

Effektives Debridieren mit der Mikrowasserstrahl-Technologie (MWT): Eine retrospektive klinische Anwendungsbeobachtung bei 90 Patienten mit akuten und chronischen Wunden

Effective debridement with micro-water-jet-technology (MWT): A retrospective clinical application observation with 90 patients with acute and chronic wounds

M. Reber, P. Nussbaumer

ZUSAMMENFASSUNG

Ziel: In dieser klinischen Anwendungsbeobachtung soll untersucht werden, ob das Wunddebridement mit der Mikrowasserstrahl-Technologie (MWT) eine effiziente Methode ist, welche die Wundheilung fördert. Das Endziel ist das Erreichen einer Wundflächenverkleinerung (Reepithelialisierung) unter der Anwendung der MWT. Durch das Debridement soll die akute oder die chronische Wunde einen Heilungsstimulus erhalten. Neben der verwendeten Mikrowasserstrahl-Technologie sind weitere wasserstrahlbasierte Systeme verfügbar.

Methode: Aus zwei Wundambulatorien (Kantonsspital Obwalden, Spital Lachen) wurde über einen Zeitraum von 3 Jahren die Behandlungsprotokolle von Patienten

retrospektive ausgewertet, bei denen die Wunddebridements von diversen Wundarten mit der MWT durchgeführt wurden. Alle, bis auf ein Patient, konnten ambulant behandelt werden. Es wurden Patienten jeglichen Geschlechts und Alters einbezogen. Bei schmerzhaften Wunden wurde ein Lokalanästhetikum eingesetzt.

Resultate: Die retrospektive Datenauswertung erfolgte bei 90 Patienten (46 männlich, 44 weiblich) im mittleren Alter von 68,5 Jahren (17 bis 93 Jahre) mit 95 unterschiedlichen Wunden. 58 Wunden heilten während einer medianen Behandlungszeit von 59 Tagen (8.4 Wochen) im Wundambulatorium ab. Die mediane Behandlungszeit aller 95 Wunden betrug 39 Tage (5.6 Wochen); die durchschnittliche Restwundgröße betrug 6.1 cm². Die Reduktion der Heilungszeit gegenüber herkömmlichen Wundbehandlungsmethoden betrug ca. 30%.

Fazit: Aus der Anwendungsbeobachtung resultiert, dass bei den selektionierten Patienten mit vorwiegend chronischen und teils hartnäckigen Wunden mit der MWT ein evidentes, gewebeschonendes, gut steuerbares und zeitsparendes Wunddebridement für die ambulante Anwendung mit gutem Heilungserfolg durchgeführt werden kann. Es bestand jederzeit eine hohe Patientensicherheit und Nebenwirkungen traten keine auf. Die MWT ist mit anderen Hydrochirurgie-Systemen vergleichbar.

SCHLÜSSELWÖRTER

Wundbettvorbereitung, Debridement, Hydrochirurgie, Mikrowasserstrahl, chronische Wunden, Wundflächenreduktion

SUMMARY

Objective: This retrospective clinical application observation study shall demonstrate the effect of a wound debridement using micro water jet technology (MWT) as an efficient method promoting wound healing. The final goal is to accomplish a decrease in wound size (reepithelization) due to debridement with MWT. Through the application of MWT, the wound shall receive a healing stimulus. Besides the use of MWT, there are other water-based cleaning/rinsing systems available.

Method: From two wound care centers (Kantonsspital Obwalden, Spital Lachen), all data from patients treated with MWT and different types of wound, over a time period of 3 years, were retrospectively analyzed. All patients, except one, could be treated in an outpatient setting. Fewest of the patients did receive a local anesthetic. Included were all patients, independent from gender and age.

Results: The retrospective data analysis was carried out on 90 patients (46 m / 44 f) with an average age of 68.5 years (17 / 93 years) and a total of 95 different wounds. 58 wounds were completely closed at exit from the wound care center within a median

Dr. med. Martin Reber
Chirurgie FMH, Leitender Arzt
Ärztlicher Leiter Wundambulatorium
Kantonsspital Obwalden
CH-6060 Sarnen
E-Mail: martin.reber@ksow.ch

Dr. med. Peter Nussbaumer
Chirurgie FMH, Chefarzt Chirurgie
Spital Lachen
CH-8853 Lachen
E-Mail: peter.nussbaumer@spital-lachen.ch

treatment time of 59 days (8.4 weeks). The average treatment time for all 95 wounds was 39 days (5.6 weeks) per wound at the end of debridement, the average wound size 6.1 cm². The reduction of healing time compared to traditional methods was approximately 30 %.

Conclusion: The result of the retrospective data analysis on patients with predominantly chronic and persistent wounds shows that debriding with micro water jet technology is an efficient, tissue-preserving, precise and time-saving method for outpatient wound care – with excellent healing outcomes. Patient safety was high and we have seen no adverse effects. The MWT is comparable to other water jet-based cleaning/rinsing systems.

KEYWORDS

Wound bed preparation, Debridement, Hydrosurgery, micro-water-jet, chronic wounds, wound size reduction

I Einführung

Allgemeines

Bei chronischen oder schlecht heilenden Wunden ist die Wundbettvorbereitung (wound bed preparation) entscheidend für den weiteren Heilungsverlauf [1]. Eine der wichtigsten Maßnahmen in der Wundtherapie ist das effektive Wunddebridement. Das Ziel ist die Elimination von heilungshemmenden Störfaktoren (Nekrosen, Krusten, Schorf, Beläge, avitales Gewebe, Hyperkeratosen, Fremdmaterial und Mikroorganismen, Entzündungs- und Infektionsherde, Eiter, Exsudate, Hämatome, Fibrinbeläge, Biofilm [2], Entzündungszellen, Metalloproteasen und Rückstände von z. B. Salben und alten Wundauflagen usw.). Das Debridement induziert den funktionellen Prozess der Gewebeerneuerung [3] und ist eine zentrale medizinische Intervention im Management von akuten und chronischen, nicht heilenden Wunden [1]. Das Debridement bewirkt, dass eine chronische Wunde in ein akutes Stadium überführt und dadurch der Heilungsprozess neu stimuliert wird. Es konnte gezeigt werden, dass häufigeres Debridieren bessere Heilungsergebnisse zur Folge hat [4, 5].

