

Gewebereaktionen unter Applikation von piezoelektrischen Stoßwellen zur Lithotripsie von Speichelsteinen

H. Iro¹, B. Wessel², W. Benzel¹, J. Zenk¹, J. Meier¹, N. Nitsche¹, P. M. Wirtz³, Ch. Ell⁴

¹ Klinik und Poliklinik für Hals-Nasen-Ohrenkranke (Direktor: Prof. Dr. M. E. Wigand)

² Pathologisch-anatomisches Institut (Direktor: Prof. Dr. V. Becker)

³ Institut für Medizinische Statistik (Direktor: Prof. Dr. L. Horbach)

⁴ Medizinische Klinik I mit Poliklinik (Direktor: Prof. Dr. E. G. Hahn) der Universität Erlangen-Nürnberg

Zusammenfassung

Die Gewebereaktionen unter extrakorporal induzierten piezoelektrischen Stoßwellen wurden in vitro und tierexperimentell untersucht. Die Stoßwellenapplikation auf menschliches Gewebe in vitro (Gl. submandibularis, Gl. parotidea, N. femoralis, A. carotis, Rippe) ergab weder makroskopisch noch lichtmikroskopisch faßbare Auffälligkeiten. Tierexperimentell ließen sich im akuten Versuch (16 Kaninchen, Chinchilla-Bastard) diskrete Einblutungen in das Parenchym der Ohrspeicheldrüse nachweisen. Die Auswertung des chronischen Versuches (14 Kaninchen, Chinchilla-Bastard) zeigte keinerlei morphologische Gewebebeeinträchtigung nach der Applikation von piezoelektrischen Stoßwellen im Bereich der Parotisregion des Kaninchens. Bei gezielter Applikation der Stoßwellen auf das Auge, mit ungeschützter Fortleitung der Stoßwellen über die Fissura orbitalis nach intrakraniell konnten jedoch morphologisch faßbare Gehirnläsionen nachgewiesen werden. Unter Beachtung bestimmter Sicherheitskriterien, wie der zuverlässigen Positionierung des Patienten und der genauen sonographischen Ortung des Konkrementes erscheint der Einsatz der extrakorporalen piezoelektrischen Lithotripsie in der nicht-operativen Therapie der menschlichen Sialolithiasis gerechtfertigt.

Tissue Reaction Under Application of Piezoelectric Shockwaves to Fragment Salivary Stones

Before clinical application of an extracorporeal piezoelectric lithotripter to treat sialolithiasis, tissue reaction during shockwave application was examined in vitro and in experiments with animals. Application of shockwaves to human tissue in vitro showed neither macroscopic nor microscopic effects. In animal experiments, the acute experiment (16 rabbits, Chinchilla-Bastard) revealed minor bleeding in the parenchyma of the parotid gland, while the chronic experiment (14 rabbits, Chinchilla-Bastard) revealed no morphologic tissue damage to the parotid region of the rabbit, as a result of piezoelectric shockwaves. However, when the eye was placed in the shockwave focal area and the shockwaves were transmitted via the fissa orbitalis to the endocranium, brain damage could be detected morphologically. In conclusion, the authors feel that the clinical application of extracorporeal piezoelectric fragmentation of salivary stones is justified, provided that a reliable positioning of the patient and exact sonographic location of the concrement are possible.

Einleitung

Unter den Erkrankungen der großen Kopfspeicheldrüsen stellt die Lithiasis das bei weitem häufigste Krankheitsbild dar (9). Bisher war die Exstirpation der gesamten Drüse unumgänglich, falls der Stein durch eine Schlitzung des Ausführungsganges nicht entfernt werden konnte (7, 13). Neben durch die Anästhesie bedingten Komplikationen sowie der Möglichkeit einer Infektion mit Wundheilungsstörungen und kosmetisch störender Narbenbildung besteht das Hauptrisiko in der Gefährdung der die großen Kopfspeicheldrüsen umgebenden Nerven. Dauerhafte Schädigungen des Ramus marginalis des Nervus facialis wurden nach Exstirpation der Gl. submandibularis in 6% bzw. 9% der Fälle nachgewiesen (7, 13).

Die Steinertrümmerung mittels extrakorporal induzierter und intrakorporal fokussierter Stoßwellen (ESWL = extrakorporale Stoßwellenlithotripsie) wurde 1980 zur Behandlung der Nephrolithiasis eingeführt und hat sich innerhalb weniger Jahre als Therapieverfahren der ersten Wahl in der Urologie durchgesetzt (14, 15). Seit 3 Jahren wird die Stoßwellenlithotripsie auch zur Zertrümmerung von Gallensteinen und Pankreasgangkonkrementen erfolgreich eingesetzt (3, 6, 11).

