

Laryngoskop mit integrierter OCT-Bildgebung zur Beurteilung von Stimmlippenveränderungen

Holger Lubatschowski, Henning Wisweh, Kathrin Alexandrov

Laser Zentrum Hannover e.V.

Die Optische Kohärenztomographie (OCT) ist eine bildgebende Methode zur Darstellung einzelner Schichten von biologischem, transparentem und streuendem Gewebe. Ähnlich der Sonographie werden rückgestreute und reflektierte Signale zur Bilderzeugung herangezogen. Anstelle von Schallwellen wird jedoch infrarotes Licht verwendet, was eine bessere Auflösung ermöglicht (Abb.1). Nachdem das grundlegende Potential der OCT für klinische Anwendungen ansatzweise bereits 1991 demonstriert worden war, wurde dieses Verfahren weiter optimiert. Die OCT fand ihren Einsatz bisher hauptsächlich in der Ophthalmologie und in der Dermatologie.

Die Möglichkeit, Aussagen über oberflächennahe Tiefenstrukturen zu erhalten, ohne invasiv tätig zu sein, ist jedoch nicht nur für äußerlich einfach zugängliche Hautareale bzw. für Gewebestrukturen innerhalb des Auges interessant. Ebenso ist die Untersuchung von Gewebestrukturen in Hohlorganen des Körpers von außerordentlich großer Bedeutung und verspricht ein besonders hohes Anwendungspotenzial. In der Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde werden beispielsweise endoskopische Untersuchungen der Stimmlippen routinemäßig durchgeführt. Jedoch können auf diese Weise nur strukturelle, oberflächlich lokalisierte Stimmlippenveränderungen erkannt werden. Auf funktionelle Stimmlippenveränderungen wird bislang nur indirekt über die Stroboskopie rückgeschlossen. Ist das Schwingungsverhalten der Stimmlippe in dem Bereich der Stimmlippenveränderung stark reduziert oder gar nicht mehr feststellbar, stellt dieses eine Indikation zur Probenentnahme aus der Stimmlippe dar. In diesem Fall muss angenommen werden, dass die Gewebeveränderung in die Tiefe gewachsen ist. Die Indikation zur Probenentnahme, die üblicherweise eine Operation in Vollnarkose bedeutet, wird also nur indirekt über die Beobachtung der Stimmlippenoberfläche getroffen. Es ist mit herkömmlichen Diagnoseverfahren bis dato nicht möglich, eine sichere Information über Tiefenausdehnungen struktureller Veränderungen zu erhalten, ohne einen invasiven Eingriff durchzuführen. Dieser birgt jedoch die Gefahr eines sog. phonatorischen Stimmlippenstillstandes und damit das Risiko einer irreversiblen Heiserkeit.

Die OCT ist daher hervorragend für die Diagnostik der Stimmlippenmorphologie geeignet. Die Eindringtiefe der verwendeten nah-infraroten Strahlung von bis zu 2 mm reicht vollkommen aus, um schichtenübergreifende Prozesse darzustellen. Entzündliche Prozesse, die über die obersten Zellschichten hinaus in die Tiefe reichen, sind verdächtig, maligne (bösartig) zu sein. Hier ist dann die Indikation für eine Probenentnahme in Narkose gegeben.

Die OCT wurde bisher nur experimentell im Kontaktverfahren an der Stimmlippe eingesetzt, indem ein

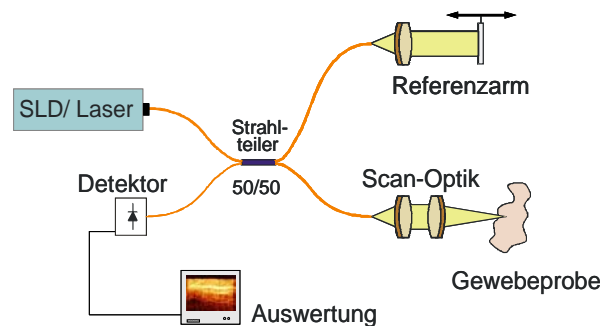


Abb. 1 Prinzip der Optischen Kohärenztomographie (OCT). Licht einer Superlumineszenzdiode oder eines Lasers mit kurzer Kohärenzlänge wird auf einen Referenzarm und die Probe gestrahlt. Das aus beiden Armen reflektierte Licht führt im Detektorarm zu Interferenzsignalen wenn die zurückgelegte Wegdifferenz beider Strecken kleiner ist, als die Kohärenzlänge des Lichtes