Chronische Wunden

Die normale Wundheilung ist ein hochkomplexer Prozess, der in mehreren Pha-

sen abläuft. Schematisch laufen drei Phasen (Entzündungs-, Proliferations- und die Umbauphase) synchron und überlappend ab. Aus unterschiedlichen Gründen (siehe unten) kann es zu einer gestörten Wundheilung kommen und endet in einer chronischen oder schlecht heilenden Wunde. Die Wundheilung bleibt dann meist in der Inflammationsphase stecken [6]. Es besteht keine einheitliche Definition, ab wann eine Wunde als chronisch zu betrachten ist. Allgemein gilt aber eine Wunde als chronisch, wenn sie nach 1–3 Monaten noch nicht abgeheilt ist [7–9]. Bei einer gestörten Wundheilung liegen meist systemische Grunderkrankungen zugrunde: Hauptverantwortlich dafür sind in 90 % aller Wunden: Ein gestörter Gefäßabfluss, d. h. die chronische venöse Insuffizienz mit Ausbildung eines Ulcus cruris venosum. Etwas weniger häufig ist die periphere arterielle Verschlusskrankheit (PAVK) als Ursache zu nennen. Ein weiterer Grund ist die übermäßige mechanische Belastung auf das Gewebe, durch die ein Dekubitus entstehen kann. Zuletzt können metabolische, neurale oder vaskuläre Ursachen ausschlaggebend sein, wie z. B. beim diabetischen Fußsyndrom [10, 11]. Andere Gründe sind seltener für eine chronische Wunde verantwortlich (dermatologische Erkrankungen, Tumore, usw.). Daneben spielen systemische Faktoren eine wichtige Rolle, wie z. B. Diabetes mellitus, Alter, Sepsis, Rauchen, Medikamente (Kortikosteroide, Immunsuppressiva) und Strahlentherapie. Besonders zu erwähnen ist der Biofilm welcher sich innert 2–4 Tagen bildet und die Wunde bei der Heilung behindern kann. Für einen Heilungsfortgang muss er von der Wundoberfläche eliminiert werden. Die beste Methode zur Biofilmentfernung ist bislang die Physikalische, d. h. durch ein mechanisches Debridement [12].

I Debridement-Methoden

Ein Wunddebridement für die Wundbettvorbereitung kann mittels zahlreicher Methoden durchgeführt werden: Das Nass-zu-trocken Debridement, Paraffin Tulle, Gazen-Reinigung, mechanisch-chirurgisch mit dem Messer, der Kürette, dem scharfen Löffel, das monofilament Polyesterfaser-Kissen oder der Bürste; biochirurgisch mit Fliegenlarven und autolytische- und absorbierende Verbände, Honig und enzymatisch mit Peptidasen [13].

Gerade die Anwendung eines Skalpells oder einer Kürette ist teilweise ungenau und es kann zu tief eindringen und zu viel oder zu wenig Gewebe entfernen. Weitere neuere Methoden sind die Anwendung von Negative Pressure Wound Therapy (NPWT), Ultraschall, Stoßwellen und die Hydrochirurgie. Die drei letztgenannten Methoden agieren direkt mit der Wunde und werden daher auch als Direct Debridement Technologies (DDT) bezeichnet [1].

Hydrochirurgie

Eine effiziente Methode ist die Hydrochirurgie. Es zeigte sich, dass die Wundbettvorbereitung mittels Hydrochirurgie schneller, präziser und mit weniger Gewebeschaden durchgeführt werden kann als mit anderen mechanischen Methoden [14]. Die Hydrotherapie bewirkt eine Wundreinigung, Druckspülung und Hydromassage des Gewebes [15]. Experimentell konnte gezeigt werden, dass nur durch die Hochdruckreinigung einer Wunde eine signifikante Keimreduktion erreicht werden kann [16]. Eine sehr effektive Methode der mechanischen Reinigung ist die Anwendung der Hochdruck-Mikrowasserstrahl-Technologie (MWT), wo eine Flüssigkeitspumpe einen hohen hydraulischen Druck auf eine Operationsflüssigkeit erzeugt und mit einer Düse präzise ein Mikrowasserstrahl auf eine Wunde geleitet wird. Als sterile Flüssigkeit kann NaCl, Ringer oder ein Antiseptikum (z. B. Polyhexanid und dergleichen) verwendet werden.

Bei der MWT wird der Wasserstrahl über einen am Hauptgerät angeschlossenen Schlauch mit Druck auf eine Einwegdüse geleitet, die einen sehr feinen Wasserstrahl ausformt. Der eingestellte Druck entspricht demjenigen vor dem Eintrittspunkt in die Düse. Zur Evaluation von verschiedenen Systemen mit entsprechenden Abrasionswirkungen auf Gewebe (Wunden) und zum Vergleich mit anderen Me-

$$SSD = \frac{8}{\pi} \frac{PA_{düse} \sin^2(\alpha)}{\left(\frac{L}{2} \tan(2\beta) + D_{düse}\right)^2}$$

Abbildung 1
Berechnungsformel für den Strahlstossdruck. α = Strahlwinkel; β = Strahlauflängungswinkel; P = Druck; A = Fläche; L = Strahlänge; D = Durchmesser Düse.

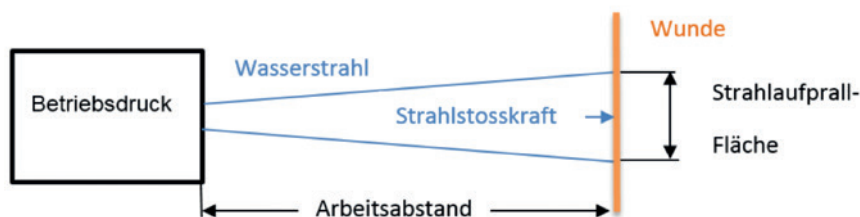


Abbildung 2
Schematische Darstellung der verschiedenen Begriffe zur Ermittlung des Strahlstoßdrucks.

thoden wurden physikalische Untersuchungen durchgeführt. Resultierend wurde der Begriff und die Berechnungsformel (Abb. 1) für den Strahlstoßdruck (SSD) (Abb. 2) definiert. In dieser Untersuchung zeigte sich, dass die unterschiedlichen Systeme zwar mit verschiedenen physikalischen Parametern wie Druck, Durchflussmenge, Abstände usw. arbeiten, jedoch in Bezug auf den Strahlstoßdruck

SSD und somit auf die Abrasionswirkung in der Wunde vergleichbar sind [17].

Wirkung auf das Gewebe

In einer Tierstudie an Ratten mit iatrogen gesetzten Wunden wurden diese mit verschiedenen Betriebsdrücken (150 bar vs. 200 bar), verschiedenen Abständen der Düse von der Wunde (150 mm vs. 200 mm)

und verschiedenen Auftreffwinkel des Strahls auf die Wunde (45° vs. 90°) behandelt. Unter der MWT-Behandlung mit obgenannten Parametern konnte kein zusätzliches Gewebetrauma, degenerative oder nekrotische Schäden am Gewebe festgestellt werden [18].

In einer weiteren Tierstudie an 6 Ratten wurden bei iatrogen gesetzten Wunden verschiedene Düsensdistanzen von der Wundoberfläche (100/150/200 mm) und unterschiedliche Betriebsdrücken (100, 150, 200 und 250 bar) nur noch in einem 90° Winkel ausgetestet. Die Resultate wurden anhand von histologischen Präparaten ausgewertet. Ein Wasserstrahl aus kurzer Distanz von 100 mm, unabhängig des verwendeten Drucks, war mit einer deutlichen lokalen Schwellung, Luftblasen in der Subkutis (subkutanes Emphysem) und Zerstörung des Wundbettes assoziiert. Hingegen fand man im tieferen Bereich der Skelettmuskulatur nur minimale Veränderungen gegenüber unbehandelten Wunden oder Wunden die aus größerer Distanz therapiert wurden [19](Abb. 3).