Durch in-vitro-Untersuchungen konnten wir nachweisen, daß auch Speichelsteine mittels der extrakorporalen piezoelektrischen Lithotripsie zuverlässig fragmentiert werden können (5). Vor klinischem Einsatz dieses neuen Therapieverfahrens gilt es allerdings zu untersuchen, mit welchen Gewebereaktionen unter Applikation von piezoelektrischen Stoßwellen im Kopf-Hals-Bereich gerechnet werden muß. Zu diesem Zweck führten wir in-vitro sowie

akute und chronische tierexperimentelle Gewebe-Untersuchungen durch, über die im folgenden berichtet werden soll.

Material und Methode

Piezoelektrischer Lithotriptor

Zur Stoßwellengeneration wurde ein piezoelektrischer Lithotriptor benutzt (Piezolith 2300, Fa. R. Wolf, Knittlingen). Die Schockwellen werden bei diesem System durch einen selbstfokussierenden piezoelektrischen Schallstrahler erzeugt, der auf der Konkavseite einer Kugelkalotte mosaikartig aus mehr als 3000 Keramikelementen aufgebaut ist. Die Ortung der Zielstruktur erfolgt sonographisch in zwei Ebenen über einen der beiden in Längsachse des Wandlers befindlichen Ultraschall-real-time-B-Scanner (4 MHz).

Die Stoßwellenpulsfolge kann in 4 Stufen zwischen 1 und 2,5 Hz variiert werden, die Energie pro Puls ist in 4 Stufen wählbar. Die Druckwerte im Stoßwellenfokus liegen den Energiestufen entsprechend zwischen 400 und 1200 bar (hPa). Über weitere technische Einzelheiten wurde bereits an anderer Stelle ausführlich berichtet (3, 4, 5).

In-vitro-Untersuchungen an menschlichem Gewebe

Parotidgewebe wurde intraoperativ, das übrige Gewebematerial (Tab. 1) im Rahmen von pathologisch-anatomischen Sektionen gewonnen.

Die Gewebeproben wurden zur Stoßwellenexposition in ein mit 10 ml entgastem Wasser gefüllten Latex-Kondom eingebracht, welches mittels eines Stativs über der Geräteeinheit aufgehängt war. Die Gewebeproben wurden unter sonographischer Kontrolle durch Verschieben der Stoßwellenkalotte in den drei Ebenen des Raumes exakt in den Stoßwellenfokus gebracht und mit jeweils 1000 Stoßwellen (Intensität 3, Pulsrate 3) beschallt. Danach wurden die Gewebeproben makroskopisch und anschließend histologisch untersucht und mit unbehandelten Gewebeproben des gleichen Patienten verglichen.

In-vivo-Untersuchungen an Kaninchen

A) Anatomische Vorbemerkungen

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung interessierten besonders die anatomischen Verhältnisse der Glandula parotidea sowie des Nervus facialis.

Beim Kaninchen existieren auf jeder Seite insgesamt 6 Kopfspeicheldrüsen (Abb. 1). Die bedeutendste davon ist die Ohrspeicheldrüse. Sie wiegt ca. 1,1 Gramm und besteht aus drei zusammenhängenden Abschnitten. Der obere Teil liegt vor dem äußeren Ohr hinter dem oberen hinteren Rand des Musculus masseter. Er

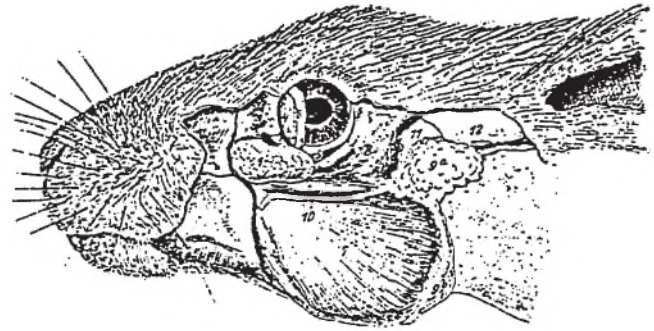


Abb. 1 Schematische Darstellung der Kopfspeicheldrüsen des Kaninchens (aus: Handbuch für biologische Übungen, Zoologischer Teil, P. Röseler, H. Lamprecht; Berlin, Verlag J. Springer, 1914). Kaninchen. Speicheldrüsen der linken Seite des Kopfes 1. Glandula infraorbitalis. – 2. Processus zygomaticus. – 3. Palpebra tertia. – 4. Glandula Harderiana. – 5. Augenmuskeln. – 6. Palpebra superior. – 7. Musculus masseter. – 8. Musculus temporalis. – 9a und 9b. Glandula parotis. – 10. Ausführungsgang derselben. – 11. knöcherner. – 12. knorpeliger Ohrgang.

