

03.08.2017

TRENDS IN DER AUGENHEILKUNDE

Innovative Medizintechnik lässt tief blicken

Eine Augenklinik, die ohne Betten auskommt – so lautet die Vision der Augenärzte für die Zukunft. Damit sie die diffizilen Eingriffe am Auge ambulant, schonend und effizient ausführen können, entwickeln sie in Zusammenarbeit mit Technikern mikroskopisch kleine, minimal-invasive Instrumente, moderne bildgebende Verfahren und roboterassistierte Operationsmethoden. So ausgestattet, wagen sich die Augenärzte bei krankhaften Veränderungen immer öfter an einen besonders sensiblen Bereich – die Netzhaut.

Von Lisa Kempe



Fortschritte in der Medizintechnik ermöglichen immer diffizilere Eingriffe am menschlichen Auge.

© Foto: lassedesignen/Fotolia

Hochkonjunktur für Augenoperationen ▼

Vor allem die Netzhautchirurgie hat in jüngster Zeit vom Fortschritt in der Medizintechnik profitieren können.



Ein Blick ins Auge reicht nicht, um schwerwiegende Augenerkrankungen zu diagnostizieren. Augenärzte werden heute von modernster Technik unterstützt. © Foto: Fotolia

Die operative Augenheilkunde hat in jüngster Zeit einen wahren Boom erfahren: Von der Hornhauttransplantation über den Einsatz künstlicher Linsen, die intravitreale operative Medikamentengabe (IVOM) bis hin zum elektronischen Retina-Implantat sind heute vielfältige Eingriffe am Auge möglich geworden. So ist die Operation des Grauen Stars heute mit jährlich 700.000 Eingriffen die weitaus häufigste Operation in Deutschland. Zum Vergleich: Blinddarm-Operationen finden 150.000 Mal statt, der Ersatz von Hüftgelenken rund 200.000 Mal. Nach Einschätzung von Experten der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft (DOG) wird der augenärztliche Bedarf in den kommenden 20 Jahren steigen. Die Gründe dafür liegen in der alternden Bevölkerung ebenso wie in der Zunahme von Volkskrankheiten wie dem Diabetes mellitus, dessen Spätfolgen sich in krankhaften Veränderungen an den Augen bemerkbar machen.

Digitale Bildgebungsverfahren ermöglichen neue Einblicke

Wenn es darum geht, bei schwerwiegenden Augenerkrankungen das Augenlicht zu erhalten, kommt fast immer Technik zum Einsatz. In der Diagnostik werden klassisches Ophthalmoskop und Spaltlampe von digitalen Bildgebungsverfahren ergänzt, die neue Einblicke in das Augeninnere ermöglichen. Zu diesen Verfahren gehört die optische Kohärenztomografie (OCT). Sie kann einzelne Gewebeschichten im Auge sichtbar machen, um beispielsweise krankhafte Veränderungen an der Netzhaut zu diagnostizieren.



Mit der OCT-Angiografie kann man verschlossene Blutgefäße und Mikroaneurysmen entdecken. © Foto: Fotolia

Ein Schritt in Richtung nicht-invasive Augenheilkunde ist die Entwicklung der OCT-Angiografie (OCT-A). Mit dieser Methode lassen sich Schäden an den Augengefäßen erkennen, beispielsweise Mikroaneurysmen, verschlossene Kapillaren oder Gefäßneubildungen. Während für die Fluoreszenzangiografie dem Patienten noch ein Kontrastmittel gespritzt werden muss, kommt die OCT-A ohne aus.

Sie registriert die Bewegung der roten Blutkörperchen und erstellt anhand dessen innerhalb weniger Sekunden ein Bild von Netzhaut- und Aderhautgefäßen – präzise und nicht-invasiv. Die Experten der DOG sehen in der OCT-A eine Methode, die erstmals die heutigen zweidimensionalen Untersuchungsmöglichkeiten in eine dreidimensionale Bildgebung überführt. Sie raten jedoch bei der Interpretation der OCT-A-Ergebnisse, sich die physikalischen Grenzen der

Sichtbarmachung im Vergleich zu Befunden aus der Fluoreszenzangiografie immer bewusst zu machen.

