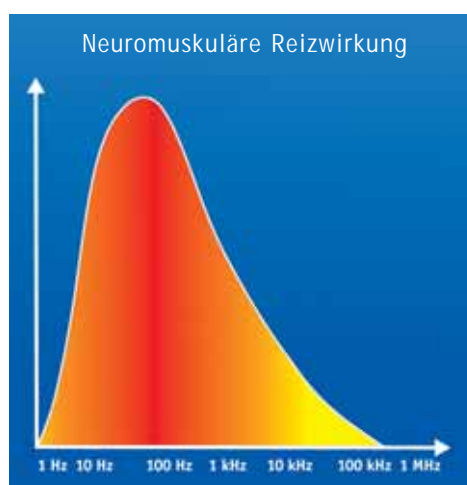


Fig. 1:
Abhängigkeit zwischen Frequenz des Wechselstromes und Reizwirkung auf Zellen

- von der Stromdichte
- vom spezifischen Widerstand des Gewebes
- von der Einwirkungszeit der elektrischen Energie

Je höher die Stromdichte, desto größer ist die Temperaturerhöhung und damit der thermische Effekt. An der Spitze des monopolaren Elektrokauters (Aktivelektrode) erhöht sich die Stromdichte, es kommt zur Ausbildung eines Lichtbogens und dadurch lokal zu einer sehr hohen Temperatur. Gewebe kann an dieser Stelle geschnitten bzw. verödet werden. An der großen Fläche der Neutralelektrode sind Stromdichte und Temperaturentwicklung dagegen so gering, dass keine Wirkung auftritt.

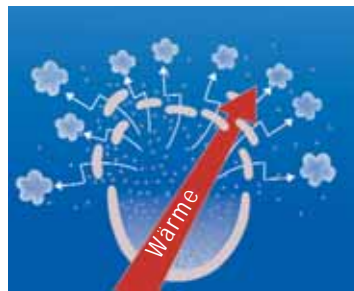


Fig. 2:
Vorgang in der Zelle beim Schneiden



Fig. 3:
Vorgang in der Zelle beim Koagulieren

2. Prinzip der HF-Chirurgie

Das Prinzip der HF-Chirurgie basiert auf den oben beschriebenen Vorgängen. Mit Hilfe des thermischen Effektes wird Gewebe geschnitten, und Blutungen werden gestillt. Um Schädigungen des Gewebes durch den elektrolytischen Effekt bzw. Reizungen der Nerven- und Muskelzellen durch den faradischen Effekt zu verhindern, gelangen hochfrequente Wechselströme mit mindestens 100 kHz zum Einsatz. Grundsätzlich kann HF-Chirurgie auf zwei Arten genutzt werden: zum Schneiden und zum Koagulieren.

2.1. Schneiden von Gewebe

Strom mit hoher Dichte erhitzt die Flüssigkeit in den Körperzellen so schnell, dass der entstehende Dampfdruck die Zellmembran zum Platzen bringt (Fig. 2). Dieses Prinzip nutzt man zum Schneiden und in geringerem Maße zum Koagulieren von Gewebe. Dabei verengen sich auch angrenzende kleine Gefäße, was eine Blutstillung bewirkt.

2.2. Koagulation

Bei langsamer Erhitzung des Gewebes verdampft die Flüssigkeit inner- und au-

ßerhalb der Zellen, ohne die Zellwände zu zerstören (Fig. 3). Das Gewebe schrumpft, seine koagulationsfähigen Teile werden thermisch verödet. Eine Stillung des Blutflusses, auch aus größeren Gefäßen, wird erzielt.

3. Techniken der HF-Chirurgie

Bei der Hochfrequenz-Chirurgie kommen zwei Methoden zum Einsatz, die sich durch den Weg, den der elektrische Strom nimmt, unterscheiden: die monopolare und die bipolare Technik.

3.1. Monopolare Technik

Bei der monopolaren Technik entsteht an der schmalen Aktivelektrode (Spitze des Elektrokauters) durch Erhöhung der Stromdichte ein starker thermischer Effekt. Im angrenzenden Gewebe des OP-Feldes kann damit geschnitten bzw. koaguliert werden. Im entfernteren Gewebe wird die Stromdichte deutlich reduziert, ohne Wärmewirkung fließt der Strom als elektrische Energie über die großflächige Neutralelektrode aus dem Körper ab (Fig. 4).