besitzt einen Durchmesser von ca. 1,0–1,5 cm sowie eine Dicke von 2–3 mm. Der 2–3 cm lange, 3 mm breite und 1–2 mm dicke Verbindungsteil verläuft hinter dem Angulus mandibulae nach unten. Dort geht er in den dreiseitig prismatischen unteren Teil über. Dieser liegt am kaudalen Abschnitt der Insertionsstelle des M. pterygoideus medialis am Unterkiefer.

Der Nervus facialis verläßt den Schädel vor dem Ansatz der Ohrmuschel. Der Hauptstamm verläuft durch den oberen Anteil der Glandula parotidea und gliedert diese, ähnlich wie beim Menschen, in zwei Teile auf. Die Fazialisäste verlassen den oberen Drüsenabschnitt am kaudalen Pol, um, von einer Faszie eingeschleitet, auf dem M. masseter verlaufend ihre jeweiligen Zielorgane zu erreichen.

Sonographisch konnte mit den 4 MHz Ultraschallscannern des Piezolith 2300 immer der obere Anteil der Glandula parotidea zuverlässig dargestellt werden (Abb. 1, Abb. 2).

B) Versuchsaufbau

Im gesamten Versuch wurden 30 Chinchilla-Bastard-Kaninchen (KGW: 2270–5330 Gramm, durchschnittliches KGW: 4048 Gramm) eingesetzt. Die Anästhesie der Tiere erfolgte durch intragluteale Injektion eines Gemisches aus Ketamin (Ketanest) 20 mg/kg KGW, und Xylazin (Rompun) 4 mg/Kg KGW.

Unter sonographischer Kontrolle wurden die Tiere über dem Stoßwellengenerator so positioniert, daß sich die zu beschallende Zielregion (Gl. parotidea) exakt im Fokusbereich des Lithotriptors befand (Abb. 2). Die Applikation der Stoßwellen erfolgte unter kontinuierlicher sonographischer Kontrolle. Es wurden jeweils beide Parotiden eines jeden Tieres behandelt.

1. Bei jeweils wechselnder Intensitätsstufe und Stoßwellenanzahl gliederte sich die gesamte Untersuchung in einen akuten und chronischen Versuchsteil (Tab. 2.1, 2.2).

Im akuten Versuch wurden 16 Kaninchen (32 Parotiden) beschallt (Tab. 2.1). Die Tötung der Tiere erfolgte 3 Stunden nach abgeschlossener Schockwellenbehandlung durch intrapulmonale Injektion von 5 ml T61 (Gemisch aus Embutramid, Mebezoniumjodid und Tetracainhydrochlorid).

Tab. 1 Humanes Gewebe unter piezoelektrischer Stoßwellenapplikation (*: intraoperativ gewonnen; **: Sektionsmaterial)

Anzahl	Gewebe	Appl. Stoßwellenanzahl
7	Gl. submandibularis**	1000
7	Gl. parotis*	1000
7	N. femoralis**	1000
7	A. carotis**	1000
7	Rippenstück**	1000



Abb. 2 Glandula parotidea des Kaninchens – sonographisch geortet und im Fokus des Lithotriptors (Piezolith 2300) lokalisiert

Der chronische Versuch unterteilte sich in zwei Abschnitte: Teil 1 umfaßte 10 Tiere (20 Parotiden) die Tötung erfolgte jeweils 4 Wochen nach Beschallung (Tab. 2.2). Im zweiten Teil des chronischen Versuches wurden 4 Kaninchen (8 Parotiden) über einen Zeitraum von 3 Wochen einmal pro Woche behandelt. 4 Wochen nach der letzten Stoßwellenapplikation wurden diese Tiere getötet (Tab. 2.2).

