

Kurzfassung

Charakterisierung der Entladung beim elektrochirurgischen Schnitt durch plasmaphysikalische Parameter

Ines Bürger

Unter Elektrochirurgie versteht man den Einsatz von mit Wechselstrom (300 kHz bis 5 MHz) durchflossenen Elektroden als Schneide- oder Koagulationsinstrumente in diversen Bereichen der Chirurgie. Der elektrochirurgische Schnitt kann für die gleichen Anwendungen wie ein Skalpell-Schnitt verwendet werden, hat jedoch den Vorteil der zeitgleichen Hämostase (Blutstillung). Zudem erfolgt der Schnitt ohne mechanische Krafteinwirkung. Bei Kontakt der Elektrode mit dem Gewebe entsteht eine hohe Stromdichte. Diese führt zur Erhitzung und Verdampfung des Gewebes nahe der Elektrode. Durch die Verdampfung des Gewebes entsteht zwischen Elektrode und Gewebe ein Spalt. Wird weiterhin eine Spannung angelegt, kommt es zu einem elektrischen Durchbruch und ein physikalisches Plasma wird gezündet. In diesem Plasma können die zuvor verdampften Gewebestandteile wie Wasser, Molekülfragmente von Makromolekülen oder Spurenelemente durch Elektronenstöße angeregt werden und durch spontane Emission eines Photons wieder relaxieren, was zu einer beobachtbaren Leuchterscheinung führt.

Ein Anwendungsgebiet der Elektrochirurgie ist die organerhaltende Resektion von Tumoren in beispielsweise Niere, Leber oder im Brustgewebe. Der Chirurg muss dabei gewährleisten, dass kein Tumorgewebe im Patienten verbleibt. Da Tumor- und Normalgewebe makroskopisch nicht immer eindeutig zu unterscheiden sind, wird vom entfernten Gewebe ein Schnellschnitt angefertigt, der von einem Pathologen histologisch bewertet wird. Während dieses Vorgangs, der bis zu 20 Minuten dauern kann, ruht die OP. Eine potentielle Möglichkeit zur Verbesserung dieses Vorgangs bietet die optische Emissionsspektroskopie (OES) des beim elektrochirurgischen Schnitt emittierten Lichtes als in-situ, in-vivo Gewebedifferenzierung, welche sich zurzeit in der Entwicklung befindet.

In der vorliegenden Arbeit wurde die beim elektrochirurgischen Schnitt entstehende Entladung plasmatechnisch charakterisiert. Hierfür wurde eine spezielle Versuchsanordnung entwickelt, die es ermöglichte trotz des stochastischen Charakters der Entladung und der Inhomogenität des Gewebes die Plasmaparameter zu bestimmen. Mit der Kombination von verschiedenen Messmethoden (OES, Hochgeschwindigkeitskameraaufnahmen, Strom- und Spannungsmessungen, Simulationen) konnten die Plasmaparameter wie beispielsweise Gastemperatur, Elektronendichte und reduziertes elektrisches Feld bestimmt und die Entladung als Glimmentladung eingeordnet werden. Die ermittelten Größen, wie z.B. die Geschwindigkeitsverteilung der Elektronen und die Elektronendichte sind maßgeblich für die Anregungsprozesse im Plasma und damit für die Komponenten der Gewebespektren verantwortlich.

Weiterhin wurden die Grundlagen zur OES-Gewebedifferenzierung mittels eines hochauflösenden Echelle-Spektrometers untersucht, sowie Einflussfaktoren wie die Schnitttiefe, die Flüssigkeitsmenge auf der Gewebeoberfläche oder das Elektrodenmaterial auf die aufgenommenen Spektren und damit auf die Gewebedifferenzierung bestimmt. In den Gewebespektren können, durch die hohe Auflösung des verwendeten Spektrometers Molekülfragmente wie beispielsweise OH, CN, NH sowie Spurenelemente und Elektrolyte wie beispielsweise Kupfer, Zink und Cadmium oder Magnesium und Calcium eindeutig in den Spektren identifiziert werden. Nieren- und Muskelgewebe vom Schwein können beispielsweise aufgrund ihres unterschiedlichen Wassergehalts anhand der Molekülbanden von OH und CN unterschieden werden. Eine präklinische Studie an Nierenzellkarzinomen in dieser Arbeit konnte zeigen, dass die meisten für die Gewebedifferenzierung relevanten Emissionen im UV-Bereich liegen. Ein weiteres Ergebnis der Studie ist, dass die resonante Linie von Cadmium für klarzellige Nierenzellkarzinome zur Unterscheidung des Tumorgewebes vom Normalgewebe genutzt werden kann.