Pikosekunden-Infrarotlaser (PIRL) für die Hornhaut Transplantation:
Neue Perspektiven für eine applanationsfreie Trepanation

Zusammenfassung

Kritisch betrachtet, ist man dem Ziel der nahtfreien und Astigmatismusneutralen Hornhauttransplantation durch exakte Schnittkonfigurationen nach dem Schlüssel-Schloss-Prinzip trotz der Erfolge und Verbreitung des FSL nicht wesentlich näher gekommen. Zwei limitierende Faktoren der Femtosekunden-Laser-assistierten Hornhauttransplantation, die durch die physikalischen Eigenschaften des Lasers und die biologischen Eigenschaften der Hornhaut bedingt sind, haben sich im Lauf der klinischen Anwendung herauskristallisiert. Zum einen ist eine applanationsfreie Schnittführung nicht möglich, und zum anderen ist ein Schneiden von vaskularisiertem und narbig alteriertem Gewebe erschwert.

Die vorliegende Analyse beschreibt eine Machbarkeitsstudie zur Anwendung eines neuen Pikosekundenlasers für die applanationsfreie Hornhaut-Trepanation.
Das Verfahren basiert auf einem speziell angepassten Lasersystem (PIRL-HP2-1064 OPA-3000, Attodyne Inc., Canada), welches bei einer Wellenlänge von 3000 ± 90 nm mit einer Pulsdauer von 300 ps und einer Repetitionsrate von 1 kHz arbeitet. Der Pikosekunden-Infrarotlaser (PIRL) wird mit Hilfe eines selbstentwickelten Optiksystems über eine Scanner-Einheit zur Probe geführt. Die Korneoskleralscheiben wurden vor der Trepanation auf einer künstlichen vorderen Augenkammer fixiert und anschließend unter kontrollierten und stabilen Augeninnendruckverhältnissen mit dem PIRL behandelt.
Ein definiertes Ablationsschema, z.B. kreisförmig, linear, rechteckig oder scheibenförmig kann gewählt und die spezifischen Abmessungen durch den Benutzer festgelegt werden. Innerhalb dieser Studie wurden kreisförmige und gerade Inzisionen der Hornhaut analysiert. Makroskopische, histologische, konfokal mikroskopische und Environmental Scanning Electron Microscopy (ESEM) Untersuchungen wurden zur Charakterisierung der Schnittqualität durchgeführt. Mit Hilfe des PIRL konnten reproduzierbar und stabil Inzisionen im humanen und porkinen Hornhautgewebe bei minimaler Schädigung des umliegenden Gewebes ausgeführt werden.

Die Laserstrahlung des PIRL, die im mittleren infraroten Spektralbereich (λ = 3 µm) exakt auf eine Vibrations-Anregungsbande des Wassermoleküls abgestimmt ist, dient als effektives Hilfsmittel zur applanationsfreien Trepanation der Hornhaut und erweitert damit das Instrumentarium der Hornhaut-Transplantationschirurgie.

Die Vision eines All-in-one-Lasersystems für den vorderen Augenabschnitt – von der Hornhautmodulation über die Hornhauttrepanation bis hin zur Anwendung an der Linse – scheint in Anbetracht der technischen Entwicklungen und Innovationsgeschwindigkeit dennoch in greifbare Nähe gerückt.