Mehr im Internet:

[➤ Stellungnahme des Berufsverbandes der Augenärzte Deutschlands, der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft und der Retinologischen Gesellschaft zur OCT-Angiographie in Deutschland](#)

Die Netzhaut kommt auf den Bildschirm



Zwei Dinge braucht der Augenchirurg für Operationen an der Netzhaut: eine ruhige Hand und einen hochauflösenden Blick auf die hauchdünne Netzhaut. Beides wird zunehmend digital – durch roboterunterstützte Mikromanipulationssysteme und 3D-Mikroskopie.

Auf dem jüngsten Advanced Retinal Therapy-Kongress in Wien diskutierten die Experten neue technologische Errungenschaften, die zukünftige Entwicklungen in der Netzhautchirurgie prägen werden. Ein Trend ist die Etablierung der digitalen Bildgebung in der Netzhaut- und Glaskörperchirurgie. „Die Möglichkeit, unmittelbar während der Operation im Live-Verfahren virtuelle Bilder der hauchdünnen Netzhaut zu haben und diskrete pathologische Veränderungen zu erkennen, erlaubt eine wesentlich sorgfältigere, schonendere und effizientere Augenchirurgie“, erklärte Michael Georgopoulos, Chirurg an der Universitätsklinik für Augenheilkunde und Optometrie in Wien.

„Kopf hoch“ am OP-Tisch



Mit dem neuartigen 3D-Mikroskop können die Chirurgen der Augenklinik Sulzbach in aufrechter Haltung operieren und dabei kleinste pathologische Veränderungen an der Netzhaut erkennen. © Foto: Augenklinik Sulzbach

Als erste Klinik in Deutschland erhielt die Augenklinik Sulzbach vor nunmehr einem Jahr den Prototypen eines neuartigen 3D-Mikroskops. Möglich wurde dies durch die wissenschaftliche Kooperation mit dem Hersteller, der Carl Zeiss Meditec AG. Das Besondere: Statt über das Okular des Mikroskops gebeugt direkt in das Operationsfeld im Patientenaug zu schauen, betrachtet der Operateur via 3D-Brille das Geschehen auf einem Monitor. „Head-up display“ nennen sie diese Anordnung für eine ergonomisch schonende Haltung, bei der der Chirurg den Kopf oben hat. Zwei HD-Kameras im Mikroskop machen die räumliche Darstellung auf dem Bildschirm möglich. Das aufrechte Sitzen bedeutet für die Operateure eine große Erleichterung, sie ermüden langsamer, wodurch die Operation an Präzision und Sicherheit gewinnen kann.