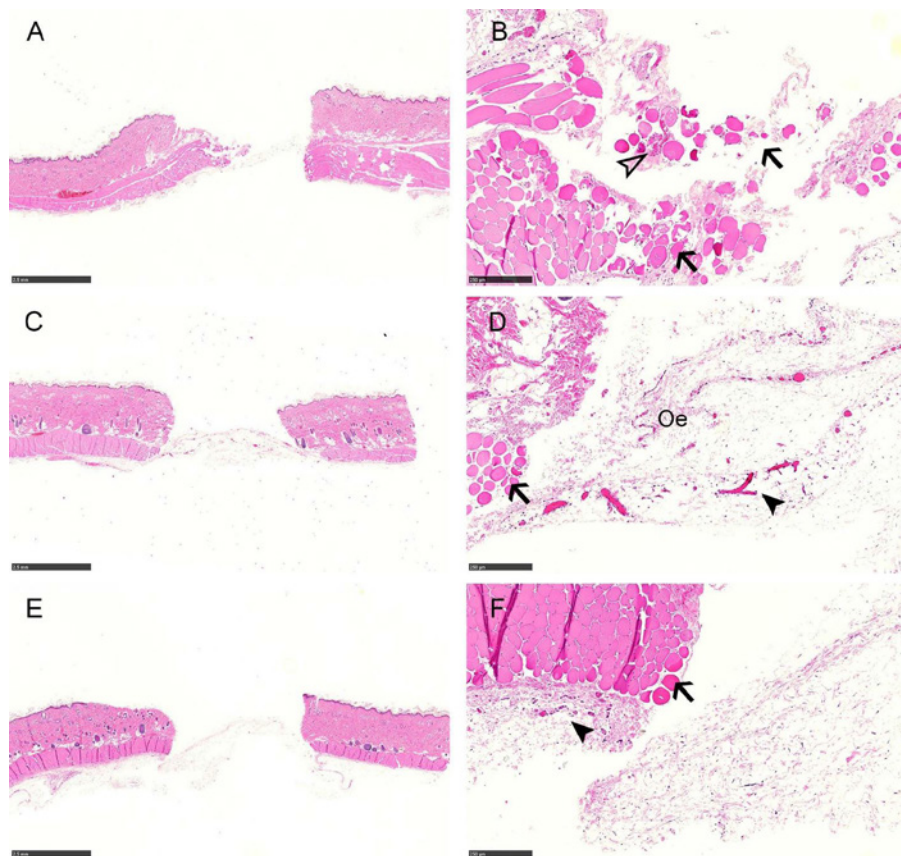


Abbildung 3
Gewebeveränderungen bei einer Wasserstrahl-Anwendung mit 150 bar aus verschiedenen Distanzen: aus einer Distanz von 100 mm (A und B: Versuchstier 1), aus 150 mm (C und D: Versuchstier 2) und aus 200 mm (E und F: Versuchstier 3). Degenerierte Muskelfasern (→) in der Skelettmuskulatur, Hyperämie (▶), Ödeme (Oe) und Blutungen (Δ).

Technische Beschreibung und Ablauf

Das mobile MWT-Gerät wird täglich standardmäßig vorbereitet und funktionsgeprüft. Es kann durch den zugehörigen Kompressor oder über einen Wandanschluss mit Druckluft betrieben werden. Die Standardeinstellung des Wasserstrahlendrucks ist 150 bar. Über eine wieder verwendbare Hochdruckleitung mit Handstück erfolgt der Ausstoß des Wasserstrahls (Abb. 4) über eine sterile Einwegdüse. Die Operationsflüssigkeit wird direkt

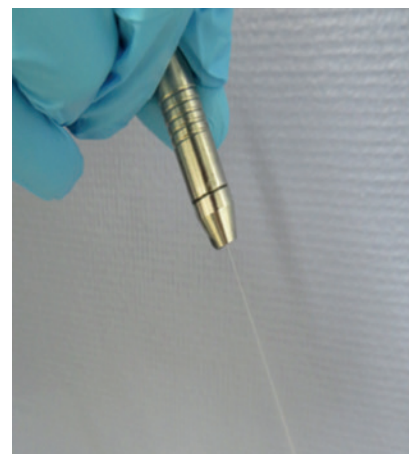


Abbildung 4
Handstück mit austretendem Mikrowasserstrahl.

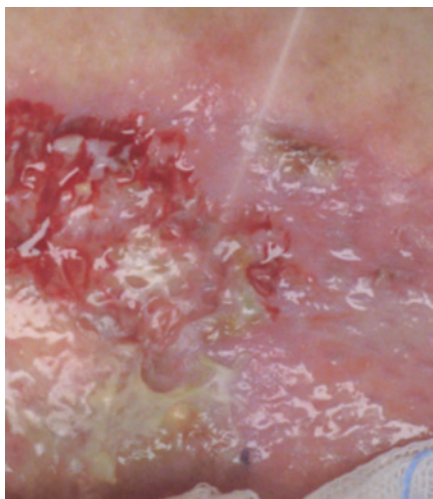


Abbildung 5
Mikrowasserstrahl trifft auf eine Wunde.

am Gerät angeschlossen. Auf die Wunde wird initial aus einer Distanz von ca. 20 bis 30 cm und in einem Winkel von ca. 30° bis 45° gezielt. Bei der klinischen Anwendung soll der Abstand von 15 cm zwischen Düse und Wunde nicht unterschritten werden. Durch die Parameter Druck, Distanz der Düse zur Wundoberfläche und Auftreffwinkel des Wasserstrahls kann das Debridement genau gesteuert, präzise und schonend vorgenommen werden. Durch mäanderartiges Bewegen des Strahls wird das Gewebe soweit abgetragen bis feinstes Blut entsteht (Abb. 5). Das nach dem Gewebekontakt entstehende Aerosol wird mit einem Schutzzelt abgefangen. Patient und Therapeut tragen einen Mundschutz.

Ein erster Test-Strahl wird dem Patienten auf die Hand gespritzt, damit er das Gefühl der Strahlstärke erfassen kann. Sollten während der Behandlung Schmerzen verspürt werden, wird ein Schmerzmittel verabreicht und/oder die Wundregion lokal anästhesiert (z. B. Lidocain-Gel). Nach dem Debridement erfolgt ein standardmäßiger Wundverband, welcher sich nach den lokalen Gegebenheiten richtet.

