

■ Heilsames Plasma

Kalte Plasmen eröffnen neue Wege in der medizinischen Therapie – bei niedriger Temperatur sind sie nicht im thermischen Gleichgewicht.

Die Wundheilung läuft im Körper automatisch ab, bis selbst größere Verletzungen der Haut nach einiger Zeit kein Thema mehr sind. Doch bei manchen Menschen ist dieser Vorgang vorübergehend oder dauerhaft gestört. Gründe können Diabetes, Bettlägerigkeit, Durchblutungsstörungen oder ein geschwächtes Immunsystem sein: Wunden heilen schlecht oder gar nicht ab. Ärzte und Pflegekräfte begegnen diesem Versagen der körpereigenen Reparaturmechanismen mit unterschiedlichen Methoden. Ein recht neues Verfahren ist die Wundbehandlung mit einem kalten Plasma, das hautverträgliche Temperaturen besitzt.

Das Plasma gilt als vierter Aggregatzustand. Außer neutralen Teilchen enthält es Ionen und Elektronen, also freie Ladungsträger. Physikalisch ist zwischen thermischen und nicht-thermischen Plasmen zu unterscheiden. In einem thermischen Plasma haben alle Teilchen dieselbe Temperatur. In nicht-thermischen Plasmen haben dagegen die Elektronen eine höhere Temperatur als die Ionen und neutralen Teilchen. Dieses Ungleichgewicht lässt sich erreichen, indem man dem Plasma genau so viel Energie zuführt, dass sich nur die leichten Elektronen rasch bewegen können. Nicht-thermische



Kaltes Plasma unterstützt die Wundheilung. Ein Cocktail aus Ionen, Elektronen, reaktiven Partikeln sowie Photonen im

sichtbaren und UV-Bereich wirkt desinfizierend und stimulierend. Das Gerät im Bild arbeitet mit einem Plasma-Jet.

Plasmen, deren Temperatur 40 °C nicht übersteigt, gelten in der Medizin als kalte Plasmen. Oberhalb dieser Temperatur beginnen Proteine – wichtige Bestandteile des Gewebes – zu denaturieren.

Bei den in der Wundbehandlung verwendeten Plasmen handelt es sich um Edelgas- oder Luftplasmen bei Normaldruck, die durch eine Gasentladung entstehen. In Medizinprodukten auf dem europäischen Markt sind bislang zwei Grundprinzipien verwirklicht: der Plasmajet und die dielektrische Barriereentladung, auch als stille elektrische Entladung bezeichnet (Abb. 1). Die erforderliche Energie wird per Hochspannung oder per Mikrowellen in das zu ionisierende Gasvolumen eingekoppelt.

Beim Plasmajet erzeugen zwei Elektroden in einem zylindrischen Volumen das Plasma, das durch einen Gasstrom – meist besteht er aus Argon – vom Ort der Entstehung zur Wunde gelangt. Wegen der hohen Strömungsgeschwindigkeit des Argons und des relativ kleinen Volumens, in dem das Plasma entsteht, tritt es als klar definierter scharfer Strahl aus dem Gerät aus. Dann wechselwirkt es mit der umgebenden Luft und trifft auf die Wunde. Um größere Flächen ohne Rastern abzudecken, lässt sich

dieses Prinzip durch Arrays parallelisieren.

Bei der dielektrischen Barriereentladung handelt es sich um einen mehrschichtigen Aufbau: An die obere Elektrode grenzt ein Dielektrikum, die Hautoberfläche dient als zweite Elektrode (Abb. 2). Zwischen der Haut des Patienten und dem Dielektrikum bildet sich das Plasma aus. Alternativ lässt sich an der Unterseite des Dielektrikums eine zweite Elektrode anbringen, die beispielsweise gitterförmig strukturiert ist. Liegt eine Wechselspannung an den Elektroden an, so entstehen im Plasmavolumen zwischen Gerät und Haut oder in den Hohlräumen der Gitterelektrode ausreichend hohe Feldstärken, um eine Gasentladung in der Luft zu zünden. Aufgrund der Verschiebestrome im Dielektrikum lässt sich kontinuierlich elektrische Leistung ins Plasma einbringen.

Bei der Wunde angekommen, wirkt das Plasma zweifach auf den Heilungsprozess ein: Erstens desinfiziert es – es tötet also Keime jeglicher Art ab. Zweitens stimuliert es auf Zellebene die Gewebeneubildung: Die Bestandteile des Plasmas verändern die Signale, mit denen die Zellen untereinander kommunizieren, und begünstigen so das Wachstum neuer Zellen.



Abb. 1 Bei diesem Gerät, das die dielektrische Barriereentladung nutzt, dient die Haut als zweite Elektrode. Das Verfahren muss wechselnde Hautwiderstände und Luftfeuchtigkeit kompensieren, um zuverlässig zu arbeiten.

Maßgeblichen Einfluss auf die medizinische Wirkung des Plasmas hat seine Zusammensetzung, die sich durch sechs Parameter beschreiben lässt: die Temperatur, das elektromagnetische Feld, das für die Gasentladung sorgt, die freien Ionen und Elektronen, das entstehende sichtbare Licht, die entstehende UV-Strahlung sowie die reaktiven Spezies. Bei letzteren handelt es sich vor allem um Sauerstoff- und Stickstoff-Radikale, die durch plasmachemische Reaktionen bei Kontakt mit der Umgebungsluft entstehen.