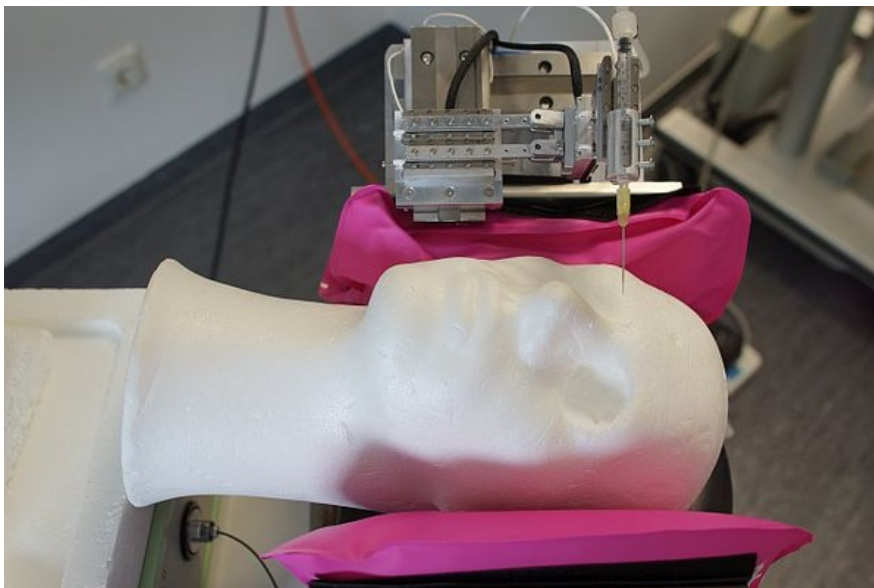
Die Regulierung der Kameras an dem 3D-Mikroskop macht es möglich, mit einer im Vergleich zur herkömmlichen Methode deutlich reduzierten Lichtintensität zu operieren. So kann der die Netzhaut belastende Teil des Lichtes während der Operation reduziert werden. Die Sulzbacher Augenärzte sehen darin einen wichtigen Schritt für die Zukunft der immer kleiner werdenden Instrumente und Lichtquellen für die Netzhautchirurgie.

Gemeinsam mit den Technikern von Zeiss mussten die Sulzbacher Augenärzte in einer ersten Phase die

Kameraeinstellungen auf die Lichtverhältnisse für die Augenchirurgie anpassen, da das 3D-Mikroskop ursprünglich aus der Neurochirurgie kommt. Das Fazit des Sulzbacher Klinikchefs Professor Peter Szurman nach seinen ersten Erfahrungen mit dem neuen System: „In der digitalen 3D-Mikroskopie liegt die Zukunft der Ophthalmochirurgie“.

Roboter im Grenzbereich

Die ophthalmologischen Eingriffe haben die physiologischen Grenzen der Augenchirurgen erreicht. Zu diesen Grenzen gehören unter anderem äußerst präzise Bewegungen, die bei Eingriffen im subretinalen Bereich benötigt werden. „Mit dem Roboter haben wir das Ziel, diese Grenzen zu überwinden und neue Möglichkeiten für die Augenchirurgie offenzulegen“, erklärt Dr. Ali Nasser. Der Ingenieur leitet den Forschungsbereich Robotik an der Technischen Universität (TU) München, der in Kooperation mit Vertretern der Augenklinik und Informatikern der TU ein Mikromanipulationssystem für die vitreoretinale Chirurgie entwickeln möchte.



OP-Roboter sollen die physiologischen Grenzen der Chirurgen überwinden und an Stellen operieren können, für die die menschliche Mechanik zu grob ist. © Foto: Krassimir Orcharov

Die vitreoretinale Chirurgie befasst sich ausschließlich mit dem winzigen Bereich im Auge, der die Grenzschicht zwischen Glaskörper und Netzhaut sowie den Blutgefäßen

und Nerven innerhalb der Netzhaut umfasst. Bei solchen Eingriffen reicht es nicht mehr aus, millimetergenau zu arbeiten. Doch kaum eine menschliche Hand ist so stabil, dass sie sich im Mikrometerbereich präzise bewegen lässt. Hier würde eine durch Roboter unterstützte Instrumentenführung einen enormen Fortschritt bedeuten, um bessere klinische Ergebnisse zu erzielen und neue Therapiemöglichkeiten zu eröffnen. Die Münchner Forscher experimentieren deshalb mit besonders leichtgewichtiger Mikro-Technologie und Präzisionsmechanik, die – mit spezieller Software ausgerüstet – den Chirurgen bei der Handhabung der Instrumente unterstützt.