Die Indikationen zum Gebrauch der MWT kann bei allen Wunden gestellt werden, die debridiert werden müssen. Auch bei akuten Wunden, die einen hohen Verschmutzungsgrad aufweisen ist die Methode wirkungsvoll. Die Indikationsstellung erfolgt grundsätzlich durch den behandelnden Arzt oder eine kompetente Fachperson (z. B. Wundexperten). Als Kontraindikationen für die Hydrochirurgie gelten maligne Wunden, offene Kör-



Abbildung 6
MWT-Gerät. Linksseitig die angeschlossene Spüllösung. Unten liegend das Handstück mit der Düse.

perhöhlenverletzungen (z. B. offene Thoraxverletzung, offene Abdominalverletzung), oder offene Frakturen Grad IIIC (nach Gustillo und Anderson), oder offene Frakturen Grad III (nach Tscherny und Oestern [20]) mit freiliegenden Gefäßen, und in der Nähe von Augen, Ohren und Nase [15]. Ein höheres Risiko, aber keine grundsätzliche Kontraindikation besteht bei Patienten mit unkontrolliertem hohem Blutdruck und bei einer Antikoagulation oder Einnahme von Aspirin [21]. Bei auftretenden stärkeren Blutungen wird zuerst eine Kompression durchgeführt, ein Alginate oder ein Hämostyptikum aufgelegt. Bei stärkeren Blutungen oder sichtbaren offenen Gefäßstümpfen wird eine Ligatur oder eine Durchstechung angelegt.

I Methode

In dieser Anwendungsbeobachtung wurde eine retrospektive Dokumentenanalyse der Behandlungsprotokolle vom Einsatz eines MWT-Geräts für das Debridement von Wunden durchgeführt. Alle Behandlungen bis auf eine erfolgten ambulant in den Wundambulatorien des Kantonsspitals Obwalden und des Spitals Lachen. Es konnten 90 Patienten mit insgesamt 95 Wunden ausgewertet werden. Über einen Behandlungszeitraum von 3 Jahren wurden konsekutiv alle Patienten jeden Alters und beiderlei Geschlechts erfasst, die debridierungsbedürftige Wunden jeglicher Art, wie chronische, akute oder traumatische, aufwiesen mit jeweils unterschiedlichsten Verschmutzungsgraden. Sie

mussten eine minimale Wundgröße von 0,2 cm² aufweisen. Bei allen Behandlungen wurde das Datum der Therapie, die Art der Wunde, die Wundfläche in cm² (planimetrisch ausgemessen), der Epithelisierungsgrad, der Anteil des Granulationsgewebes, die verbrauchten Materialien und Besonderheiten erfasst. Die Wundverläufe wurden regelmäßig fotografisch dokumentiert. Alle Patienten gaben ihr Einverständnis, anfänglich mündlich, später auch schriftlich. Ausgeschlossen wurden Patienten, die das Einverständnis verweigerten, ebenfalls bei Incompliance und beim Fehlen von größeren Datenmengen (lückenhafte Protokollierung) und solche die aus unerklärlichen Gründen eine laufende Behandlung abbrachen. Der Endpunkt der Beobachtung war die Neubildung von Epithelgewebe im Sinne einer Wundflächenverkleinerung. Die bakterielle Belastung der Wunden während der Behandlung wurde nicht untersucht. Es wurde keine Kontrollgruppe mitgeführt. Für das Debridement wurde ein MWT-Gerät (Debratom™, Firma Medaxis, CH-6340 Baar) verwendet (Abb. 6).

I Resultate

Die retrospektive Datenanalyse von den Behandlungsprotokollen der MWT erfasste einen Zeitraum von 3 Jahren (35,9 Monate), zwischen November 2012 und November 2015. Von ursprünglich 92 Patienten wurden 2 ausgeschlossen; ein Patient verweigerte das Einverständnis; einer wegen Incompliance. Im Kantonsspital Obwalden wurden 79 Patienten mit insgesamt 82 Wunden behandelt; im Spital Lachen waren es 11 Patienten mit insgesamt 13 Wunden. Die Auswertungen wurden bei 90 konsekutiven Patienten (46 männlich, 44 weiblich) durchgeführt mit insgesamt 95 Wunden; 5 der 90 Indexpatienten hatten je 2 Wunden. Das mittlere Alter der Patienten betrug 68,5 Jahre (17 bis 93 Jahre).

Der Hauptanteil von 63% waren chronische Wunden. Im Speziellen handelte es sich bei den behandelten Wunden (Abb. 7) um 26 Ulcera cruris venosum (27,3%), 5 Ulcera cruris arteriosum (5,4%), 5 Ulcera cruris mixtum (5,4%), 12 DFS (Diabetisches Fuß-Syndrom) (12,6%), 20 Operationswunden (21,0%), 15 traumatische Wunden (15,5%), 12 diverse Wunden anderer Ursachen (Infekt, offener Gichttophus, dermatologische Probleme usw.) (12,6%). Die Wunden waren an folgenden Lokalisa-

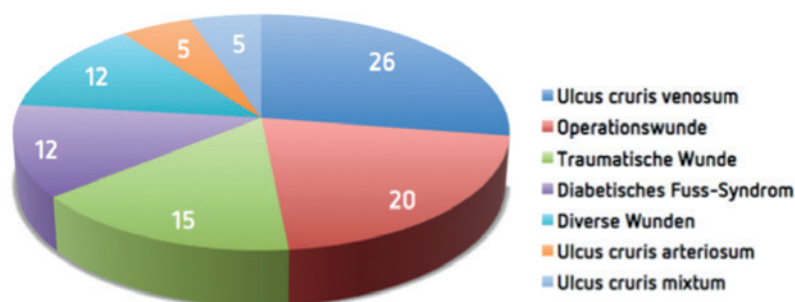


Abbildung 7
Verteilung der verschiedenen Wundtypen der Studie. 63 % der Wunden waren chronische, 37 % akute Wunden.

tionen zu finden: 43 am Unterschenkel (45,2 %), 34 am Fuß (35,8 %), 1 an der Brust (1 %), 4 am Arm (4,2 %), 1 an der Hand (1 %), 2 abdominal (2,1 %), 1 am Rücken (1 %), 1 axillär (1 %) und 8 sakral (8,4 %). Von 46 der 95 Wunden wusste man, dass diese durchschnittlich 86,1 Tage (12,3 Wochen; 1 bis 720 Tage) vorbestanden. Die initiale Wundgrößen vor dem ersten Debridement betrug median 10,5 cm² (0,2 cm² bis 515 cm²). In der untersuchten Zeitspanne wurden insgesamt 653 Wundbehandlungen mit der MWT durchgeführt; das sind durchschnittlich 6,8 Debridements pro Wunde (1–65). Die Be-

handlungen dauerten, abhängig von der Wundgröße und dem Verschmutzungsgrad, zwischen 1 bis 22 Minuten. Die mediane Behandlungsdauer mit der MWT betrug für alle 95 Wunden 39,2 Tage (5,6 Wochen) pro Wunde (1–809 Tage). 58 Wunden (von 95 Wunden; 61 %) waren bei Behandlungsabschluss komplett abgeheilt und zwar in einer medianen Zeit von 59 Tagen (3–580 Tagen), was 8,4 Wochen entspricht. Die Patienten mit den 37 Wunden, welche beim Austritt aus dem Wundambulatorium noch nicht komplett verheilt waren, wurden in anderen Institutionen weiterbehandelt (Altenheim, Pflegeheim,

