

*Grundlagen der HF-Chirurgie*

## Themen

Vorwort : .....	3
1.0 Elektrophysiologische Grundlagen .....	4
1.1 ...den thermischen Effekt.....	5
1.2 ...den faradischen Effekt.....	5
1.3 Die Gewebekoagulation.....	5
1.4 Die Gewebetrennung.....	5
1.5 HF-Chirurgische Verfahren.....	6
1.6 HF-Chirurgische Verfahren.....	6
2.0 Risiken und Sicherheit der HF-Chirurgie.....	7
2.1 Unbeabsichtigte thermische Gewebeschädigung.....	7
2.2 Unbeabsichtigte thermische Gewebeschädigung infolge von HF- Leckströmen.....	7
2.3 Unbeabsichtigtes Aktivieren eines HF Generators.....	7
2.4 Unbeabsichtigtes Aktivieren eines HF Generators kann beispielsweise verursacht werden durch:.....	7
3.0 Praktisch Hinweise zur Anwendung von HF-Chirurgiegeräten.....	8
3.1 Zur Sicherheit des Patienten.....	8
3.2 Umgang mit der Neutralelektrode (NE).....	9
3.3 Ungeeignet für das Anbringen der NE sind.....	10
3.4 Elektrisch leitfähige Gegenstände am Körper.....	10
3.5 Elektrisch leitfähige Gegenstände im Körper.....	11
3.6 Verbrennungsursachen.....	11
4.0 Der Hochfrequente Wechselstrom.....	13
4.1 Grundlagen der Elektrotechnik.....	13
4.2 Reizwirkung des Wechselstromes auf Nerven- und Muskelzellen in Abhängigkeit von der Frequenz.....	13

## Vorwort :

Die stürmische Entwicklung in der operativen Medizin brachte vielfältige neue Anforderungen der Chirurgen an ein modernes HF-Chirurgiegerät mit sich. All diese Anforderungen, wie z.B. der Einsatz in der MIC oder in der Herz-/Thorax-Chirurgie endoskopischen Chirurgie werden heute von allen Anwendern an HF-Chirurgiesysteme gestellt.

Man könnte darüber diskutieren, ob die Fortschritte endoskopischer Operations- bzw. Untersuchungsverfahren die Hochfrequenzchirurgie oder, die Fortschritte hochfrequenzchirurgischer Verfahren, die Endoskopie gefördert haben.

Man braucht jedoch nicht darüber diskutieren, dass die Endoskopie ohne Hochfrequenzchirurgie bzw. die Hochfrequenzchirurgie ohne Endoskopie die Bedeutung hätten, die sie heute unbestritten haben, und das in allen operativen Fachdisziplinen.

Allerdings sind mit der geradezu rasanten Ausdehnung des Anwendungsspektrums der Hochfrequenzchirurgie in den verschiedenen Fachgebieten auch die spezifischen Anforderungen an die Eigenschaften ihrer Instrumente und Geräte differenzierter als vor Einführung der Endoskopie.

Wer heute darüber befinden muss, welche Verfahren, Instrumente, Geräte und/oder Systeme für diese oder jene Anwendung am besten geeignet sind, sollte hierüber adäquat informiert sein.

Die folgende Zusammenfassung soll die Grundlagen der HF-Chirurgie und ihre Problematik besser darstellen, insbesondere soll sie die Thematik vertraut machen um die Gefahren rund um den Strom besser zu erkennen und diese im Vorfeld zu vermeiden, um so den Patienten und sich selbst besser zu schützen.

Darüber hinaus sollen auch die Möglichkeiten, welche uns computergestützte HF-Chirurgiesysteme heute bieten, praxisgerecht vermittelt werden.

Ich hoffe, dass diese Zusammenfassung zum verstärkten Verständnis für die HF-Chirurgie beiträgt und sie auch als Nachschlagwerk benützt wird.

Wien, im September 2002

Engelbert Mach

## 1.0 Elektrophysiologische Grundlagen

Die Elektrophysiologie – auch Elektrobiologie genannt wurden die bekannten Experimente von Galvanis im 18. Jahrhundert begründet und beschreibt eine Fachrichtung die sich u.a. mit den Reaktionen lebender Organismen auf elektrische Stimulierung befasst.

Nach dem heutigen Wissenstand erfolgt der lebenswichtige Informationsaustausch zwischen den Nervenzellen durch Veränderungen des elektrischen Potentials.