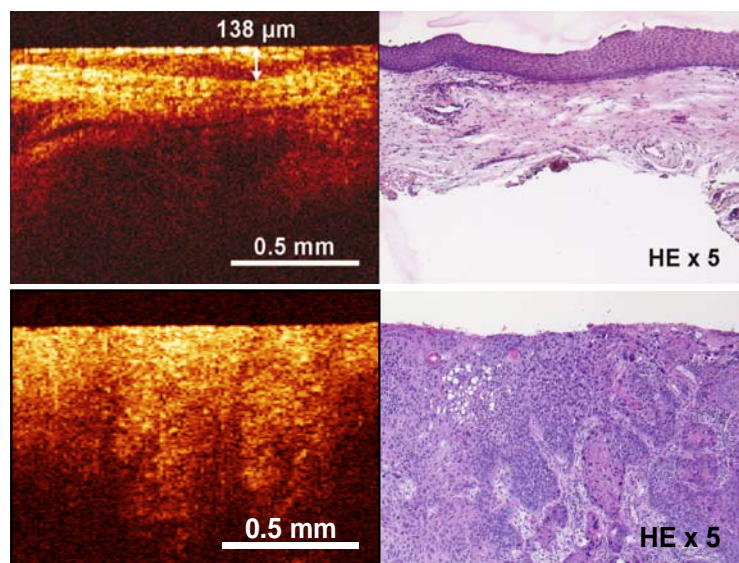


Abb. 2: Vergleich einer OCT-Aufnahme (links) einer menschlichen Stimmlippe mit einem lichtmikroskopischen Präparat (rechts), welches im Rahmen einer Biopsie entnommen wurde. Oben: Normalbefund, deutlich sind die geschichteten Strukturen erkennbar. [Kraft et al.: Optical Coherence Tomography of Larynx; Laryngoscope 117: May 2007]. Unten Karzinom, die Basiliarmembran ist durchbrochen, deutlich sind die Tumorzapfen erkennbar

flexibler Lichtleiter über ein Führungsröhrchen direkt an die Stimmlippe herangeführt wird. Das Handling im Kontaktmodus bedingt allerdings eine Lokal- bzw. Vollnarkose des Patienten. In Abbildung 2 ist ein Ergebnis aus dieser Untersuchung an humanen Stimmlippen dargestellt. Deutlich sind die geschichteten Strukturen der Stimmlippe erkennbar. Darüber hinaus lassen sich deutlich Veränderungen in tiefer liegenden Schichten der Stimmlippe erkennen.

Nicht bei jedem Patienten ist diese Form der Untersuchung problemlos möglich. Insbesondere bei erhöhtem Würgereiz ist die Untersuchung nur unter Vollnarkose durchführbar, was für ein Screening-Test nicht akzeptable Nachteile verursacht. Zudem ist es teilweise sehr schwierig, zu lokalisieren, wo die Scan-Optik auf der Stimmlippe aufgesetzt wurde, da deren Spitze das Blickfeld des Untersuchers einschränkt.

Am Laser Zentrum Hannover wurde daher ein Labormuster realisiert, welches die OCT-Strahlung parallel zu einem konventionellen Laryngoskop in den Rachenraum des Patienten führt (Abb. 3) und OCT-Aufnahmen der Stimmlippe im Non-Kontakt-Verfahren ermöglicht (Abb.4). Obwohl in diesen Bildern die räumliche Auflösung vergleichsweise gering ist, sind dennoch die geschichteten Strukturen der Stimmlippe deutlich zu erkennen. Zusätzlich ermöglichte die schnelle und kontaktfreie Datenaufnahme die Darstellung der bewegten Stimmlippe, welches ähnlich wie bei der Stroboskopie wichtige Informationen über die Dynamik der Stimmlippe liefert.

Problematisch bei der parallelen Konstruktion von OCT-Strahlengang und Laryngoskop ist der Platzbedarf, den diese Bauweise beansprucht. Die parallele Strahlführung erlaubt bisher keine ausreichende Bewegung des Instruments im Rachen des Patienten und verlangt zudem eine hohe Toleranz gegenüber dem Würgereiz, der durch den Kontakt im hinteren Rachenraum ausgelöst wird. Eine Verwendung eines solchen Systems als Screening-Gerät im Rahmen einer Routine-Untersuchung bedarf daher einer sehr viel kompakteren Bauweise.