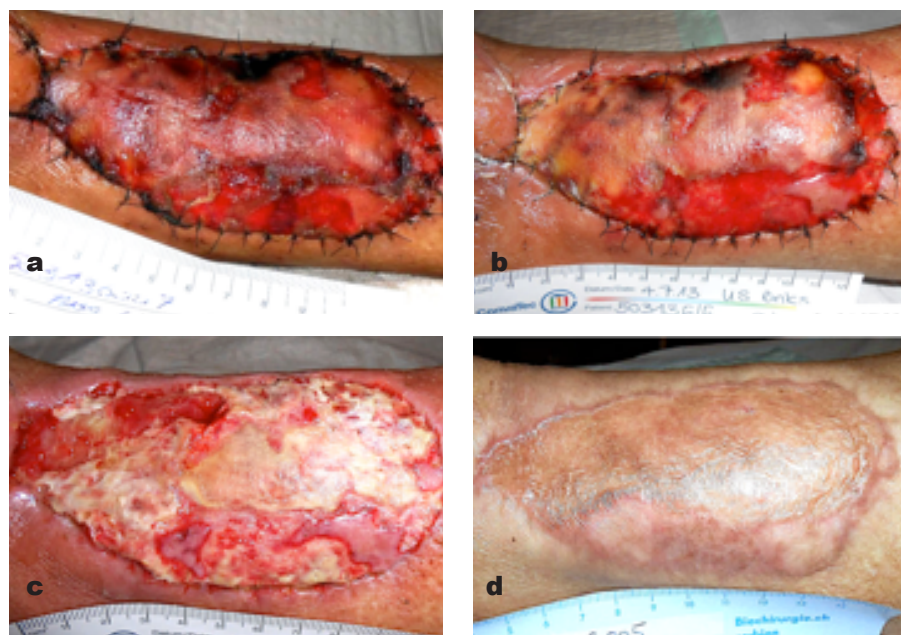


Abbildung 8
Patientenbeispiel: Heilungsverlauf eines gestielten Lappens am Unterschenkel, der nach der Operation aufgrund von Durchblutungsstörungen nekrotisch wurde. Die Nekroseschichten wurden in mehreren Sitzungen regelmäßig mit dem MWT-Gerät debridiert, bis sich neues Granulationsgewebe und Epithel bildete – mit einem schönen Endresultat.

Hausarzt, Spitex). Gesamthaf konnten bei den 95 Wunden während der medianen Behandlungszeit von 39,2 Tagen eine Wundflächenreduktion von durchschnittlich 25,2 cm² auf durchschnittlich 6,1 cm² erreicht werden (Wundflächenreduktion um 75,8 %). Bei einem Patienten mit einer großen, mehrfach voroperierten Wundfläche am Fuß von 515 cm² konnte trotz regelmäßiger MWT-Anwendung keine Wundflächenverkleinerung erreicht werden; zumindest wurde dadurch die chronische Infektsituation behoben (Darstellung von Patientenbeispielen in den Abbildungen 8–12).

Diskussion

Das Ziel dieser retrospektiven Datenanalyse war die Untersuchung der Methoden-Effizienz der Mikrowasserstrahl-Technologie für das Debridement von Wunden. In unseren Wundambulatorien wird die MWT seit längerem als Standard-Debridementmethode für verschiedenste Wundarten eingesetzt. Die mediane Behandlungszeit von 58 Wunden (61 % der 95 Wunden), die mit der MWT behandelt wurden und komplett abheilten, war 59 Tage pro Wunde (8,4 Wochen). Dies entspricht etwa einer 30 %-igen Verkürzung der gesamten Heilungszeit im Vergleich zu den herkömmlichen chirurgischen Debridementmethoden, kombiniert mit einer Standardtherapie (feuchte Wundbehandlung, Kompression), wo üblicherweise mit einer Heilungszeit von 3 bis 6 Monaten gerechnet wird [22–25, 27–29]. In anderen kontrollierten Studien, speziell das Ulcus cruris betreffend, mit konsequenter Kompressionstherapie und üblichem standardmäßigem Wunddebridement, heilten 71 % der Ulzera erst nach 24 Wochen ab [26]. Die restlichen 37 Wunden, die bei Behandlungsabschluss noch nicht ganz abgeheilt waren, wiesen eine fortschreitende Wundflächenreduktion und Bildung von frischem Granulationsgewebe auf. Aufgrund dessen wurden die Patienten wieder an die ursprünglichen Behandlungsinstitutionen überwiesen. Gesamthaf konnte bei den 95 Wunden während der Behandlungszeit eine Wundflächenreduktion von 75,8 % erreicht werden, obwohl darunter einige sehr hartnäckige und kaum therapierbare Wunden waren. Die Verkürzung des Wundheilungsprozesses ist evident, insbesondere, wenn man in Betracht zieht, dass bei der Hälfte der Patienten (46) die Wunden

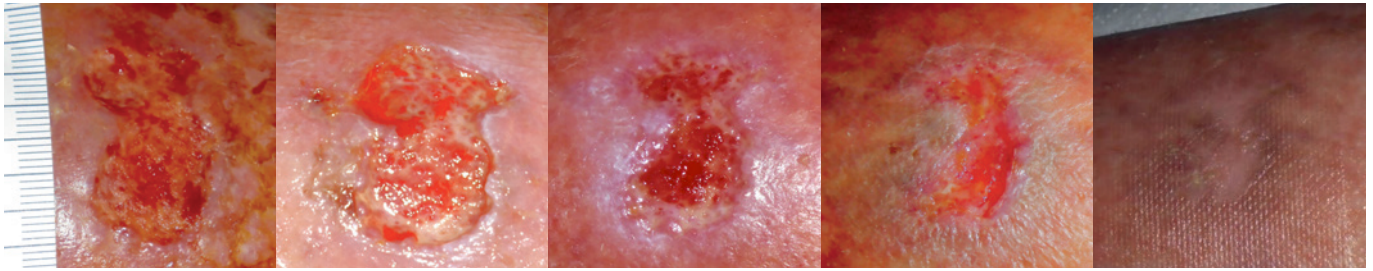


Abbildung 9
Patientenbeispiel: Ein Ulcus cruris am Unterschenkel. Vorübergehende kurzzeitige Wundflächenvergrößerung nach dem ersten Debridement. Danach guter Stimulus und rascher Heilungsfortschritt.