Gegenüber dem Schnitt mit dem Skalpell ergeben sich folgende Vorteile:

- Verhinderung von Blutungen
- Verhinderung von Keimverschleppung
- Schonung des Gewebes

Der Koagulationsgrad der Schnittfläche ist abhängig von der Form der Elektrode und der Schnittführung, die Koagulationstiefe von der Intensität des HF-Stromes.

3.2. Bipolare Technik

Die bipolare Technik gelangt vor allem in der Mikro- und Neurochirurgie zum Einsatz und kann nur zum Koagulieren verwendet werden. Gearbeitet wird mit einer zweipoligen Aktivelektrode (Pinzette), wobei beide Pole Kontakt mit dem Operationsfeld haben. Eine Neutralelektrode ist nicht erforderlich. Elektrische Energie wird in die Pinzette

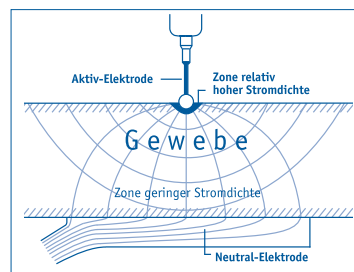


Fig. 4:
Wirkungsweise der monopolaren Technik

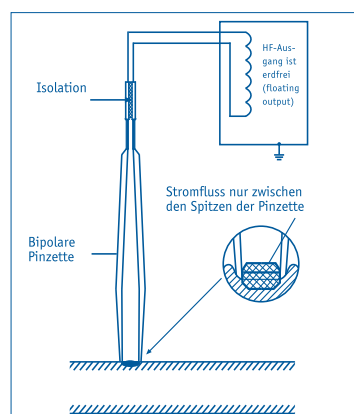


Fig. 5:
Wirkungsweise der bipolaren Technik

geleitet, an den Spitzen bewirkt der thermische Effekt die Koagulation des Gewebes (Fig. 5).

4. Sicherer Umgang mit HF-Chirurgie

Hohe sicherheitstechnische Standards und technische Innovationen machen die Hochfrequenz-Chirurgie bei korrekter Anwendung zu einer sicheren Operationsmethode. Schon das Wissen um die Risiken trägt dazu bei, Effekte wie beispielsweise elektrische Entladungen an unerwünschten Stellen zu vermeiden. Operationshandschuhe sind als Schutz nicht notwendig, müssen allerdings natürlich aus hygienischen Gründen getragen werden.

4.1. Risiken für den Patienten

Besteht zwischen Operationsfeld und Neutralelektrode ein Kontakt mit einem geerdeten Gegenstand (z. B. OP-Tisch), kann es zu unerwünschten Ableitungen kommen. Elektrische Energie fließt anstatt über die Neutralelektrode über diese Kontaktfläche ab. Je kleiner diese ist (hohe Stromdichte), um so größer ist der thermische Effekt und damit die Möglichkeit einer Verbrennung.

4.2. Sicherheit für den Patienten

Zum Schutz des Patienten sollten folgende Punkte beachtet werden:

- Richtige Lagerung (trocken und isoliert)
- Keine Berührung mit geerdeten Gegenständen
- Kein punktueller Haut-zu-Haut-Kontakt (zwischen Arzt/Helfer und Patient, zwischen einzelnen Körperteilen des Patienten)
- Kurze Kabelführung, keine Berührungspunkte
- Keine Schlaufenbildung an Kabeln, keine Befestigung mit Metallklemmen
- Vorsichtige Handhabung von Desinfektionsmitteln (enthaltener Alkohol ist durch elektrische Funken entflammbar)

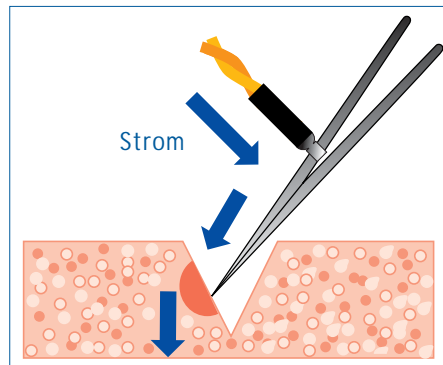


Fig. 6:
Gewünschter „Stromfluss“ bei monopolärer HF-Chirurgie

- Ablage des Elektrodengriffes am dafür vorgesehenen Platz
- Verwendung der kleinstmöglichen Spannung
- Richtige Platzierung der Neutralelektroden