Diese reizbedingte Potentialsverschiebung wird nun z.B. von den Nervenzellen und Nervenfasern über die motorischen Endplatten zu den Muskelzellen transferiert. Die Muskelzellen antworten als chemodynamische Einheiten auf eine Potentialveränderung mit einer Verkürzung der kontraktile Elemente

Ein Gleichstrom mit einer Stromstärke von 1-2mA manchmal bereits bei 0,1 mA führt wegen des permanent ansteigenden Reizmusters zu einer Dauerkontraktion als Reizantwort des Stromes. Bei entsprechend großen Stromstärken, können neben den starken Reizerscheinungen schwere Zell- und Gewebeschädigungen auftreten.

Da die Durchführung von elektrochirurgischen Maßnahmen bei niederfrequenten Wechselströmen wegen der faradischen Reizung nicht mit unerschwinglichen Leistungen, möglich ist bedarf es hochfrequenter Ströme. Mit wachsender Frequenz nimmt daher die reizauslösende Ionenwanderung ab, und es tritt nur noch eine Widerstandswärme im strömdurchflossenen Gewebe in Erscheinung.

Reizfreiheit im Gewebe herrscht erst bei hochfrequenten Strömen ab etwa 100-300kHz.

Unter Hochfrequenzchirurgie versteht man die Anwendung von HF Energie zur Veränderung oder Zerstörung von biologischem Gewebe, Gewebezellen und zur Durchtrennung bzw. Entfernung von Geweben Verbindung mit mechanischen Operationstechniken.

Eine quantitative Unterscheidung der HF Chirurgie, kann man in HF-Koagulation soll heißen, Gewebe verkochen unter volumenhafter Wärmeerzeugung, und in HF-Tomie eine Gewebetrennung bzw. Gewebeentfernung bei punkt- oder flächenhafter Wärmeerzeugung, vorgenommen werden.

In einem elektrischen Stromkreis tritt nun sowohl an Stellen mit geringen Querschnitts, als auch im Bereich einer geringer elektrischer Leitfähigkeit eine Erwärmung auf. Dabei bleibt die Elektrode selbst wegen ihres guten Wärmeleitungsvermögens nahe zu kalt. Die Stufen der möglichen HF-Chirurgiewirkung lassen sich qualitativ etwa folgendermaßen einteilen:

- Hyperämie (Verbrennung 1. Grades)
- Ödembildung (Blasenbildung, Verbrennung 2. Grades)
- Koagulation der organischen Gewebebestandteile
- Kochen des Gewebes
- Dehydration mit Austrocknung des Gewebes
- Gewebeverschorfung mit Nekrosebildung (Verbrennung 3. Grades)
- Brandschorf
- Karbonisation als Schwarzfärbung und Verkohlung ( Verbrennung 4. Grades)

- Verdampfung des Gewebes und Verflüchtigung in atomaren Kohlenstoff
- Gasbildung (z.B. Ammoniak, Wasserstoff)

Lebende Zellen sind kurzzeitig gegenüber Temperatur von 49-50°C resistent.

Die Gerinnung von Eiweiß beginnt bei einer Koagulationstemperatur von ca. 60°C . Mit steigender Temperatur wächst der Denaturierungsprozess an.

Die Hochfrequenzchirurgie basiert im Wesentlichen auf folgenden Prinzipien, durchfließt ein elektrischer Strom biologisches Gewebe, kann man folgendes beobachten:

### 1.1 ...den thermischen Effekt.

Das Gewebe wird durch den elektrischen Strom erwärmt, wobei die Erwärmung abhängig ist vom spezifischen Widerstand des Gewebes, sowie von der Stromdichte und der Einwirkdauer.

### 1.2 ...den faradischen Effekt.

Elektrisch erregbare Zellen, wie Nerven und Muskelzellen werden vom elektrischen Strom erhitzt. Dieser Effekt ist bei der HF-Chirurgie unerwünscht und wird durch einen physikalischen Trick vermieden. Verwendet man für die HF-Chirurgie einen Wechselstrom mit ausreichend hoher Frequenz, (ab ca. 100 kHz.) so tritt der faradische Effekt nicht mehr auf.

Das ist der Grund für die Verwendung von Wechselstrom mit einer Frequenz von mindestens 300 kHz. (3 Fache Sicherheit ist Med. techn.

Vorgeschrieben) in der hiernach benannten Hochfrequenzchirurgie

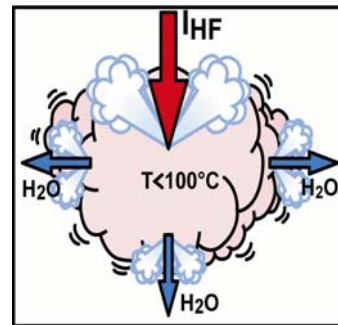
Die HF-Chirurgie basiert also im wesentlichen auf dem thermischen Effekt, den der elektrische Strom endogen im Gewebe verursacht. Der

Operateur kann so den elektrischen Strom Nutzen, um Gewebe gezielt thermisch zu zerstören. Prinzipiell unterscheidet man zwei Möglichkeiten der thermischen Gewebezzerstörung:

### **Gewebekoagulation** und **Gewebetrennung**.

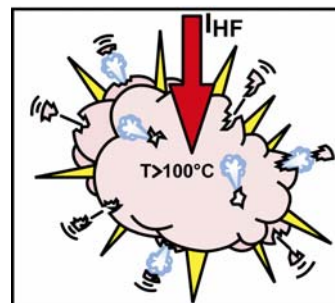
#### 1.3 Die Gewebekoagulation

wird erreicht, in dem der elektrische Strom das zu koagulierende Gewebe ausreichend langsam erhitzt, so dass das Wasser intra- und extrazellulär verdampft und die koagulationsfähigen Bestandteile des Gewebes koagulieren, wobei das Gewebe je nach Typ mehr oder weniger stark schrumpft.



#### 1.4 Die Gewebetrennung

wird erreicht, in dem der elektrische Strom das zu trennende Gewebe an der Trennstelle so schnell erhitzt, dass das Wasser keine Zeit hat langsam zu verdampfen. Die Temperatur der Zellflüssigkeit steigt so schnell an, dass der im Gewebe entstehende Dampfdruck die Zellwand bzw. das Gewebe zerreißt.

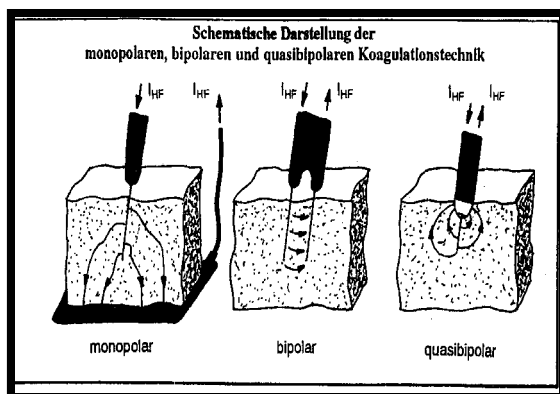


Diese Vorgänge finden natürlich in mikroskopisch kleinen Dimensionen statt, so dass sie mit

bloßem Auge nicht erkennbar sind. Man sieht nur das Resultat dieser Vorgänge. Das gibt uns nun die Möglichkeit, mit geeigneten Elektroden oder Instrumenten jedes leitfähige Gewebe bequem schneiden zu können.

Die HF-Chirurgie findet in der MIC zunehmend Anwendung für exaktes Schneiden feiner Gewebestrukturen. Dabei darf insbesondere die Gefahr einer ungewollten thermischen Verletzung von Gewebestrukturen nicht außer Acht gelassen werden.

Ungewollte thermische Verletzungen können immer dann auftreten, wenn HF-Ströme unkontrolliert durch das Zellgewebe oder angrenzende Gewebestrukturen fließen. Dies ist der Grund warum mit der Entwicklung minimalinvasiver Operationstechniken das Bedürfnis nach bipolaren und quasi-bipolaren Koagulations- und Schneideinstrumenten sowie bipolaren und quasi-bipolaren Anwendungstechniken eine besondere Bedeutung erlangt hat.

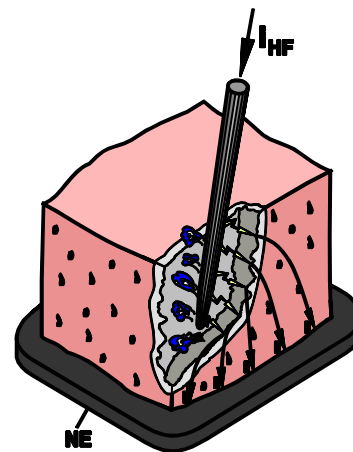


### 1.5 HF-Chirurgische Verfahren Monopolare Technik

Wir unterscheiden grundsätzlich zwei Einsatzverfahren, nämlich in monopolare HF-Chirurgie und bipolare HF-Chirurgie. Die beiden HF-Verfahren unterscheiden sich nicht nur in der Funktionsweise, sondern auch in ihrem Einsatzspektrum.

Zunächst betrachten wir die monopolare HF-Chirurgie:

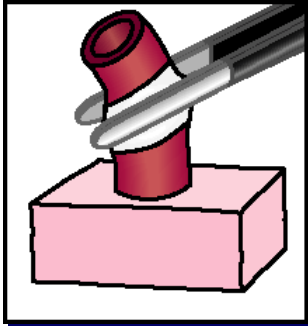
hochfrequenter Strom fließt vom HF-Chirurgiegerät über eine Elektrode in das Gewebe auf eine großflächige Neutralelektrode und zurück in das Gerät. Die elektrische Stromdichte bewirkt im Gewebe eine Erwärmung die zum Schneiden und koagulieren verwendet wird.