Unterstützt durch die Arbeitsgemeinschaft Industrieforschung (AiF) wurde jüngst mit dem Bau eines Funktionsmusters begonnen, in dem der Strahlengang des OCT-Messstrahls mit dem abbildenden Strahlengang des Laryngoskops gekoppelt werden soll. Mit einem entsprechend kompakten Funktionsmuster soll im Rahmen einer ersten klinischen Erprobung, die OCT-Untersuchung parallel zur Laryngoskopie eingesetzt werden können.

Mit diesem Funktionsmuster soll gezeigt werden, ob die OCT das Potenzial besitzt, als Screening-Gerät am Kehlkopf eingesetzt zu werden. Das Gerät könnte dabei zusätzliche Informationen über die Stimmlippen-Morphologie und Pathologie unter der Oberfläche liefern (Cysten, Polypen, Granulome, Leukoplakien), ohne einen weiteren Untersuchungsgang einzuleiten. Darüber hinaus soll es bei der Beurteilung von Stimmlippen eingesetzt werden, um zwischen benignen und malignen Stimmlippenbefunden zu unterscheiden, aber auch bei einer Indikation zur Probenentnahme aus der Stimmlippe zu helfen, die Entscheidung zu einer solchen Operation selektiver und sicherer zu gestalten.

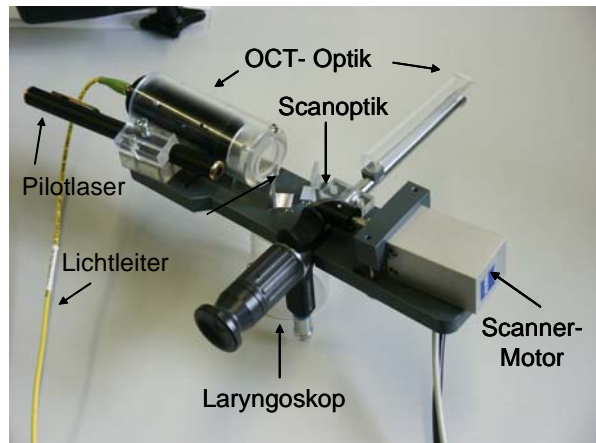


Abb. 3 Anpassung eines OCT-Scanners an ein konventionelles Laryngoskop. Der OCT-Strahlengang wird über eine Optik oberhalb des Laryngoskops geführt.

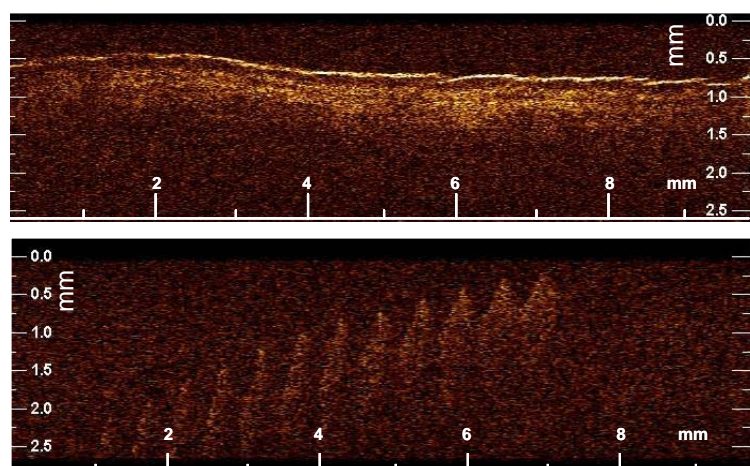


Abb. 4 In-vivo-Aufnahmen mit dem Labormuster: Oben: Trotz geringer räumlicher Auflösung sind die geschichteten Strukturen der Stimmlippe deutlich zu erkennen. Unten: OCT-Darstellung der bewegten Stimmlippe. Patient gibt einen Ton von ca. 100 Hz. Ähnlich wie bei der Stroboskopie werden hier wichtige Informationen über die Dynamik der Stimmlippe verfügbar.