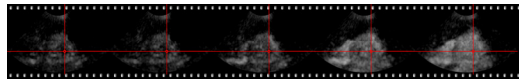


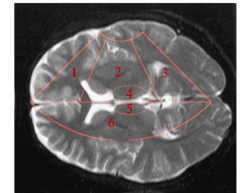
1. Motivation

• Schlaganfall ist dritthäufigste Todesursache in EU
 • Frühe Erkennung ermöglicht rechtzeitige Therapie
 • Gold-Standard sind MRT und Perfusion-CT

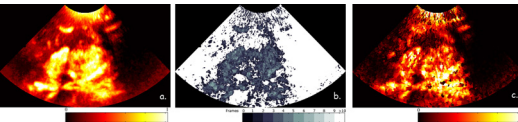
- Aufwendig
- Stationär
- Nicht überall verfügbar
- Kostspielig
- Nicht sofort einsetzbar
- Nicht bei allen Patienten einsetzbar



Ultraschallbildsequenz: Perfundierte Areale steigern zunächst Ihre Echogenität durch die Anflutung des UKM. Die Bilder wurde 3,6,9,12 und 15 Sekunden nach UKM Bolusinjektion aufgenommen. Nichtperfundierte Gebiete reflektieren den Schall wenig. Mit rot ist eine spezielle Gehirnkoordinate markiert, zu welcher ein Zeit-Intensitätsverlauf aus der gesamten Bildsequenz ermittelt werden kann.



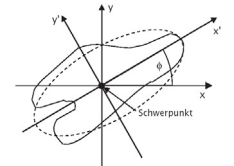
Projizierter US-Kegel in MR-Schichtaufnahme des Gehirns (6 Regionen werden unterschieden). 1. Vorderes 2. mittleres 3. hinteres Mediaterritorium 4. ipsilateraler 5. kontralateraler Thalamus 6. kontralaterales Mediaterritorium



Drei verschiedene Parameterbilder: a. Peak-Intensität Bild. Je heller ein Pixel ist, desto höher ist die korrespondierende Perfusion im abgebildeten Gehirnteil. b. Time to Peak Bild. Je heller ein Pixel ist, desto länger dauert die Kontrastmittelanflutung. Bei weißen Pixeln ist das „wash-in“ länger als 15 Sekunden. c. Area Under Curve Parameterbild bezeichnet die Fläche unter der Zeit-Intensitätskurve beginnend vom Signalanstieg. Je heller ein Pixel, desto größer ist die Fläche unter der Kurve und somit die Perfusion des Gewebes.

2. Transkraniale Perfusionssonographie

• Transkraniale Perfusionssonographie ermöglicht sichere Untersuchung am Patientenbett^[1]
 • Basierend auf Flussgeschwindigkeit (Doppler) oder Kontrastmittel (Harmonic Imaging)^[2,3]
 • UKM besteht aus Mikrobläschen in wässriger Suspension
 • HI nutzt akustische Eigenschaften der Bläschen (Reflexion harmonischer Schwingungen)^[4]
 • Bolus Harmonic Imaging misst die Boluskinetik des UKM im Gehirngewebe
 • Aus BHI Sequenz werden Parametrische Bilder erstellt, die zur Befundung herangezogen werden^[5]



Exzentrizität ist vergleichbar mit dem Anpassen einer Ellipse, welche das Objekt hinsichtlich Schwerpunkt und Trägheit bestmöglich wiedergibt. Das Ergebnis der Berechnung der Exzentrizität ist ein Maß für die Rundheit.

Bildaufnahme

Klassifizierung der Kinetik

Verschmelzung von Clustern

Artefaktdetektion

Artefaktentfernung

Entfernung kontralateraler Gehirnteil

Generierung des Perfusionbildes

3. Material und Methoden

• Kinetik des UKM bei Bolusinjektion besitzt charakteristischen Verlauf (Dynamik, Zeit-Intensitätskurve)
 • Gewebe kann aufgrund der Dynamik in perfundiertes und nichtperfundiertes Gewebe eingeteilt werden^[7]

• Klassifikation geschieht unüberwacht mit dem K-Means Verfahren in 5 Cluster
 • Verschmelzung von Clustern, die Perfusionsdefekte charakterisieren
 • Verschmelzung von Clustern, die normal perfundiertes Areal darstellen