### 1.6 HF-Chirurgische Verfahren Bipolare Technik

Hier fließt ein Strom vom HF-Chirurgiegerät in ein Instrument (z.B. Pinzette). Der Strom fließt über eine – Seite des Instrumentes in das Gewebe- und über die andere Seite des Instrumentes wieder zum HF-Chirurgiegerät zurück.

Der Vorteil dieser Technik ist es, dass der Strom der fließt, nur im begrenztem Bereich des Applikationsgebietes auftritt.



## 2.0 Risiken und Sicherheit der HF-Chirurgie

### 2.1 Unbeabsichtigte thermische Gewebeschädigung

Die HF-Chirurgie ist prinzipiell mit verschiedenen Risiken für den Patienten, das Personal und das Umfeld verbunden. Um diese Risiken in der Praxis zu vermeiden, müssen der Operateur und seine Assistenten diese Risiken kennen und die entsprechenden Regeln zur Vermeidung von Schäden beachten.

### 2.2 Unbeabsichtigte thermische Gewebeschädigung infolge von HF-Leckströmen

Während der HF-Chirurgie führt der Patient unvermeidlich hochfrequente elektrische Spannung gegen Erdpotential. Berührt der Patient während der HF-Chirurgie elektrisch leitfähige Gegenstände, so kann an der Kontaktstelle zwischen Patienten und diesem Gegenstand ein hochfrequenter elektrischer Strom fließen, der wiederum thermische Nekrosen verursachen kann. Elektrisch leitfähige Gegenstände sind nicht nur Gegenstände aus Metall, sondern auch nasse Tücher.

### 2.3 Unbeabsichtigtes Aktivieren eines HF Generators

Unbeabsichtigtes Aktivieren eines HF-Generators kann zu Verbrennungen am Patienten führen, wenn die aktive Elektrode hierbei den Patienten direkt oder indirekt durch elektrisch leitfähige Gegenstände oder nasse Tücher hindurch berührt.

### 2.4 Unbeabsichtigtes Aktivieren eines HF Generators kann beispielsweise verursacht werden durch:

- Unbeabsichtigtes Drücken des Fußpedals
- Unbeabsichtigtes Drücken eines Fingerschalters
- Defekte Fingerschalter, Fußschalter oder Kabel
- Eindringen von elektrisch leitfähiger Flüssigkeit (Blut, Urin, physiologischer Kochsalzlösung Spülflüssigkeiten etc.) in Finger oder Fußschalter.
- Fehler innerhalb des Hochfrequenz-Chirurgiegerätes

#### 2.4.1 ACHTUNG:

Um Verbrennung am Patienten infolge unbeabsichtigtem Aktivieren eines HF-Generators zu vermeiden, sollten folgende Anwendungsregeln beachtet werden.

Aktive Elektroden nie so auf - oder neben dem Patienten ablegen, dass diese Patienten direkt oder indirekt durch elektrisch leitfähige Gegenstände oder nasse Tücher berühren können. Die Leitungen zu den aktiven Elektroden sollten so geführt werden, dass sie weder den Patienten noch andere Leitungen berühren.

Das akustische Signal, welches den aktiven Zustand des HF-Generators meldet, stets gut hörbar einstellen.

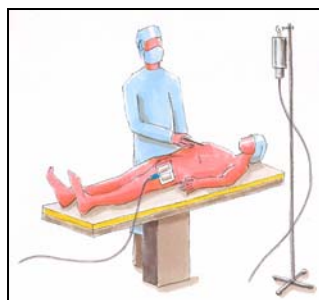
Bei Operationen, bei denen die Schneide- oder Koagulationselektrode auch im nicht aktiven Zustand unvermeidlich mit dem Patienten in Kontakt bleibt, z.B. bei endoskopischen Operationen, ist besondere Vorsicht geboten. Wird so eine Elektrode infolge eines Fehlers unbeabsichtigt aktiviert, dann sollte eine derartige aktivierte Elektrode nicht unkontrolliert aus dem Körper entfernt werden. Beim Entfernen der aktiven Elektrode aus dem Körper des Patienten, können Verbrennungen an allen Stellen innerhalb des Körpers entstehen, die mit der aktiven Elektrode in Kontakt geraten. Deshalb soll bei derartigen Fehlern sofort der Netzschalter des HF-Generators abgeschaltet werden, bevor versucht wird die aktive Elektrode aus dem Körper zu entfernen.