4.3. Risiken für den Anwender

Die Hochfrequenz-Chirurgie ist sowohl für den Chirurgen als auch für den Patienten auf Grund der zuvor beschriebenen Effekte eine sichere Operationsmethode. Dennoch

kommt es immer wieder zu unerwünschten elektrischen Entladungen. Passiert dies an der Hand des Chirurgen, so wird das als Durchschlag bezeichnet. Durch einen Lichtbogen zwischen dem chirurgischen Instrument und der Hand des Arztes kommt es kurzzeitig zu einer Hitzeentwicklung. Die hohe freigesetzte Temperatur zerstört einerseits den Film des Operationshandschuhs und kann andererseits schmerzhafte Verbrennungen an der Hand verursachen.

„Thermische Durchschläge“ treten vor allem dann auf, wenn mit einer einpoligen Elektrode über eine Pinzette koaguliert wird. Ist diese noch nicht in Kontakt mit dem Gewebe oder wird die Elektrode zu früh aktiviert, so ist der Stromfluss über den Patienten zur Neutralelektrode nicht möglich. Der elektrische Strom kann daher nicht durch den Patienten, sondern durch die Pinzette zur Hand fließen. Ist die Kontaktfläche der Pinzette mit der Hand des Chirurgen sehr klein (wird die Pinzette nur leicht gehalten) und daher die

Stromdichte sehr groß, kommt es zu einer starken Hitzeentwicklung. Es entsteht der gleiche Effekt, wie er bei der HF-Chirurgie gewünscht wird, nur eben an der falschen Stelle. Die thermische Energie ist so groß, dass es zu Durchschlägen kommt – der Latexfilm schmilzt, es entsteht ein Loch im Handschuh und es kann zu Verbrennungen an der Hand des Anwenders kommen.

Die starke lokale Erhitzung kann sowohl OP-Handschuhe aus Naturlatex als auch aus SyntheselateX zerstören.

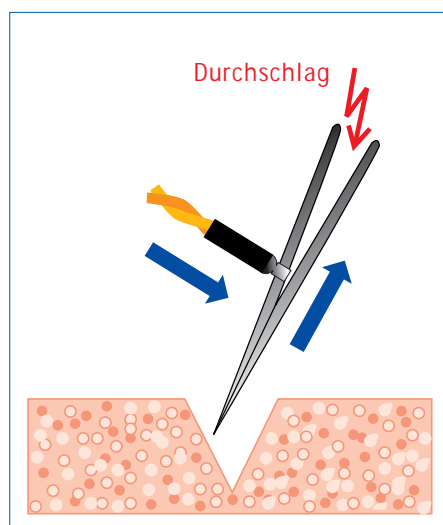


Fig. 7:
Koagulation gegen Luft

4.4. Tipps für den Anwender

Wie für den Patienten gibt es auch für den Anwender Maßnahmen, bei deren Beachtung Zwischenfälle leicht vermieden werden können:

- Kontrolle des Gerätes vor Inbetriebnahme: Vermeidung von Kabelschlaufen, richtiger Anschluss der Elektroden und Schalter etc.
- Grundsätzlich zum Gerät passende Zubehörteile verwenden
- Verwendung von isolierten Pinzetten
- Ansetzen der Aktivelektrode immer zuerst auf das Gewebe bzw. bei Koagulation auf die Pinzette, erst danach aktivieren
- Regelmäßiger intra-operativer Handschuhwechsel: Hautfette und Kontakt mit Flüssigkeiten lassen den Latex-Film langsam quellen und reduzieren auf Dauer die Belastbarkeit des Handschuhs



Fig. 8:
Elektrikerhandschuh, OP-Handschuh

Zur Optimierung von Tastgefühl und Tragekomfort liegt die Wandstärke von OP-Handschuhen lediglich bei ca. 0,2 mm (1/10 der Dicke eines Elektrikerhandschuhs).