Bei der Sektion wurden zur histologischen Aufarbeitung folgende Organe entnommen:

- Glandula parotidea
- Nervus facialis
- Musculi masseter et sternocleidomastoideus
- Gefäßnervenscheide (N. vagus, A. carotis, V. jugularis)
- Mandibula
- Ohrknorpel
- Haut über der Zielregion

Ebenfalls wurden bei allen Tieren die Gehirne entnommen. Da aber weder die klinisch-neurologische Beobachtung der Tiere noch die makroskopische Beurteilung des entnommenen Gehirngewebes Auffälligkeiten erkennen ließ, wurde auf eine histologische Aufarbeitung verzichtet.

2. Bei 5 Tieren wurde zusätzlich eine direkte Beschallung beider Augen durchgeführt (Intensität III, Stoßwellenzahl 500). Hierbei interessierte die Frage, inwieweit die über die Fissura orbitalis nach intracerebral gelangten Stoßwellen eine Schädigung des Gehirngewebes verursachen können.

Elektromyographie (EMG) des N. facialis

Bei allen Tieren des chronischen Versuches wurde vor Behandlung eine elektromyographische Ableitung nach elektrischer Reizung des N. facialis durchgeführt. Zur Ableitung der Potentiale dienten eine unipolare Nadelelektrode und eine indifferente Oberflächenelektrode. Mit einer Filzelektrode wurde epikutan am Stamm des Nervus facialis ein Rechteckreiz von 3,7–4,0 mA und einer Dauer von 0,2 mSek. appliziert.

Unmittelbar vor Tötung der Tiere, d. h. 4 Wochen nach der letzten Stoßwellenapplikation, wurde die Kontrolluntersuchung durchgeführt und mit dem jeweiligen Referenz-EMG vergli-

Tab. 2 Aufbau der tierexperimentellen Untersuchungen

Tab. 2.1 Verteilung der Intensitäten, der Stoßwellenzahl und der beschallten Parotiden im akuten Versuch

Intensitäten	I	III	IV	Σ
Stoßwellenzahl				
250	–	3	3	6
500	3	5	5	13
1000	3	5	5	13
				Σ32

Tötung der Tiere drei Stunden nach einmaliger Beschallung

Tab. 2.2 Verteilung von Intensitäten, Stoßwellenzahl und beschallten Parotiden im chronischen Versuch 1 und 2

Intensitäten	chronisch 1				chronisch 2
	I	III	IV	Σ	III
Stoßwellenzahl					
250	–	–	–	–	–
500	3	4	3	10	4
1000	3	4	3	10	4
				Σ 20	Σ 8

Tötung der Tiere vier Wochen nach letzter Beschallung. Einmalige Stoßwellenapplikation im chronischen Versuch 1, dreimalige Beschallung im Abstand einer Woche im chronischen Versuch 2.

chen. Beurteilt wurden die Auslösbarkeit und die Form der Potentiale, außerdem wurde auf das Auftreten von pathologischen Spontanaktivitäten geachtet.

Die Untersuchungen erfolgten in Narkose (s. o.).

Alpha-Amylase

a) Alpha-Amylasebestimmung

Nach Ohrvenenpunktion erfolgte die Bestimmung der Enzymaktivität der alpha-Amylase in heparinisiertem Vollblut spiegelreflexionsphotometrisch (Reflotron, Fa. Boehringer, Mannheim).

Bei allen Tieren wurde vor Versuchsbeginn ein Tagesprofil (Messungen im Abstand von jeweils acht Stunden über drei Tage) der Enzymaktivität erstellt.

Um etwaige stoßwellen-induzierte Veränderungen der Enzymaktivität zu erfassen, wurden 2 Stunden (akuter Versuch) sowie 2, 24 und 168 Stunden (chronischer Versuch) nach Schockwellentherapie Vergleichsmessungen durchgeführt.

b) Statistik

Eine mögliche Abhängigkeit der alpha-Amylase-Aktivität von der Tageszeit wurde mittels einer Kovarianzanalyse mit Wiederholungsfaktor und Kovariate Körpergewicht durchgeführt. Zuvor wurden die Daten transformiert und anschließend mit Hilfe von „normal probability plots“ auf Normalverteilung geprüft. Die Analysen wurden unter Benutzung der BMDP-Programme 2V und 5D erstellt.