### 3.0 Praktisch Hinweise zur Anwendung von HF-Chirurgiegeräten

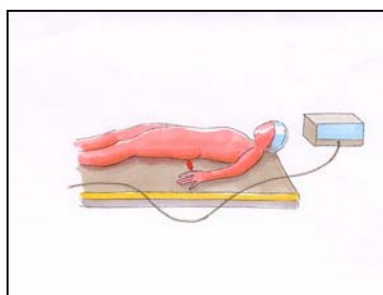
Moderne HF-Chirurgiegeräte vereinigen in der Regel Einsatz- und Funktionsvielfalt mit größtmöglicher Sicherheit und Schonung für den Patienten automatische Überwachungsfunktionen sorgen dafür. Bei allen HF-Chirurgiegeräten wird die Sicherheit aber auch dadurch beeinflusst, wie man mit ihnen im OP damit umgeht. Für mehr Sicherheit gibt es einige grundsätzliche Regeln, aus Erfahrung zeigt sich, dass Einhalten dieser Tipps und Regeln bei allen Anwendern ebenso zur Routine gehören sollte, sowie das genaue Beachten der Bedienungsanleitung zur Verbesserung des Bedienungskomfort führen.

#### 3.1 Zur Sicherheit des Patienten

- Der Patient muss trocken und elektrisch isoliert gelagert werden.
- Der Patient sollte nicht mit leitfähigem Gegenständen in Berührung kommen, die geerdet sind oder eine große Kapazität gegen Erde haben, wie z.B. OP-Tisch oder Infusionsständer.



- Bei lang andauernden Operationen ist der Urin durch ein Katheter abzuleiten.
- Ersetzen Sie – wenn möglich – nasse OP-Tisch–Auflagen und Abdecktücher durch trockene.
- Bei der Lagerung des Patienten sollte kein punktueller Haut-zu-Haut-Kontakt entstehen, etwa zwischen Fingern und Oberschenkel.



- Kabel zum Elektrodengriff und zur Neutralelektrode sind möglichst so zu führen, dass sie weder andere Leitungen noch den Patienten berühren.

- Die HF- Kabel nicht aufwickeln und nicht mit einer Metall-, sondern mit einer Kunststoffklemme am OP-Tuch befestigen (Metallklammern können zur punktuellen Berührung mit der Haut des Patienten führen und unter ungünstigen Umständen Verbrennungen verursachen).



- Bitte halten Sie einen ausreichenden Abstand von mindesten 15 cm zwischen der aktiven HF-Elektrode und einer EKG-Elektrode ein (entstehen hoher Kapazitäten).
- Bei Patienten mit Herzschrittmacher oder Schrittmacher Elektroden ist ein Gefährdung durch Störung oder Beschädigung des Schrittmachers möglich. Fragen Sie im Zweifelsfall einen Fachmann des Herstellers, oder den zuständigen Kardiologen um Rat.

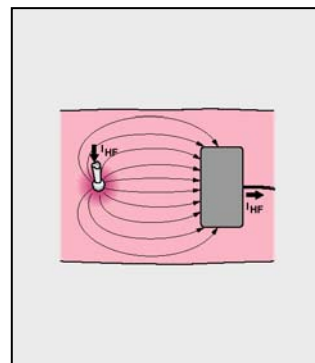


- Vorsicht mit Desinfektionsmittel der darin enthaltene Alkohol kann sich durch einen elektrischen Funken entzünden.

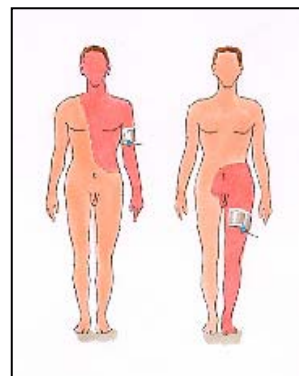


### 3.2 Umgang mit der Neutralelektrode (NE)

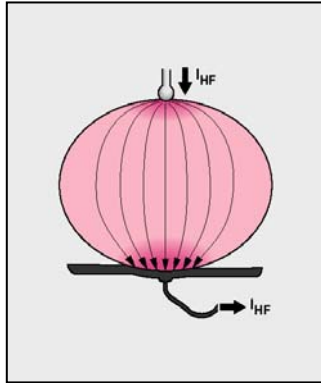
Positionieren Sie die Neutralelektrode immer mit der **langen** Kannte zum OP-Feld.



Positionieren Sie die Neutralelektrode möglichst nahe am Operationsfeld um etwaige Spannungsverschleppungen zu vermeiden, an einer der geeigneten Extremitäten (Oberarm Oberschenkel).



Sorgen Sie dafür, dass die gesamte NE- Fläche auf der Haut aufliegt. Um guten Kontakt sicherzustellen, müssen gegebenenfalls Haare abrasiert werden. Keinesfalls zusätzliches Kontaktgel auftragen.

