

**5. Workshop
Automatisierungstechnische
Verfahren für die Medizin vom
15.-16. Oktober 2004 in
Saarbrücken**



**„Intraoperative Ultraschallspektroskopie zur
Charakterisierung von Hirngewebe“**

M. Strowitzki, R. Ketter, W. I. Steudel
Klinik für Neurochirurgie, Universitätsklinikum des Saarlandes, Homburg, Deutschland
E-Mail: martin.strowitzki@uniklinikum-saarland.de

K. V. Jenderka
Physikalisch-Technische Bundesanstalt Braunschweig, Braunschweig, Deutschland

S. Brand
MPCS Department, Ryerson University Toronto, Kanada

Band: „Tagungsband, Automed 2004“
Editors: W. I. Steudel
ISBN: 3-00-013509-X
Pages: 23-24

Intraoperative Ultraschallspektroskopie zur Charakterisierung von Hirngewebe

M. STROWITZKI¹, K. V. JENDERKA², S. BRAND³, R. KETTER¹, W. I. STEUDEL¹

¹Klinik für Neurochirurgie, Universitätsklinikum des Saarlandes, Kirrberger Straße, 66421 Homburg/Saar

²Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig (PTB)

³Ryerson University, Toronto, CA-Kanada

E-Mail: martin.strowitzki@uniklinikum-saarland.de

EINLEITUNG

Die Beurteilung von Ultraschallbildern obliegt in der Regel der subjektiven Einschätzung des Untersuchers. Zur Bildgebung wird nur ein Teil der in den Hochfrequenzsignalen enthaltenen Informationen verwendet, nämlich die Amplituden der Einhüllenden des hochfrequenten Echo-Signals. In der Neurochirurgie wird der intraoperative Ultraschall vor allem zur Lokalisation der zu operierenden Läsion und zur anschließenden Resektionskontrolle eingesetzt. Durch die oben erwähnte subjektive Einschätzung ist aber insbesondere die Randbeurteilung einer Läsion nicht immer eindeutig [Jödicke 2004]. Daher ist in den letzten Jahren versucht worden, durch Analyse von Textur- und Spektralparametern des Ultraschallbildes eine Gewebetypisierung durchzuführen. Die Majorität dieser Untersuchungen wurde an Prostata- und Hodengewebe durchgeführt [Jenderka 1999], [Jenderka2000], [Loch1999], [Scheipers2003], [Schmitz1999]. Ziel dieser Studie ist zunächst die Analyse der Spektralparameter intraoperativ abgeleiteter Ultraschallbilder von eindeutig identifizierbaren und nichtinfiltrativ wachsenden Meningeomen im Vergleich zum umliegenden Gewebe. Die Untersuchung infiltrativer Prozesse ist nicht Gegenstand der vorliegenden Arbeit.

MATERIALIEN UND METHODEN

Die Hochfrequenzdaten wurden nach Modifikation eines handelsüblichen Ultraschallgerätes (Hitachi CS 9600) vor der Tiefenkorrektur (TGC) abgegriffen und über eine Transientenrekorderkarte (Fa. Spectrum) in einen PC eingelesen und mit einer selbst entwickelten Software analysiert. Hierzu wurde ein modifiziertes physikalisches Modell zur Beschreibung des vom Ultraschallgerät empfangenen Rückstreusignals entwickelt:

Für das vom Wandler empfangene Rückstreusignal $A(s, f)$ des beschallten Probenvolumens wird mit $A_0(f)$ als Sendesignal des Wandlers angesetzt:

$$A(s, f) = A_0(f) W_{S/E}(f) T_0^2 e^{-2\alpha_0(f)s_0} \\ D(s, f) H(s, f) E(s, f) V_{TGC}(s, f)$$

s.....Weg
f.....Frequenz
 α_0Dämpfung in der Vorlaufstrecke
 s_0Länge der Vorlaufstrecke
WS/E.....elektroakustische Übertragungsfunktion des Wandlers
 T_0Transmissionskoeffizient der Grenzfläche Koppelmedium / Gewebe
DSchallfeldcharakteristik Senden
E.....Schallfeldcharakteristik Empfang
HProbenfunktion
VTGC.....tiefenabhängige Verstärkung

Nach Fourier-Transformation und cepstraler Glättung lassen sich Dämpfung und Rückstreuung berechnen in vorzuwählenden regions-of-interest (ROI). Das individuelle Schallfeld des eingesetzten Ultraschallkopfes muß zuvor am Phantom bestimmt werden und geht als Korrekturfunktion in die Analyse ein.

Intraoperativ gemessen wurden 11 Patienten mit der Diagnose Meningeom, die jeweils histologisch bestätigt werden konnte. Messfelder wurden sowohl in die eindeutig als tumoral zu identifizierenden Regionen des Ultraschall-B-Bildes als auch in unmittelbar benachbarte, im Ultraschall-B-Bild ebenfalls eindeutig als peritumoral zu identifizierende Regionen gelegt. Pro Patient wurden zwischen 2 und 15 Meßfelder je nach Größe des Tumors ausgewertet. Bestimmt wurden die frequenzabhängige Dämpfung und die frequenzabhängige Rückstreuung.