Aus diesem Grund bieten sie zwar einen geringen, aber sicherlich keinen 100-prozentigen Schutz vor Durchschlägen. An dieser Stelle soll allerdings noch einmal darauf hingewiesen werden, dass bei korrekter Anwendung von HF-Chirurgie kein Hand-

schuh als Schutz notwendig ist.

Die isolierende Wirkung von Gummi hängt nicht nur von seiner Dicke, sondern auch von seinen physikalischen Eigenschaften ab.

Bei länger dauernden Eingriffen neigt das Material der Handschuhe zum Quellen, d. h., sie nehmen vermehrt Schweiß und Flüssigkeiten aus der OP-Wunde auf, was die isolierende Wirkung des Gummis zusätzlich verringert.

Durch frische und trockene OP-Handschuhe kann die Wahrscheinlichkeit von Durchschlägen gesenkt werden. Im eigenen Interesse sollte der Chirurg während länger dauernder Operationen die Handschuhe in regelmäßigen Abständen wechseln.

Um die Sicherheit weiter zu erhöhen, empfiehlt sich das Tragen von zwei Paar Handschuhen. Die Gummischicht ist dadurch verdoppelt, die Luftschicht zwischen den Gummiflächen bietet eine zusätzliche isolierende Wirkung.

5. Bietet ein Operationshandschuh effizienten Schutz bei Verwendung in der HF-Chirurgie?

Von einem Operationshandschuh wird erwartet, dass er vor Verletzungen durch HF-Ströme schützt.

Grundsätzlich ist Gummi ein Isolator. Die isolierende Wirkung hängt von der physikalischen Zusammensetzung des Gummifilms und von der Dicke ab. Je dicker der Gummifilm, desto höher die Wirkung.

Spezifischer Widerstand verschiedener Materialien in $[\Omega \cdot \text{cm}]$ bei Wechselstrom im Bereich von 0,3 bis 1 Megahertz [MHz]

Biologisches Gewebe		Metall	
Blut	$0,16 \cdot 10^3$	Silber	$0,16 \cdot 10^{-5}$
Muskeln, Niere	$0,2 \cdot 10^3$	Kupfer	$0,17 \cdot 10^{-5}$
Leber, Milz	$0,3 \cdot 10^3$	Gold	$0,22 \cdot 10^{-5}$
Gehirn	$0,7 \cdot 10^3$		
Lunge	$1,0 \cdot 10^3$		
Fettgewebe	$3,3 \cdot 10^3$		

Operationshandschuh aus Naturlatex: $10^{10} - 10^{13} [\Omega \cdot \text{cm}]$

HF-Chirurgie arbeitet mit durchschnittlichen Stromspannungen von 1.200 V und mit Spitzen bis zu 4.000 V. Laut EN 60903 sind zum Schutz vor so hohen Spannungen Elektrikerschutzhandschuhe der Schutzklasse II mit einer Wanddicke von 2,3 mm erforderlich (Fig. 8).

6. Zusammenfassung

Grundlegend kann gesagt werden, dass bei Verwendung von HF-Chirurgie kein Handschuh als Schutz benötigt wird und für diesen Zweck auch nicht als Schutzhandschuh angesehen werden kann. Eine Ableitung des elektrischen Stromes über den Arzt ist bei korrekter Anwendung und fehlerfreiem HF-Generator nicht zu erwarten.

Sollte es doch während der Arbeit zu „fehlgeleiteten“ Strömen und infolgedessen zu Durchschlägen kommen, kann durch Maßnahmen zur Sicherheit und zusätzliche Isolierung, etwa durch spezielle Pinzetten oder Tragen von zwei Paar Operationshandschuhen übereinander, Abhilfe geschaffen werden, um die Wahrscheinlichkeit von Durchschlägen zu minimieren.

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber: Semperit Technische Produkte Gesellschaft m.b.H, Division Sempermed, Modcenterstrasse 22, A -1031 Wien, Tel. +43-1-79 777-621, Fax: +43-1-79 777-630, E-Mail: sempermed@semperit.at, www.sempermed.com, Redaktion: Martina Büchele