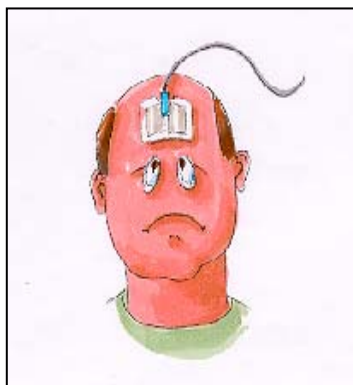


Flüssigkeiten vom Bereich der NE fernhalten. Diese können sowohl die Klebewirkung als auch die elektrische Leitfähigkeit negativ beeinflussen.

Neutralelektroden zum Einmalgebrauch bitte auch nur einmal verwenden – aus Gründen der Sicherheit und der Hygiene.

Verfalldatum der NE unbedingt beachten, da diese auf die Klebeeigenschaft der NE wirkt.

### 3.3 Ungeeignet für das Anbringen der NE sind



- knochige oder unebene Oberflächen.

- Stellen, unter denen ein Implantat liegt.
- Stellen mit dicker Fettschicht, wie z.B. Bauch und Gesäß
- Vernarbtes Gewebe.
- Neutralelektrode darf nicht eingeschnitten oder verkleinert werden.
- Keinesfalls noch zusätzliches Kontaktgel auf die Neutralelektrode aufbringen.
- Verwenden Sie möglichst nur vom Hersteller empfohlenes Originalzubehör.
- Im Zweifelsfall Kompatibilitätsbescheinigung vom Hersteller oder Händler anfordern.

Nutzen Sie die vollen Vorteile eines eingebauten NE-Sicherheitssystems, in dem Sie ausschließlich Neutralelektroden verwenden, die für das HF-Gerät, welches Sie verwenden optimiert sind!

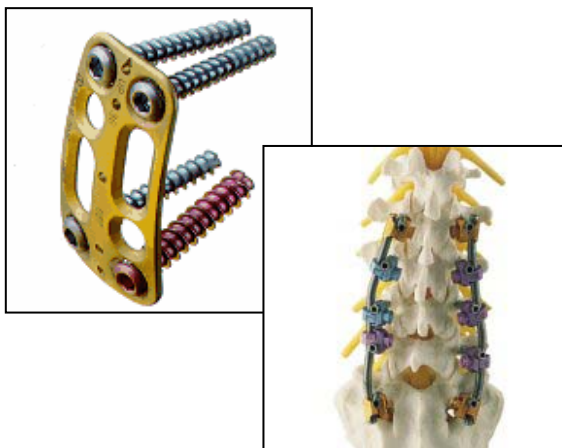
### 3.4 Elektrisch leitfähige Gegenstände am Körper

Wichtige Hinweise Schmuck betreffend wie Piercing und Oberflächenschmuck in Zusammenhang mit einem HF-Chirurgiegerät. Falls es einfach möglich ist sollte Piercing-Schmuck entfernt werden. Der Einsatz der Hochfrequenz-Chirurgie an gepiercten Patienten stellt jedoch keine Kontraindikation dar, sofern folgende Richtlinien beachtet werden.

- Das Piercing darf nicht mit der aktiven Elektrode oder der Neutralelektrode direkt in Berührung kommen.
- Die aktive Elektrode sowie die neutrale Elektrode darf nicht in unmittelbarer Nähe des gepiercten Körperteiles eingesetzt werden.

- Der gepiercte Körperteil darf nicht direkt im Stromweg zwischen der aktiven und der neutralen Elektrode sein.
- Das Piercing darf nicht mit leitfähigen Materialien in Berührung kommen.

### 3.5 Elektrisch leitfähige Gegenstände im Körper



elektrisch leitfähige Gegenstände im Körper eines Patienten ( Spirale, Implantate etc.) verursachen bei Anwendung der HF-Chirurgie dann nur Probleme, wenn diese Gegenstände eine derart hohe Stromdichte im angrenzenden Gewebe verursachen, dass eine thermische Schädigung des betreffenden Gewebes entstehen kann.

Dies kann wiederum nur dann passieren, wenn der elektrisch leitfähige Gegenstand im Wege des HF-Stroms, zwischen aktiver Elektrode und Neutralelektrode liegt. Eine metallische Endoprothese des Hüftgelenks kann diesbezüglich problematisch sein, wenn die Neutralelektrode am Bein angelegt ist, welches die Endoprothese enthält.

Intrauterinäre Spiralen liegen bei den meisten Indikationen der HF-Chirurgie außerhalb, oder am Rande der Wege des HF-Stroms und sind daher in der Regel so klein, dass sie keine gefährlichen Stromkonzentrationen verursachen können.