Die Zusammenhänge zwischen diesen „Zutaten“ sind komplex und hängen entscheidend von den Rahmenbedingungen für eine bestimmte Anwendung ab. Zum Beispiel erzeugt ein hochfrequentes elektromagnetisches Wechselfeld im Pulsbetrieb ein Plasma niedriger Temperatur; im kontinuierlichen Betrieb entsteht aufgrund des größeren Energieeintrags dagegen ein Plasma mit deutlich höherer Temperatur. Auch die Energiezufuhr ist wichtig: In einem begrenzten Luftvolumen steigt die Ozonkonzentration mit der zugeführten Energie zunächst bis zur Sättigung an. Darüber hinaus lässt weitere Energie die Ozonkonzentration wieder absinken, weil die reaktiven Stickstoff-Spezies dann das Ozon verstärkt abbauen.

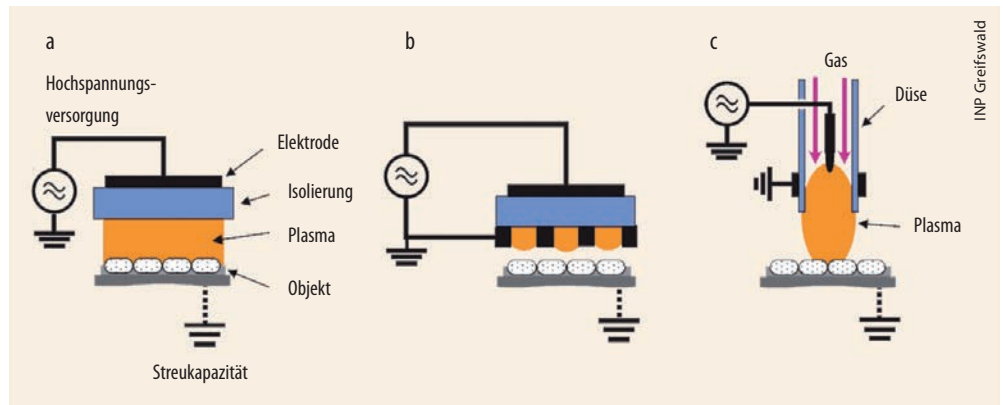


Abb. 2 Bei der dielektrischen Barriereentladung ist eine der Elektroden vom Gasvolumen durch eine dielektrische Schicht galvanisch getrennt. Als zweite Elektrode dient die Haut des Patienten (a).

Alternativ ist die zweite Elektrode direkt unter dem Dielektrikum angebracht (b). Beim Plasmajet (c) entsteht das Plasma in einem kleinen Volumen. Ein Gasstrom führt es von dort zur Wunde.

Zudem ist das Einsatzgebiet zu berücksichtigen: So schädigt UV-Strahlung DNS-Stränge, was die Anwendung im Mundraum einschränkt. Denn die empfindlichen Schleimhäute könnten dabei Schaden nehmen.

Kaltes Plasma ist also nie gleich kaltes Plasma. Die Ergebnisse klinischer Studien sind daher nicht von einem Medizinprodukt auf ein anderes übertragbar, wenn sich die Plasmaparameter ändern. Da diese Verfahren noch sehr neu sind, ist die Datenbasis bislang gering. In der EU sind nur von drei Herstellern Medizinprodukte zugelassen, die mit kalten Plasmen arbeiten und hinreichend wissenschaftlich untersucht sind. Daher zahlen die gesetzlichen Krankenkassen Be-

handlungen mit kalten Plasmen noch nicht.

Doch das Gebiet entwickelt sich rasch: Entsprechende Handgeräte könnten in der Hausapotheke Desinfektionsmittel überflüssig machen. Zudem deuten erste Ergebnisse aus der klinischen Forschung darauf hin, dass kalte Plasmen sich für weitere Indikationen eignen. Gegen bestimmte Tumorarten könnten sie zum Beispiel das medizinische Therapiearsenal erweitern.

*

Ich danke Julia Zimmermann (terraplasma GmbH, Garching) und Klaus-Dieter Weltmann (Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e.V., Greifswald) für hilfreiche Erläuterungen.

Michael Vogel

ISBN: 978-3-527-33007-2.
November 2012
906S. mit 1200 Abb., davon 800 in Farbe
Gebunden € 79,-

DER CALLISTER JETZT AUCH AUF DEUTSCH KANN'S

W. D. CALLISTER
D. G. RETHWISCH
Übersetzungsherausgeber:
M. Scheffler

**Materialwissenschaften
und Werkstofftechnik**
Eine Einführung

Der „Callister“ bietet für Hauptfachstudenten an Universitäten und Fachhochschulen den gesamten Stoff der Materialwissenschaften für den Bachelor und das beginnende Masterstudium.

Das Buch ist auch perfekt als Lehrbuch in Wahlpflichtvorlesungen für Nebenfachstudenten geeignet.

Wiley-VCH • Tel. +49 (0) 62 01-606-400 • E-Mail: service@wiley-vch.de
Irrtum und Preisänderungen vorbehalten. Stand der Daten: Dezember 2013

WILEY-VCH