Arbeit von Ärzten, Ingenieuren und Programmierern

Auch die Bildgebung muss in diesem Bereich neue Wege gehen – eine zukunftssträchtige Lösung ist die intraoperative OCT (i-OCT) zur Evaluation der Netzhaut in Echtzeit. „Das i-OCT ermöglicht es den Chirurgen, die subretinalen Bereiche während des Eingriffs darzustellen. Dadurch kann er in nicht sichtbare Regionen vordringen. Das i-OCT ergänzt den Roboter auf seinem grenzüberschreitenden Weg“, erläutert Nasser. Zurzeit experimentieren die Münchner mit einem Prototyp des Roboters, der zwar bereits für klinische Zwecke geeignet ist, aber von den Chirurgen noch am präklinischen Modell getestet wird.

Nasser weiß, wie schwierig der Weg von der Idee bis zum klinischen Ergebnis ist. Die Entwicklung des Roboters basiert auf einer engen interdisziplinären Zusammenarbeit zwischen Ingenieuren, Programmierern und Ärzten, die in der Anfangsphase überhaupt erst eine gemeinsame Sprache finden mussten. „Das Team hat für die Entwicklung des Prototyps hart gearbeitet und viel Zeit investiert. Unser Prototyp ebnet jetzt den Weg für die Weiterentwicklung bis zu einem fertigen Medizinprodukt. Auch das braucht viel Zeit und stellt ein gewisses Risiko dar. Wir benötigen vor allem die Geduld der Investoren und hoffen auf weitere finanzielle Unterstützung“, resümiert Nasser mit Blick auf die Zukunft.

Mehr im Internet:

[➤ Innovative Endoilluminatoren LEDs für schonendere Augenoperationen](#)

Big Data & Co. erobern Augenheilkunde

Bei der Behandlung bestimmter Netzhauterkrankungen sollen zukünftig Computerprogramme den Augenarzt bei der Therapiesteuerung unterstützen. Künstliche Intelligenz und Deep Learning sind dafür beim Blick in die Glaskugel gefragt.

Die Vorhersage des Krankheitsverlaufs der altersabhängigen Makuladegeneration (AMD) ist nicht einfach und erfordert in der Regel viel Erfahrung vom behandelnden Arzt. Mit der Einführung der intravitrealen Injektion von sogenannten VEGF-Inhibitoren (VEGF: Vascular Endothelial Growth Factor) konnte vor über zehn Jahren erstmals eine effektive Therapie der feuchten AMD etabliert werden.

Bessere Vorhersagen mit künstlicher Intelligenz

Die Anti-VEGF-Therapie kann das Fortschreiten von Netzhauterkrankungen verlangsamen, zum Beispiel bei der diabetischen Retinopathie, dem retinalen Venenverschluss oder bei feuchter Makuladegeneration, und zu einer Stabilisierung oder sogar Verbesserung des Sehvermögens beitragen.

Der Augenarzt injiziert, anfänglich meist in monatlichen Abständen, den Wirkstoff mit einer feinen Nadel direkt ins Augeninnere in den Glaskörper. Da die Patienten unterschiedlich auf die Anti-VEGF-Therapie ansprechen, müssen sie regelmäßig zu Kontrolluntersuchungen, damit die Injektionsintervalle individuell angepasst werden können.



Dr. Philipp Daumke, TOPOs-Koordinator © Foto: Averbis

Im Rahmen des Förderprogramms „Medizintechnische Lösungen für eine digitale Gesundheitsversorgung“ unterstützt das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) das Verbundprojekt „Therapievorhersage durch Analyse von Patientendaten in der Ophthalmologie“ (TOPOs). Die Projektpartner wollen eine Software entwickeln, die es dem Augenarzt ermöglicht, eine auf den einzelnen Patienten abgestimmte Anti-VEGF-Therapie zu planen.

Im ersten Schritt soll das Computersystem das Krankheitsbild kennenlernen. Dazu wird es zunächst mit krankheitsassoziierten OCT-Daten, klinischen Befundtexten und demografischen Faktoren gefüttert. Mit künstlicher Intelligenz und Verfahren aus dem Deep Learning muss das System aus diesen unüberschaubar großen Datenmengen durch automatische Analyse die Informationen aus Arztbriefen und OCT-Netzhautbildern aufbereiten und automatisch klassifizieren.