Allerdings sollte aus forensischen Gründen die Anwendung der HF-Chirurgie im Bereich des Uterus bei Patientinnen, die eine Spirale tragen, nicht empfohlen werden, weil eine postoperative Komplikation auch dann der HF-Chirurgie angelastet werden könnte, wenn diese Komplikation theoretisch nicht durch die HF-Chirurgie verursacht werden konnte.

Bezüglich der Anwendung der HF-Chirurgie in nicht unmittelbarer Nähe des Uterus entsteht keine Kontraindikation im Zusammenhang mit HF-Chirurgie bei Spiralträgerinnen.

### 3.6 Verbrennungsursachen

Ursachen und Vermeidung von Verbrennungen am Patienten bei Anwendung von HF-Chirurgie. Bei der Anwendung von HF-Chirurgie können am Patienten mehr oder weniger schwere Verbrennungen entstehen, die bei Kenntnis der Ursachen sicher vermeidbar sind.

Sowohl für die vorbeugenden Maßnahmen gegen Verbrennungen als auch für die Begutachtung von Verbrennungen ist es zweckmäßig, die Ursachen in drei Ursachengruppen zu differenzieren:

- Endogene Verbrennungen**
- Exogene Verbrennungen**
- Pseudo Verbrennungen**

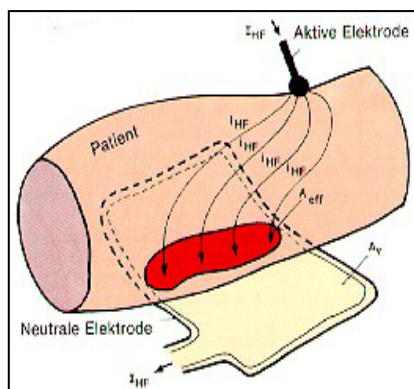
### Endogene Verbrennungen

entstehen infolge zu hoher Stromdichte im Gewebe des Patienten.

Während an der aktiven Elektrode hohe Stromdichten erforderlich sind um das Gewebe koagulieren oder schneiden zu können, darf die Stromdichte an der neutralen Elektrode oder an zufälligen Kontakten des Patienten mit elektrisch leitfähigen Gegenständen nicht so hoch sein, dass das Gewebe hierdurch thermisch geschädigt wird.

Endogene Verbrennungen infolge zu hoher Stromdichte an den neutralen Elektrode können folgende Ursachen haben:

Die verfügbare elektrisch leitfähige Fläche ( $A_V$ ) der neutralen Elektrode ist für die verwendete HF - Leistung (PHF) zu klein.



### Exogene Verbrennungen

entstehen durch die Hitze der Flamme brennbarer Flüssigkeiten, Gase und Dämpfe (z.B. Hautreinigungsmittel, Desinfektion- oder Narkosemittel, aber auch endogene Gase), wenn diese durch die Funkenbildung, die zwischen aktiver Elektrode und Gewebe unvermeidlich ist, gezündet werden.

**Pseudo Verbrennungen** hin und wieder werden postoperativ mehr oder weniger große Nekrosen am Patienten beobachtet, die primär als Verbrennungsnekrosen gedeutet werden, für die aber weder endogene noch exogene Ursachen nachgewiesen werden können.

**Endogene Ursachen** können hier mit großer Sicherheit ausgeschlossen werden, wenn der Patient während der Operation an der Stelle, an der die Nekrose entstanden ist, keinen Kontakt zu elektrisch leitfähigen Gegenständen inklusive feuchten Tüchern etc., hatte.

**Exogene Ursachen** können hier sicher ausgeschlossen werden, wenn vor und während der Operation keinerlei brennbare Mittel am, bzw. in der Nähe des Patienten vorhanden waren. Differentialdiagnostisch können diese sog. Pseudoverbrennungen

### Drucknekrosen

Insbesondere während länger dauernder Operationen können Gewebequetschungen zu Drucknekrosen führen.

So wurden nach Herzoperationen, wobei der Patient hyperthermiert wurde, großflächige Gewebenekrosen entdeckt, die primär als endogene Verbrennungen diagnostiziert wurden. Eingehende Prüfungen der Ursache dieser als Verbrennung deklarierten Nekrose durch den Hersteller des HF-Chirurgiegerätes, das technische Personal des Krankenhauses, des Technischen Überwachungsvereins und des Operationsteams ergaben keine physikalisch begründeten Erklärungen. Erst als der Verdacht auf Drucknekrosen differentialdiagnostisch näher untersucht wurde, konnten endogene und exogene Verbrennungsursachen eindeutig ausgeschlossen werden.



## 4.0 Der Hochfrequente Wechselstrom

HF-Wechselstrom wird in der Medizin zum Schneiden, Koagulieren und Devitalisieren von Gewebe eingesetzt.