Abb. 3 Subfasziale Einblutung im Bereich der Regio parotidea des Kaninchens nach Schockwellenapplikation

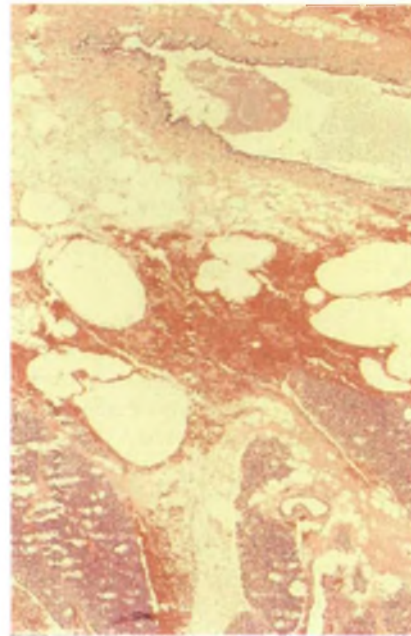


Abb. 4 Frische Einblutung in Drüsenlobuli der Gl. parotidea des Kaninchens – Stoßwellenapplikation 3 Stunden zurückliegend

Mit Hilfe des Rangsummentests von Wilcoxon-Mann-Whitney für paarige Stichproben (12) wurde untersucht, ob sich die Enzymaktivitäten vor und nach Stoßwellenapplikation signifikant voneinander unterscheiden. Die Analysen wurden unter Verwendung des Statistik-Programmpaketes SPSS/PC+ V2.0 durchgeführt.

Ergebnisse

In-vitro-Untersuchungen

Die Stoßwellenapplikation (1000 Stoßwellen, Intensität 3) rief weder an dem intraoperativ entnommenen Parotisanteil, noch an dem im Rahmen von pathologisch-anatomischen Sektionen gewonnenen Gewebe (Gl. submandibularis, A. carotis communis, Nervus femoralis, Rippe) makroskopisch oder lichtmikroskopisch faßbare Läsionen hervor.

Tierversuche

1. Weder im akuten noch im chronischen Versuch zeigten die Tiere nach Applikation der Schockwellen auf die Parotisregion klinische Auffälligkeiten. Insbesondere ergaben sich keine abnormen neurologischen Befunde.

Makroskopische und mikroskopische Gewebebeurteilung

a. akuter Versuch

Bei drei der insgesamt 32 behandelten Parotisregionen waren im Verlaufe der Sektion makroskopisch subfasziale Einblutungen über der Ohrspeicheldrüse (Abb. 3) feststellbar. Die Behandlung dieser Tiere war bei Intensitätsstufe 3 mit 1000 Stoßwellen und bei Intensitätsstufe 4 mit 500 und 1000 Stoßwellen durchgeführt worden.

Lichtmikroskopisch fanden sich bei 8 der 32 behandelten Gesichtshälften kleine frische Einblutungen. Diese Blutun-

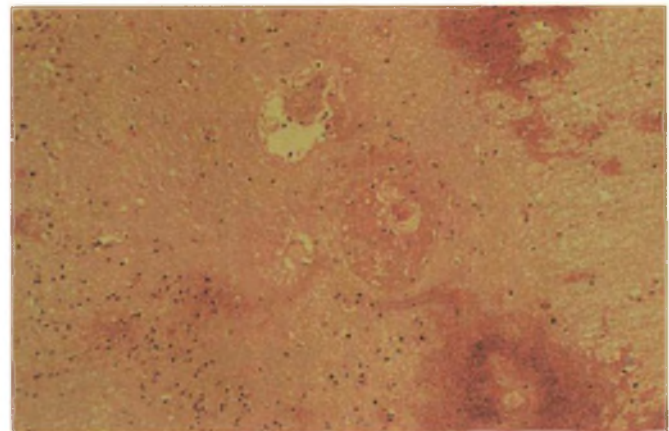


Abb. 5 Veränderungen nach gezielter Stoßwellenapplikation auf das Auge mit Fortleitung der Stoßwellen durch die Fissura orbitalis nach intrakraniell: perivaskuläre Ödeme und Hämorrhagien im subkortikalen Bereich des Kaninchen-Großhirns

gen betrafen das periglanduläre Binde- und Lymphgewebe, den an die Gl. parotidea angrenzenden Teil des Ohrknorpels sowie Drüsenlobuli (Abb. 4). Die Aufteilung dieser Läsionen auf die verschiedenen Intensitätsstufen und Stoßwellenanzahlen ergab keine Abhängigkeit der makroskopisch und mikroskopisch nachweisbaren Veränderungen von der Impulsintensitätsstufe und/oder der applizierten Stoßwellenanzahl. In keinem Fall waren morphologische Veränderungen der Gefäß-, Nerven- und Drüsenstrukturen nachweisbar.

b. chronischer Versuch

Weder die Autopsie mit makroskopischer Beurteilung noch die anschließende lichtmikroskopische Untersuchung ergaben morphologisch faßbare Or-

ganveränderungen. Durch die Schockwellentherapie wurden keine chronischen strukturellen Gewebsveränderungen hervorgerufen.