ERGEBNISSE

Meningeome zeigen überwiegend ein homogenes Muster der akustischen Parameter. Dennoch war bei der Verwendung grenzwertig kleiner ROI's im Einzelfall eine deutliche Inhomogenität zu verzeichnen. Zur Kompensation wurden in diesen Fällen große ROI's gewählt und über eine größere Anzahl gemittelt. Unter diesen Voraussetzungen zeigte sich bei 8 von 11 Patienten im tumoralen Gewebe bei der Mittenfrequenz des eingesetzten Wandlers von 5 MHz eine deutlich geringere Dämpfung im Vergleich zum unmittelbar benachbarten Gewebe, wobei hier nicht zwischen unauffällig imponierendem und ödemisiertem Gewebe unterschieden wurde. In einem Fall konnte kein Unterschied zwischen tumoralen und peritumoralen Gewebe detektiert werden, in 2 Fällen war die Dämpfung im Tumor deutlich höher (Abb. 1). Bezüglich der frequenzabhängigen Rückstreuung konnte

kein richtungweisender Unterschied zwischen tumoralem und peritumoralem Gewebe aufgezeigt werden.



Abb. 1: Frequenzabhängige Dämpfung der untersuchten Meningeome (n=11)

DISKUSSION

Die quantitative Analyse akustischer Gewebeparameter kann zur Gewebecharakterisierung herangezogen werden. Dies gilt sowohl für Texturparameter als auch für Spektralparameter [Jenderka1999], [Jenderka2000], [Loch 1999], [Scheipers2003], [Schmitz1999]. In der vorliegenden Arbeit wurden exemplarisch zwei Spektralparameter intraoperativ bei Meningeomen untersucht, nämlich die frequenzabhängige Dämpfung und die frequenzabhängige Rückstreuung. Eindeutig als tumoral zu identifizierende Regionen zeigten in 8 von 11 Fällen eine deutlich geringere Dämpfung, einmal war kein Unterschied zu ermitteln. Einer der beiden "Ausreisser" lässt sich durch die anatomische Lage des Tumors auf der knöchernen Schädelbasis erklären. Auch intratumorale Verkalkungen können das spektrale Verhalten beeinflussen. Die Interpretation der Ergebnisse der frequenzabhängigen Rückstreuung muss noch mit Vorsicht erfolgen. Hier ist noch die Korrektur der Dämpfung im der ROI vorgelagerten Gewebe erforderlich, was zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht realisiert werden konnte. Möglicherweise ergeben sich hier dann neue Erkenntnisse.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Es konnte gezeigt werden, dass prinzipiell eine intra-

operative Gewebecharakterisierung durch Analyse akustischer Parameter möglich ist. Zum jetzigen Zeitpunkt ist aber noch keine Aussage über die Spezifität des Verfahrens bezüglich unterschiedlicher Tumorentitäten möglich. Fernziel bleibt die Beurteilung unklarer, im B-Bild nicht eindeutig zuzuordnender Gewebeabschnitte namentlich in Randgebieten intrazerebraler Läsionen.

Danksagung

Die Arbeit wird gefördert von der Wilhelm Sander-Stiftung (Projekt-Nr. 2002.083.1).

LITERATUR

- [Jenderka2000]
K. V. Jenderka, T. Gärtner, U. Cobet, M. Zacharias, H. Heynemann, "Tissue characterization by imaging the local frequency dependent relative backscatter coefficient" *Proc SPIE* Vol 3982, p 270, 2000
- [Jenderka1999]
K. V. Jenderka, T. Gärtner, M. Zacharias, H. Heynemann, U. Cobet, "System independent tissue typing of human testis and prostate", *IEEE Ultrason Sympos* Vol 2, p 1377, 1999
- [Jödicke2004]
A. Jödicke, *persönliche Mitteilung*, 2004
- [Loch1999]
T. Loch, I. Leuschner, C. Genberg, K. Weichert-Jacobsen, F. Küppers, Y. Yfantis, M. Evans, V. Tsarev, M. Stöckle, "Artificial neural network analysis (ANNA) of prostatic transrectal ultrasound", *Prostate* Vol 39, p 198, 1999
- [Scheipers2003]
U. Scheipers, H. Ermert, H.-J. Sommerfeld, M. Garcia-Schürmann, T. Senge, S. Philippou, "Ultrasonic multifeature tissue characterization for prostate diagnostics", *Ultrasound Med Biol* Vol 29, p 1137, 2003
- [Schmitz1999]
G. Schmitz, H. Ermert, T. Senge, "Tissue characterization and imaging of the prostate using radio frequency ultrasonic signals", *IEEE Trans Ultrason Ferroelectr Freq Control* Vol 46, p 126, 1999