bis zum Beginn der MWT-Behandlung im Durchschnitt schon seit 86,1 Tagen (12,3 Wochen) bestanden und erfolglos vorbehandelt wurden. Die Dauer einer einzelnen Behandlung mit der MWT pro Wunde von 1–22 Minuten deckt sich mit den Erfahrungen anderer Autoren, die die MWT verwendeten (5 bis 30 Minuten) [15, 22, 27]. In einer kontrollierten randomisierten Studie wurde für das konventionelle Debridieren eine mittlere Zeit von 33,9 min. angegeben, was gegenüber dem hydrochirurgischen Debridement von durchschnittlich 14,2 min signifikant länger war [28]. Das Debridement ist mit keinen oder nur sehr wenig Schmerzen durchführbar, die durch einfache lokale Maßnahmen eliminiert werden können. Der Spülflüssigkeitsverbrauch von 100 ml bis 200 ml pro Behandlung ist äußerst sparsam. Obwohl zur MWT wenig Literatur vorhanden ist, deckten sich unsere Beobachtungen mit denen von anderen Autoren, welche die MWT anwendeten, die bereits vor längerer Zeit gemacht wurden. Bei allen Anwendungen wurden ebenfalls verschiedenste Wundarten behandelt [15, 21, 22, 29, 30].

Es sind weitere ähnliche hydrochirurgische Debridement-Systeme bekannt, z. B. das Versajet™-System (Smith & Nephew),

Interpulse (Stryker), PulseCare Closed Pulse Irrigation™ (CPI) (PulseCare Medical™), Pulsavac Plus System (Zimmer), Jettox (DeRoyal). Ein direkter klinischer Vergleich der verschiedenen Hydrochirurgie-Methoden ist schwierig, da jeweils unterschiedliche Strahlstoßdrücke des Wasserstrahls auf das Gewebe einwirken. So ist bei der MWT der Wasserdruck bei Düsenaustritt 2175–2900 psi (pounds per square inch), beim Versajet bis zu 15.000 psi und beim InterPulse bis zu 15 psi [17]. Trotzdem kann aber die Effizienz eines Systems in Bezug auf das Debridement mit den entsprechenden Eigenschaften und Wirkungen mit den anderen Systemen verglichen werden, denn entscheidend ist nicht der Düsenaustrittsdruck, sondern was letztendlich als Energie/Kraft auf der Wunde ankommt (Abrasionskräfte).

Ausgiebige Literatur findet man über das Hydrosurgery System mit dem Versajet, häufig im Zusammenhang mit Verbrennungen [31–37], wie auch über Behandlungen von anderen Wunden (Hautnekrosen, vor und nach Skinrafts, Ulzera, Explosionsverletzungen und diverse Wunden mit Heilungsstörungen) [28, 38–45]. Praktisch alle Versajet-Anwendungen mussten im Operationsaal und unter An-

ästhesie durchgeführt werden. Größtenteils waren die Patienten dafür hospitalisiert; respektive wurden die Behandlungen während einer Hospitalisation durchgeführt. Nur in wenigen Arbeiten wurde die Kosteneffektivität untersucht. In einer bereits erwähnten Studie von Liu et al. wurde eine Patientengruppe mit einer konventionellen Therapie mit einer Hydrochirurgie-Gruppe verglichen, wobei die konventionelle median 38 Tage und die Hydrochirurgie-Gruppe 39 Tage für die Wundbehandlung hospitalisiert waren. Die mittleren Gesamtkosten (Chirurgisches Prozedere und Hospitalisation) betragen zwischen USD 39.940 und USD 44.290, ohne signifikanten Unterschied der beiden Gruppen [28]. Auch wenn wir dafür keine genauen Vergleichszahlen angeben können, sind wir mit den Kosten der ambulant angewendeten MWT weit unterhalb solcher Beträge. Die Behandlungszeiten mit dem Hydrosurgery System betragen, dort wo diese erwähnt wurden, zwischen 5,8 und 15,5 min. und sind somit geringfügig kürzer als die Behandlungen mit der MWT (1 bis 22 min.) [28, 42–45]. Mit der MWT ist ein deutlich geringer Gesamtaufwand möglich, da, wie bereits schon erwähnt, keine Hospitalisation, keine Operations-



Abbildung 10
Patientenbeispiel: Infektion nach einer Lappenplastik an der linken Hand. Wunddebridement mit der MWT. Dauer des oben dargestellten Heilungsverlaufs: 11 Wochen.



Abbildung 11
Patientenbeispiel: Traumatische Hautnekrosen thorakal durch rotierende Räder einer Mähmaschine. Nach initialem chirurgischem Debridement regelmäßige Wundreinigungen mit der MWT.

saalbenutzung und keine Anästhesie notwendig ist. Die Präzision des Debridements hingegen ist mit beiden Systemen gleich gut möglich und generell exakter durchführbar als mit einem Messer oder einer Kürette. Es wurden durch die MWT auch eine geringere Narbenbildung und weniger Re-Infekte festgestellt, als bei einem herkömmlichen chirurgischen Debridement [15, 29].

Einige wenige Studien haben andere Hydrochirurgiesysteme ausgewertet. Die Pressurized Irrigation, die Pulsatile Lavage, die Pulse Lavage und die Power-Pulsed Lavage. Diese können als „Niederdruck“ Wasserstrahlssysteme bezeichnet werden, da die Drücke des Wasserstrahls lediglich 4 bis 15 psi betragen. Druckwerte unterhalb 4 psi (0,28 bar) erzielen keinen Reinigungseffekt [46]. Gleichzeitig ist bei diesen Systemen der Flüssigkeitsverbrauch von 1 bis 3 Litern pro Anwendung deutlich höher als bei der MWT [22, 25, 47–50]. Die MWT erlaubt eine optimale Wundbettvorbereitung. Mit dem rasch und ambulant durchführbaren hydrochirurgischen Wunddebridement kann die Behandlungs- und Heilungszeit deutlich reduziert und eine allseits erwünschte Kostenreduktion

erreicht werden. Es besteht eine hohe Patientenzufriedenheit und sehr geringe Behandlungsbeschwerden. Bisher wurden keine Nebenwirkungen oder Komplikationen festgestellt. Die Handhabung durch Pflegefachkräfte und Ärzte ist einfach und unkompliziert und nach kurzer Anlernphase ausführbar.

Ein Nachteil der MWT besteht in der Behandlung von Wundhöhlen, die unterminierte Wundränder aufweisen, wo der Wasserstrahl nicht hingelenkt werden kann; ein tiefer Wundgrund kann hingegen direkt erreicht werden. Ein eher geringer Nachteil besteht in der Größe der Apparatur, die einmal eingerichtet, den ganzen Tag zur Verfügung steht und dann nicht aufwändiger ist als andere Methoden. Trotz der Größe kann das Gerät ohne wesentlichen Aufwand verschoben werden. Andererseits ist das Gerät für Wundtherapeuten, die wenig debridieren, wirtschaftlich zu aufwändig. Die Vergütung des Materials und der Leistung ist in der Schweiz recht gut und wiegt die initial hohen Beschaffungskosten rasch auf. Die MWT ist bereits seit mehreren Jahren erfolgreich in verschiedenen Kliniken und Institutionen im Einsatz, ist aber wegen

der geringen Anzahl vorhandener Literatur weniger bekannt als andere Systeme.