2. Vier der fünf Tiere, deren Augen im Rahmen einer gesonderten Untersuchungsreihe einer direkten Schockwellenapplikation ausgesetzt worden waren, wiesen klinisch neurologische Auffälligkeiten auf. Es zeigten sich insbesondere Koordinationsstörungen, welche eine weitere Nahrungsaufnahme unmöglich machten.

Makroskopisch imponierten bei zwei Tieren ein umschriebenes Hämatom sowie zystische Veränderungen des Gehirngewebes. Lichtmikroskopisch konnten perivaskuläre Ödeme und Hämorrhagien im subkortikalen Bereich des Kaninchen-Großhirns nachgewiesen werden (Abb. 5).

Amylase

Die Enzymaktivität der Kaninchen-alpha-Amylase war nicht signifikant abhängig von Tageszeit ($p = 0,12$) oder Körpergewicht ($p = 0,35$).

Die Stoßwellenapplikation auf die Parotisregion ergab weder im akuten noch im chronischen Versuch statistisch signifikante Veränderungen der Enzymaktivität.

Elektromyographie des Nervus facialis

Die Elektromyographie des Nervus facialis ergab keinerlei Hinweise auf funktionelle Beeinträchtigungen des Gesichtsnerven infolge der Stoßwellenapplikation.

Weder ließen sich pathologische Spontanaktivitäten noch sonstige abnorme elektromyographische Befunde erheben. Jeder Reiz wurde mit einer kräftigen, gut sichtbaren Muskelaktivität sowie mit normalen Muskelaktionspotentialen beantwortet.

Diskussion

Die extrakorporale Stoßwellenlithotripsie wurde zu Beginn der 80er Jahre in die Behandlungsmaßnahmen der Urolithiasis eingeführt (15).

In der Behandlung der Harnsteine setzte sich dieses Therapieprinzip rasch durch, so daß die rein chirurgisch-operative Steintherapie verlassen ist bzw. nur noch in Ausnahmefällen zum Einsatz kommt. In Analogie zur Nierensteinlithotripsie wurde das Stoßwellenverfahren 1985 erstmals zur Gallensteinlithotripsie erfolgreich eingesetzt (10). Auch im Bereich der Gastroenterologie beginnt die Stoßwellenlithotripsie die chirurgischen Verfahren zurückzudrängen bzw. teilweise zu ersetzen:

Neben der Zertrümmerung von Gallenblasensteinen liegen inzwischen auch Berichte über erfolgreiche Fragmentationen von Gallengangsteinen und Pankreasgangsteinen vor (3, 6, 11). Nachdem erste In-vitro-Untersuchungen eine zuverlässige Fragmentation von Speichelsteinen mittels der extrakorporalen piezoelektrischen Lithotripsie nachweisen konnten (5), ergab die Stoßwellen

applikation auf menschliches Gewebe (in vitro) sowie auf die Parotisregion des Kaninchens (in vivo) unabhängig von der Intensität der applizierten Stoßwellen im akuten und chronischen Versuch keine bleibenden Gewebeschäden. Abgesehen von geringfügigen Einblutungen in das Drüsen-gewebe zeigten sich in keinem Fall morphologische Veränderungen der Gefäß-, Nerven- und Drüsenstruktur. Diese Befunde stehen in Einklang mit den tierexperimentellen Ergebnissen der Applikation von Schockwellen auf Gallenblase, Leber und Niere, bei denen ebenfalls keine schwerwiegenden morphologischen Veränderungen festgestellt werden konnten (2, 4).