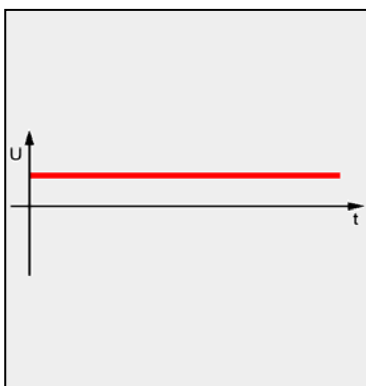
- HF- Strom eignet sich im Gegensatz zu Gleichstrom besonders (kein bilden von Säuren und Laugen an den Elektroden)
- Wegfall der neuromuskulären Reizwirkung ( weit über 100 kHz.)
- Erreichen des gewünschten thermischen Effektes
- Kaum negativen Einfluss auf den Patienten

### 4.1 Grundlagen der Elektrotechnik

#### 4.1.1 Gleichstrom

Gleichstrom, wie er zum Beispiel durch eine Batterie generiert wird, eignet sich nicht für den elektrochirurgischen Einsatz da neben dem gewollten thermischen Effekt der ungewollte elektrolytische Effekt Säuren und Laugen an den Elektroden erzeugt.

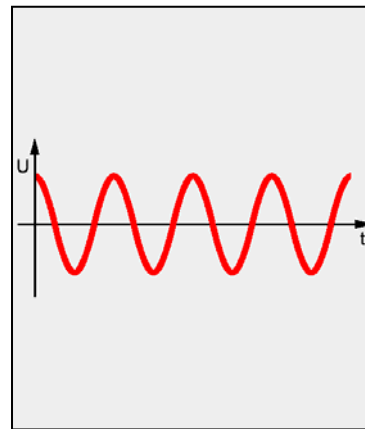
**Verätzungsgefahr !**



#### 4.1.2 Wechselstrom

Wechselstrom mit einer Frequenz wie sie z.B.: im Haushalt üblich ist (50-60 Hz) eignet sich nicht für die Elektrochirurgie da neben dem gewollten thermischen Effekt der

ungewollte faradische Effekt und somit eine neuromuskuläre Reizungen zur Folge hat die äußert sich in **Muskelkontraktionen !**

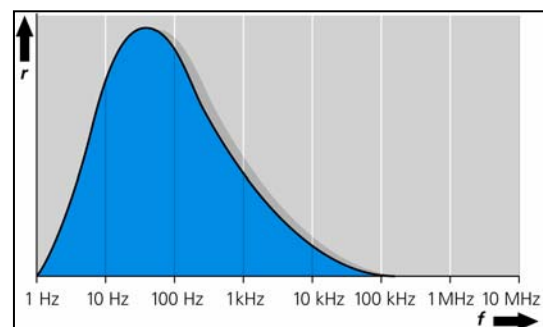


### 4.2 Reizwirkung des Wechselstromes auf Nerven- und Muskelzellen in Abhängigkeit von der Frequenz

Erst ab einer ausreichend hohen Frequenz des Wechselstromes tritt keine neuromuskuläre Reizung auf.

Aus diesem Grund werden hochfrequente Wechselströme mit Frequenzen oberhalb von 300.000 Hz (300kHz) für die HF-Chirurgie benutzt.

Die Lösung hochfrequenter Wechselstrom. Gewebeschnitt und Gewebekoagulation ist möglich. Ausschließlich der **thermische Effekt** bleibt und es entsteht keine Bildung von Säuren und Laugen im Gewebe. Weiters entsteht **„keine neuromuskuläre Reizung der Muskeln“!**



#### 4.2.1. Thermische Effekte im Gewebe

**40°C: Reversible Zellschädigung,**  
je nach Dauer der Anwendung.

**65°C-70°C: Koagulation.**  
Kollagen werden in Glukose  
umgewandelt, kollagenhaltigen  
Gewebe schrumpft, und es kommt zur  
Hämostase.

**100°C: Dehydration/Desikkation**  
Intra- und extrazelluläre Flüssigkeit  
geht vom flüssigen in dampfförmigen  
Aggregatzustand über.  
Glukose kann aufgrund der 60  
das Koagulat schrumpft.

**200°C: Karbonisation.**  
Das Gewebe verkohlt wie bei einer  
Verbrennung IV Grades, der  
postoperative Heilverlauf kann  
beeinträchtigt werden.

**400°C: Vaporisation**  
Bei diesem Vorgang werden  
Gewebeteile förmlich verdampft.  
Diese Koagulationsart benötigt seitens  
des HF-Generators eine sehr hohe  
Spannung, welche nicht von jedem  
Gerät generiert wird. Eine solche  
Koagulationsmethode wird speziell in  
der Urologie (TUR-P) und  
Gynäkologie eingesetzt (HSK) zur  
Devitalisierung von Tumorgewebe  
eingesetzt.

