

Experimentelle Untersuchung der thermischen Wirkung der Leistungsmodulation (Crest-Faktor) beim HF-Schneiden von biologischem Gewebe

Abstract

BACKGROUND: RF Cutting is a common technique in open as well as in minimal invasive surgery. One of the most deciding advantages of this technique over conventional mechanical cutting is instant thermally induced haemostasis at the cut surface. The depth of a coagulation of vital tissue during monopolar cutting is said to be influenced by the peak-to-average ratio of the applied RF signal (crest factor). This contradiction of different thermal effects at an equal input of energy has been studied experimentally in the course of this thesis.

METHODS: For the experimental analysis of the correlation crest factor – coagulation depth monopolar RF cuts in freshly slaughtered porcine liver were performed under reproducible external conditions, with a similar average power at variable modulations and at varying cutting speeds for comparison. The evaluation of the coagulation depth has been done optically by an analysis of the grey-scale values perpendicular to the cutting plane.

RESULTS: The modulation of cutting currents has been proved to have a highly significant effect on the thickness of the coagulation zone. Cutting with a higher modulation leads to a voltage-induced reduction of the energy density at the tissue, which causes the cutting effect to deteriorate, precisely because high densities of energy are its basis. As a result, the spatially expanded thermal field promotes the time dependent transfer of heat into the tissue and by association the coagulation.

CONCLUSIONS: The effect of instant vaporisation of tissue in RF cutting depends on a focussed energy transfer. An increased coagulation at the cutting site is commonly achieved by a defocussing of RF energy due to a rise of the applied voltages, which vice versa decreases the ability to cut tissue. To achieve a high performance in cutting along with a definable level of coagulation, a functional separation of a cutting and a coagulating unit at the electrode could be done for example by a switchable heating element, which is connected in series.

Abstrakt

HINTERGRUND: HF-Schneiden ist eine gebräuchliche Technik der offenen sowie der minimal-invasiven Chirurgie. Einer der entscheidendsten Vorteile dieser Technik gegenüber dem konventionellen mechanischen Schneiden ist die augenblickliche thermisch induzierte Hämostase an den Schnittflächen. Die Tiefe der Koagulation vitalen Gewebes beim monopolen Schneiden soll dabei durch den auch Crest-Faktor genannten Scheitelfaktor des applizierten HF-Stroms beeinflusst werden. Dieser Widerspruch verschiedener thermischer Effekte bei gleichem Betrag an eingebrachter Energie wird im Zuge dieser Arbeit experimentell untersucht.

METHODEN: Zur experimentellen Analyse des Zusammenhangs Crest-Faktor – Koagulationstiefe wurden monopole HF-Schnitte unter reproduzierbaren äußeren Bedingungen, mit vergleichbarer Effektivleistung bei variabler Modulation und zum Vergleich mit variabler Schnittgeschwindigkeit an Lebergewebe frisch geschlachteter Mastschweine durchgeführt. Die Bewertung der Koagulationstiefe erfolgte durch eine Auswertung der Grauwerte senkrecht zur Schnittebene.

ERGEBNISSE: Der Einfluss der Modulation von Schneidströmen auf die Tiefe der Koagulation hat sich als hoch signifikant erwiesen. Beim Schneiden mit höhermodulierten Strömen führt die spannungsinduzierte Verringerung der Energiedichte am Gewebe zu einer Verschlechterung des Schneideffekts, dessen Grundlage gerade hohe Energiedichten sind. Als Folge begünstigt das räumlich ausgedehnte Wärmefeld den zeitabhängigen Wärmetransport in das Gewebe und damit die Koagulation.

FAZIT: Die Wirkung der augenblicklichen Verdampfung von Geweben beim HF-Schneiden basiert auf dem fokussierten Energieeintrag. Eine stärkere Koagulation wird gewöhnlich durch eine Defokussierung der HF-Energie mittels einer Erhöhung der verwendeten Spannungen erreicht. Diese Defokussierung senkt umgekehrt die Fähigkeit des Stromes zum Schnitt. Ein leistungsfähiger Schnitt in Verbindung mit einer definierbaren Koagulation, könnte also z.B. durch eine funktionelle Trennung von Schneid- und Koagulationseinheit an der Elektrode z.B. über ein seriell schaltbares Heizelement erfolgen.