Bei der Stoßwellenapplikation auf die Parotisregion des Kaninchens konnten weder strukturelle (Histologie) noch funktionelle (EMG) Veränderungen des Nervus facialis festgestellt werden. Allerdings führte die gezielte Schockwellenapplikation auf das Auge mit Fortleitung in das Gehirn über die Fissura orbitalis zu klinisch und morphologisch eindeutig faßbaren Veränderungen. Diese Gefährdung des Zentralnervensystems erscheint jedoch nur bei ungehindertem Zugang der Stoßwellen ohne Möglichkeit der Absorption bzw. Reflektion der Schockwellen durch umgebendes Gewebe gegeben. Die topographische Anatomie der großen Kopfspeicheldrüsen des Menschen, insbesondere der Abstand der Speicheldrüsen von zentral-nervösen Strukturen, schließen eine Gefährdung des Patienten bei Verwendung eines piezoelektrischen Stoßwellengenerators weitgehend aus.

Bei dem von uns benutzten Stoßwellengenerator handelt es sich um einen piezoelektrischen Lithotriktor der sogenannten zweiten Generation (Piezolith 2300). Dieser Lithotriktor weist gegenüber den Stoßwellengeneratoren der ersten Generation entscheidende Vorteile auf: Während bei Stoßwellengeräten der ersten Generation der gesamte Körper des Patienten sich in einer mit entgastem Wasser gefüllten Badewanne befinden mußte, ist bei piezoelektrischen Lithotriptoren nur eine auf das unmittelbare Zielgebiet begrenzte Wasserankoppelung erforderlich. Der elektrohydraulische Lithotriktor der ersten Generation machte außerdem aufgrund der hohen Energieinkoppelung in den Körper eine Allgemein- oder zumindest Regionalanästhesie erforderlich (1). Diese Umstände erklären, warum bisher eine ernsthafte Beschäftigung mit der extrakorporalen Lithotripsie von Speichelsteinen nicht sinnvoll erschien (8). Hinsichtlich der Schädigung der den Stein umgebenden Gewebestrukturen ist es von Bedeutung, daß der piezoelektrische Lithotriktor im Vergleich zum elektrohydraulischen Lithotriktor der ersten Generation ein um den Faktor 1000 kleineres Fokusvolumen ohne unfokussiert auftreffende Schallpulsanteile aufweist (1). Auch im Vergleich mit den anderen Lithotriptoren der zweiten Generation (elektrohydraulisches Prinzip: MPL 9000 Dornier, Sonolith 3000 Technomed; elektromagnetisches Prinzip: Lithostar, Siemens) verfügt der Piezolith mit $11 \times 5 \times 3$ mm über die mit Abstand kleinste Stoßwellenfokusdimension und bietet damit die größtmögliche Sicherheit bei Anwendung im Kopf-Hals-Bereich.

Weitere Vorteile des piezoelektrischen Lithotripsie-Systems liegen in der genauen sonographischen Ortung und der hierdurch entfallenden Röntgenbelastung. Da wie oben bereits erwähnt, keine unfokussier-

Druckwellen auftreten, werden keine Extrasystolen induziert; eine EKG-Triggerung bzw. ein Ausschluß von Schrittmacherträgern ist nicht erforderlich (1).

Neben dem kleinen Fokusareal ist die exakte sonographische Steinortung zur genauen Applikation der Stoßwellenenergie auf das Konkrement von entscheidender Bedeutung, um einerseits die gewünschte Steinfragmentation zu erreichen und andererseits Gewebsschäden insbesondere zentral-nervöser Strukturen zu vermeiden. Diese Forderung wird durch die Tatsache unterstrichen, daß bei gezielter Applikation der Stoßwellen auf das Auge und Eindringen von Schockwellen über die Fissura orbitalis ins Gehirn bei 4 von 5 Tieren neurologische Auffälligkeiten auftraten. Histologisch ließen sich stoßwelleninduzierte strukturelle Gehirnschäden nachweisen.

Ein wesentlicher Vorteil des piezoelektrischen Lithotripsie-Systems (Piezolith 2300) besteht darin, daß bei Behandlung von Nieren-, Gallen- und Pankreasgangsteinen eine Anästhesie, Sedierung oder Analgesie nicht erforderlich ist (3, 6, 14). Ob dies auch bei der Anwendung im Kopf-Hals-Bereich, also in einer Region mit erheblich höherer Sensibilität möglich ist, muß abgewartet werden. Es ist jedoch wahrscheinlich, daß auch hier die bekannten Unterschiede zu den elektromagnetischen (Lithostar, Siemens) und elektrohydraulischen (MPL 9000, Dornier; Sonolith 3000, Technomed) Lithotriptoren bezüglich der Analgesiebedürftigkeit in der gleichen Relation nachweisbar sein werden.