Fazit

Die Anwendung der MWT zur Durchführung eines Wunddebridements erweist sich als eine effiziente, ergonomisch und ökonomisch gute Methode und kann daher als evident bezeichnet werden. Für den Patienten besteht eine sichere und schonende Anwendung, die ausschließlich ambulant durchgeführt werden kann. Mehrere aber kurze Anwendungszeiten ergeben letztlich eine deutlich verkürzte Heilungszeit einer Wunde im Vergleich zu anderen standardmäßigen Therapien. Die MWT ist anderen Hydrochirurgie-Methoden ebenbürtig. Wünschenswert wäre die Durchführung von weiteren, wenn möglich randomisierten prospektiven Studien mit noch größeren Patientenzahlen, um die Effektivität der MWT noch eingehender zu bestätigen, sowie auch die nähere Untersuchung der Bakterienlast vor und nach der Behandlung. Die MWT erfüllt die Anforderungen, die an eine Hochleistungs-Debridement-Methode gestellt werden.



Abbildung 12
Patientenbeispiel: Ulkus am linken Unterschenkel. Wundbettvorbereitung mit MWT.

Interessenkonflikt

Dr. med. M. Reber ist als freier Berater der Firma Medaxis tätig.

Literaturliste

- EWMA: EWMA Document: Debridement; An updated overview and clarification of the principle role of debridement, J of Wound Care, Vol 22. No 1. EWMA Document 2013.
- COSTERTON JW, STEWART PS, GREENBERG EP: Bacterial Biofilms: A Common Cause of Persistent Infections, *Science*, 1999, Vol. 284: 1318–22.
- ALBAUGH K, LOEHNE H: Wound bed preparation / Débridement, chap. 11; 155–179, in *Wound Healing*, 4th Ed., F.A. Davis Company, Philadelphia, 2010.
- WILCOX J R, CARTER M J, COVINGTON S: Frequency of Debridements and Time to Heal, A Retrospective Cohort Study of 312 744 Wounds *JAMA Dermatol.* 2013; 149 (9):1050–1058.
- STEED DL, DONOHOE D, WEBSTER MW, LINDSLEY L, RICOTTA JJ, LUTERMAN A, BROWN S, COMEROTA AJ, WALSH DB, BERGAMINI TM, BAKER WH, BOLTA RS, SCHWARZ TH, DONOHOE DJ, FLEISHMAN A: Effect of extensive debridement and treatment on the healing of diabetic foot ulcers. *J Am Coll Surgeons* 1996; 183: 61–4.
- AUBÖCK J: Biologie der Wundheilung. In: Wild T, Auböck J, Eds. *Manual der Wundheilung, Chirurgisch-dermatologischer Leitfaden der modernen Wundbehandlung*, Wien, Springer-Verlag, 2007; 1–10.
- FDA WOUND HEALING CLINICAL FOCUS GROUP GUIDANCE FOR INDUSTRY: chronic cutaneous ulcer and burn wounds-developing products for treatment. *Wound Repair Regen*, 2001, 9:258–268.
- DISSEMOND J: Wann ist eine Wunde chronisch? *Hautarzt* 2006, 57:55.
- DISSEMOND J: Ulcus cruris – Genese, Diagnostik und Therapie, 3. Auflage, UNI-MED Bremen 2009.
- EMING SA, KAUFMANN J, LÖHRER R, KRIEG T: Chronische Wunde – Neue Wege in Forschung und Therapie, *Hautarzt* 2007; 58:939–944.
- EMING SA, SMOLA H, KRIEG T: Treatment of chronic wounds: State of the art and future concepts. *Cells Tissues Organs* 2002, 172:105–117.
- WOLCOTT RD, KENNEDY JP, DOWD SE: Regular debridement is the main tool for maintaining a healthy wound bed in most chronic wounds. *J Wound Care* 2009; 18 (2): 54–56.
- DOERLER M, REICH-SCHUPKE S, ALTMAYER P, STRÜCKER M: Impact on wound healing and efficacy of various leg ulcer debridement techniques. *JDDG* 2012; 10:624–631.
- GRANICK MS, JACOBY M, NORUTHRUN S, DATIASHVILI RO, GANCHI PA: Clinical and Economic Impact of Hydrosurgical Debridement on Chronic Wounds. *Wounds* 2006; 18 (2):35–39.
- ROMANELLI M, MAGLIARO A, MASTRONICOLA D, SEMERARO RM, SIANI S: The use of a high pressure water jet device (Debritol™) in chronic wounds. Department of Dermatology University of Pisa – School of Medicine Via Roma, 67 56126 Pisa Italy, 2002. Internes Dokument von Medaxis, kann bei der Firma angefragt werden.
- BROWN LL, SHELTON HT, BORNSIDE GH, COHN I JR: Evaluation of Wound Irrigation by Pulsatile Jet and Conventional Methods. *Ann Surg* 1978; Vol 187 (2): 170–73.
- TIEFENTHALER M, DENIZ S: Vergleich Strahlstoßdruck der Düsen vom Debritol und 2 Konkurrenzsystemen, Untersuchungsbericht Fachhochschule Luzern HSLU, Juli 2015, unveröffentlicht, mit freundlicher Genehmigung Medaxis AG.
- PELEGRINI G: Histological evaluation on the skin of two rats from Experiment PS17. B15–0234; Institute of Veterinary Pathology, Laboratory for Animal Model Pathology, University of Zürich, 2015, unveröffentlicht, mit freundlicher Genehmigung der Autoren und Medaxis AG.
- PELEGRINI G: Histological evaluation on the skin of six rats from Experiment PS17. B15–0368; Institute of Veterinary Pathology, Laboratory for Animal Model Pathology, University of Zürich, 2015, unveröffentlicht, mit freundlicher Genehmigung der Autoren und Medaxis AG.
- PLATZ A, TRENTZ O: Frakturen und Weichteilschäden. In: Rüter A, Trentz O, Wagner M, Unfallchirurgie, München, Urban und Fischer, 2004, 2. Aufl., 191–194.
- DGKP KAMMERLANDER G: Schlussbericht zur Anwendungsbeobachtung der Wundreinigung mit einer Wasserstrahlhochdrucktechnik – Debritol® – von Amtech Medical Division – CH, 2000. Internes Dokument von Medaxis, kann bei der Firma angefragt werden.
- SCHEICH B, GUTERMUTH O: Klinische Beobachtung mit dem Debritol™: Wund-Debridement per Hochdruck-Mikrostrahl, Anwendungsbeobachtung. *Z ästh op Derm*, 2/2000.
- MOSTI G, MAGLIARO A, MATTALIANO V, PICERNI P, ANGELOTTI N: Comparative study of two antimicrobial dressings in infected leg ulcers : A pilot study. *Journal of Wound Care*; Vol. 24 (3). 03.2015.
- DISSEMOND J: 7.Wundtherapie, aus: *Ulcus cruris – Genese, Diagnostik und Therapie*. 3. Auflage, UNI-MED Bremen 2009, S. 80.