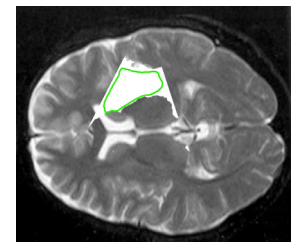
• Das resultierende Binärbild beinhaltet neben Perfusionsdefekten auch Streifenartefakte
 • Erkennung von Streifenartefakten über geometrisches Moment 2. Grades Exzentrizität^[8] definiert als:

$$\varepsilon = \frac{(m_{2,0} - m_{0,2})^2 - 4m_{1,1}^2}{(m_{2,0} - m_{0,2})^2}$$

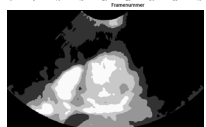
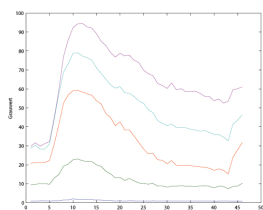
• Entfernung dieser Streifenartefakte

• Entfernung des Kontralateralen Gehirnteils

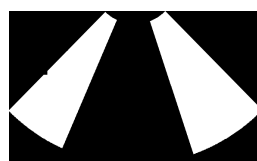
• Resultat ist Binärbild, in welchem Perfusionsdefekte weiß markiert sind



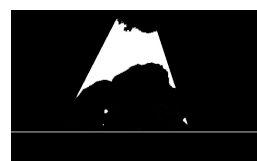
Automatisch erkannte Ischämie projiziert auf eine MR Aufnahme. Die Größe der Ischämie ist im Verhältnis zur Gehirngröße sichtbar.



Oben: typische Kontrastmittelkinetiken
 Unten: Clusterbild nach Klassifizierung



Oben: Nach Verschmelzung charakteristischer Cluster zu einem Binärbild
 Unten: Erkannte Streifenartefakte



Oben: Nach Artefaktentfernung
 Unten: Nach Entfernung des kontralateralen Gehirnteils

4. Ergebnisse

- 26 Ultraschalldatensätze 16 verschiedener Patienten vorhanden
- Kontrolluntersuchung bescheinigt 16 ischämische, 10 nicht ischämische Befunde
- Verfahren erkennt ischämisches Gehirngewebe, wenn mindestens 66% Überdeckung mit Kontrolle vorhanden ist und erkannte Region größer als 3cm²
- Validierung durch 2 klinische Experten
- In 22 Fällen konnten Kontrollbefunde bestätigt werden
- Sensitivität: 81,25%
- Spezifität: 90,0%

5. Diskussion und Schlussfolgerungen

- Erkennung von Perfusionsdefekten ist robust gegenüber Rauschen
- Schnelle Echt-Zeit Berechnung möglich
- Bei nichtvorhandener Ischämie werden der kontralaterale Gehirnteil und die Streifenartefakte markiert
- Artefakterkennung ist notwendig
- Automatische Erkennung von Perfusionsdefekten ist somit möglich
- Befundgenerierung am Patientenbett
- Einfache Einsetzbarkeit

Literatur

- [1] Burns PN. Harmonic imaging with ultrasound contrast agents in *Clinical Radiology*. Vol.51 (1996): pp. 50.
- [2] Eydung J, Postert T, Wilkening W. Brain perfusion and ultrasonic imaging techniques in *European Journal of Ultrasound*. Vol.16 (2002): pp. 91-104.
- [3] Nanda NC, Schlieff R. *Advances in Echo Imaging Using Contrast Enhancement*. Kluwer Academic Publishers, 1 ed.1993.
- [4] Martina AD, Seidel G., Meyer-Wiethe K, Allemann E. Ultrasound Contrast Agents for Brain Perfusion Imaging and Ischemic Stroke Therapy - Instrumentation in *Practice in Journal of Neuroimaging*. Vol.33, No. 1 (2005): pp. 1530-1537.
- [5] Metzler V, Seidel G, Meyer-Wiethe K, Wiesmann M, Aach T. Perfusion Harmonic Imaging of the Human Brain. In: *SPIE Medical Imaging 2003, Ultrasonic Imaging and Signal Processing*. Vol. 5035 San Diego, CA, 2003, pp. 337-348.
- [6] Gray H. *Gray's Anatomy of the Human Body*. Vol.9. Philadelphia: Lea & Febige, 20 ed.1918.
- [7] Maciak A, Kier C, Seidel G, Meyer-Wiethe K, Aach T. Parameterfreie Erkennung von Ischämien mit ultraschallbasierendem Harmonic Imaging. In: *Proceedings BMT 6-9. September 2006*. Vol. 1, No. 76, Zürich, 2006. - ISSN 0939-4990.
- [8] Teague MR. Image analysis via the general theory of moments in *Optical Society of America*. Vol.70 (1979): pp. 920-930.