Faßt man unsere experimentellen Untersuchungen zur Gewebereaktion unter piezoelektrischer Stoßwellenapplikation zusammen, so erscheint der Einsatz der extrakorporalen piezoelektrischen Lithotripsie zur nicht-operativen Therapie der Sialolithiasis gerechtfertigt. Neben der zuverlässigen Positionierung des Patienten ist eine sichere Ortung des Konkrementes zu beachten. Unter Einhaltung dieser Kriterien sind gravierende Nebenwirkungen bei Einsatz des piezoelektrischen Stoßwellenprinzips nicht zu erwarten.

Da jedoch erst die klinische Anwendung an Patienten mit Speicheldrüsenkonkrementen verlässliche Aussagen über die Sicherheit des Verfahrens, über seine Fragmentationseffizienz in vivo und schließlich über die erreichbaren Steinfreiheitsraten ermöglichen kann, sollten Speichelsteinbehandlungen mittels piezoelektrischer Stoßwellen nur unter kontrollierten Bedingungen im Rahmen prospektiver klinischer Studien durchgeführt werden.

Literatur

- ¹ Coleman, A. J., J. E. Saunders: Comparison of extracorporeal shock-wave lithotripters. *Lithotripsy II*, B. D. I. Publishing London (1987) 121–131
- ² Delius, M., G. Enders, Z. Xuan, H. G. Liebich, W. Brendel: Biological effects of shockwaves: kidney damage by shockwaves in dogs – dose dependence. *Ultrasound in Med. + Biol.* (in press)
- ³ Ell, Ch., W. Kerzel, N. Heyder, E. Günter, W. Rödl, H. Flügel, W. Domschke: Piezoelektrische Lithotripsie von Gallensteinen. *Dtsch. med. Wschr.* 113 (1988) 1503–1507
- ⁴ Ell, Ch., W. Kerzel, H. Langer, N. Heyder, U. Mischke, P. Hermnek, W. Domschke: Tissue reactions under piezoelectric shockwave application for the fragmentation of biliary calculi GUT (in press)
- ⁵ Iro, H., J. Meier, N. Nitsche, P. M. Wirtz, Ch. Ell: Extrakorporale piezoelektrische Lithotripsie von Speichelsteinen. *HNO* 37 (1989) 365–368
- ⁶ Kerzel, W., Th. Schneider, N. Heyder, D. Strobel, W. Matek, E. G. Hahn, Ch. Ell: Piezoelectric ultrasonographically guided lithotripsy of pancreatic duct stones. *Endoscopy* (in press)
- ⁷ Kenefick, J. S.: Some Aspects of Salivary Gland Disorders. *Proc. R. Soc. Med.* 68 (1975) 283–285
- ⁸ Marmary, Y.: A novel and non-invasive method for the removal of salivary gland stones. *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.* 15 (1986) 585–587
- ⁹ Popescu, V.: Klinisch-therapeutische Bemerkungen zu der Sialolithiasis. *Zahnärzte-Kalender der DDR*. VEB-Verlag Volk und Gesundheit, Berlin (1964)
- ¹⁰ Sauerbruch, T., M. Delius, G. Paumgartner, J. Holl, O. Wess, W. Weber, W. Hepp, W. Brendel: Fragmentation of gallstones by extracorporeal shockwaves. *New Engl. J. Med.* 314 (1986) 818
- ¹¹ Sauerbruch, T., M. Stern et al.: Fragmentation of bile duct stones by extracorporeal shock waves. *Gastroenterology* 96 (1989) 146–152
- ¹² Snedecor, G. W., W. G. Cochran: *Statistical methods*. 7th ed. Ames, Iowa: Iowa State University (1980)
- ¹³ Yoel, J.: *Pathology and Surgery of the Salivary Glands*. Springfield III., Charles C. Thomas Publisher, Chap. 22 (1975)
- ¹⁴ Ziegler, M., B. Kopper, R. Riedlinger, H. Wurster, F. Ueberle, D. Neisius, W. Krauss, P. Vallon, T. Gebhardt: Die Zertrümmerung von Nierensteinen mit einem piezoelektrischen Gerätesystem. *Urologe (A)* 25 (1986) 193–197
- ¹⁵ Zwergel, T., D. Neisius, U. Zwergel, M. Ziegler: Extrakorporale Stoßwellenlithotripsie zur Therapie der Urolithiasis. *Z. Urol. Nephrol.* 81 (1988) 129–139

Dr. H. Iro

Univ.-HNO-Klinik
Waldstr. 1
D-8520 Erlangen