- MAK SS, LEE MY, CHEUNG JS, CHOI KC, CHUNG TK, WONG TW, LAM KY, LEE DT: Pressurised Irrigation versus swabbing method in cleansing wounds healed by secondary intention: A randomised controlled trial with cost-effectiveness analysis. *Int J of Nursing Studies* 2014; 52 (1): 88–101.
- FRANKS P, MOODY M ET AL.: Randomized trial of cohesive short-stretch versus four-layer bandaging in the management of venous ulceration. *Wound Rep Regen* 2014; 12(2): 157–162.
- DELING O: Anwenderbericht, 18.07.2005, c.a.t. GmbH, Augusta Krankenhaus; nicht veröffentlicht, Bericht beim Autor. Internes Dokument von Medaxis, kann bei der Firma angefragt werden.
- LIU J, KO JH, SECRETOV E, HUANG E, CHUKWU C, WEST J, PISERCHIA K, GALIANO RD: Comparing the hydrosurgery System to conventional debridement techniques for the treatment of delayed healing wounds: a prospective, randomised clinical trial to investigate clinical efficacy and cost-effectiveness. *Int Wound J* 2013; doi: 10.1111/iwj.12137.
- TEOT L, PALMIER S, LÉGLISE MS: Use of high-pressure micro jet technology in the cleaning of wounds. *Clinical, Nursing & Patient Care*; University Montpellier, Hospital Centre, Montpellier, France, 2001. Internes Dokument von Medaxis, kann bei der Firma angefragt werden.
- SIANI S, MAGLIARO A., MASTRONICOLA D, SEMERARO RM, ROMANELLI M: Mechanical Debridement of Wounds by high pressure Micro-Jet. Posterpräsentation, Department of Dermatology, University of Pisa, Italy.
- TENENHAUS M, BHAVSAR D, RENNEKAMPFF HO: Treatment of deep partial thickness and indeterminate depth facial burn wounds with water—jet debridement and a biosynthetic dressing. *Injury, Int J Care injured* (2007) 38S, S38–S44.
- YANG JY, HUWANG JY, CHUANG S: Clinical experience in using the water jet in burn wound debridement. *Annals of Burns and Fire Disasters*, June 2007, vol. 20, n. 2: 72–77.
- CUBISON T, PAPE S, JEFFERY S: Dermal preservation using the Versajet® hydrosurgery System for debridement of paediatric burns. *Burns* 2006; 32: 714–720
- DUTEILLE F, PERROT P: Management of 2nd-degree facial burns using the Versajet® hydrosurgery system and xenograft : A prospective evaluation of 20 cases. *Burns* 2012;38: 724–729.
- KLEIN MB, HUNTER S, HEIMBACH DM, ENGRAV LH, HONARI S, GALLERY E, KIRILUK DM, GIBRAN NS: The Versajet Water Dissector: A New Tool for Tangential Excision. *Journal of Burn Care & Rehabilitation* ; Vol 26, Nr 6,483–487.
- RENNEKAMPFF HO, SCHALLER HE, WISSER D, TENENHAUS M: Debridement of burn wounds with a water jet surgical tool. *Burns* 2006; 32: 64–69.
- GRAVANTE G, DELOGU D, ESPOSITO G, MONTONE A: Versajet Hydrosurgery versus classic escharotomy for Burn Debridement : A Prospective Randomized Trial. *Journal of Burn Care & Research* Vol 28, Nr 5: 720–724.
- SIVRIOGLU N, JRKÖREN S: Versajet hydrosurgery system in the debridement of skin necrosis after Ca gluconate extravasation: report of 9 infantile cases. *Acta Orthop Traumatol Turc* 2014; 48 (1): 6–9.
- FRACCALVIERI M, SERRA R, RUKA E, ZINGARELLI E, ANTONIOTTI U, ROBBIANO F, VIGLIONE M, FRISCALE L, BRUSCHI S: Surgical debridement with Versajet : an analysis of bacterial load of the wound bed pre- and post- treatment and skin graft taken. A preliminary pilot study. *Int Wound J* 2011; 8: 155–161.
- VANWIJCK R, KABA L, BOLAND S, GONZALES Y AZERO M, DELANGE A, TOURBACH S: Immediate skin grafting of sub-acute and chronic wounds debrided by hydrosurgery. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery* 2010; 63: 544–549.
- DILLON CK, LLOYD MS, DZEIWULSKI P: Accurate debridement of toxic epidermal necrolysis using Versajet. *Burns* 2010; 36:581–584.
- GURUNLUOGLU R: Experiences with waterjet hydrosurgery System in wound debridement. *World Journal of Emergency Surgery* 2007; 2:10.
- MOSTI G, LABICHELLA ML, PICERNI P, MAGLIARO A, MATTALIANO V: The debridement of hard to heal leg ulcers by means of a new device based on Fluidjet technology. *Int Wound J* 2005; 2:307–314.
- SIEMER F, MAUSS KL, LIODAKI E, OTTOMANN C, BERGMANN PA, MAILÄNDER P: Accidental inclusions following blast injury in esthetic zones : Ablation by a Hydrosurgery System. *ePlasty, An Open Access Journal*, Published Juli 26, 2012.
- CAPUTO WJ, BEGGS DJ, DEFEDÉ JL, SIMM L, DHARMA H: A prospective randomised controlled clinical trial comparing hydrosurgery debridement with conventional surgical debridement in lower extremity ulcers. *Int Wound J* 2008; 5:288–294.
- RICCI E, CAVICCIOLI A, ROMANELLI M: Conservative Management of Pressure Ulcers, Chap. 13 in *Science and Practice of pressure Ulcer Management*, Eds. : Romanelli M, Michael C, George C, Denis C, Tom D, 2006, Springer, 111–118.
- HO CH, BENSITEL T, WANG X, BOGIE KM: Pulsatile Lavage fort the Enhancement of Pressure Ulcer Healing: A Randomized Controlled Trial. *Phys Ther.* 2012; 92:38–48.
- SHETTY R, BARRETO E, PAUL KM: Suction assisted pulse lavage; randomised controlled studies comparing its efficacy with conventional dressings in healing of chronic wounds. *Int Wound J* 2014; 11:55–63.
- MOTE GA, MALAY DS: Efficacy of Power-pulsed Lavage in Lower Extremity Wound Infections: A Prospective Observational Study. *J of Foot & Ankle Surgery* 2010; 49:135–142.
- Clinical Evaluation Report 2014, Medaxis AG mit freundlicher Genehmigung Medaxis AG. Internes Dokument von Medaxis, kann bei der Firma angefragt werden.