Auf der Suche nach den entscheidenden Kriterien

„Bislang betrachtet der Arzt die OCT-Scans und trifft eine Entscheidung aufgrund seiner klinischen Erfahrung. Dabei verarbeitet er eine ganze Menge von Kriterien gleichzeitig. Für die automatisierte Beurteilung müssen wir diese Erfahrung unserem System erst noch beibringen“, erklärt Dr. Philipp Daumke, Projektkoordinator von TOPOs.

Die Entwickler von TOPOs gehen von einem hohen Stellenwert der OCT-Bildauswertung auf die Prädiktion individueller Behandlungsverläufe aus. Die Verwendung reiner Patientendaten würde für die Vorhersage von Behandlungsverläufen nicht ausreichen, wie bereits mehrere Untersuchungen gezeigt haben.



Professor Andreas Stahl © Foto: Universitätsklinikum Freiburg

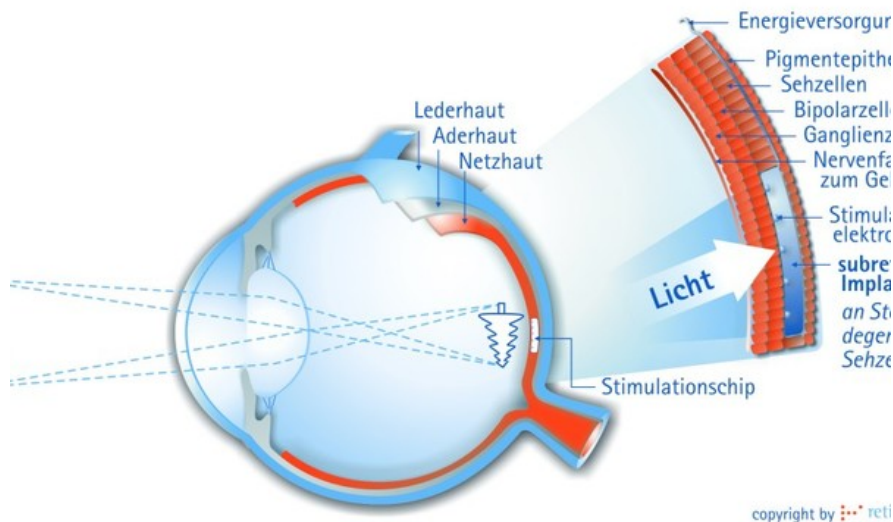
„Die OCT-Diagnostik ist aus der klinischen Realität für die ophthalmologische Indikationsstellung und Verlaufskontrolle von Makulaerkrankungen nicht mehr wegzudenken. Viele Therapieentscheidende Elemente sind für den Augenarzt ausschließlich auf OCT-Aufnahmen sichtbar. In der Verlaufskontrolle ist außerdem bekannt, dass neue Aktivitätszeichen auf OCT-Aufnahmen einer Visusminderung zeitlich vorausgehen“, erläutert Professor Andreas Stahl, Universitätsaugenklinik Freiburg.

Da eine Visusminderung oft irreversibel ist, sollten Aktivitätszeichen in der OCT-Diagnostik erkannt werden, bevor es zu einer für den Patienten oder Augenarzt wahrnehmbaren Verschlechterung kommt. „Ein System wie TOPOs, das eine Assoziation mit bekannten Behandlungsverläufen basierend auf OCT-Bilddaten und klinischen Daten vornehmen kann, wäre ein bedeutender Schritt vorwärts in der Prädiktion individueller Behandlungsverläufe von Patienten mit Makulaerkrankungen“, resümiert Stahl.

Rettungsanker für die Netzhaut



Noch vor wenigen Jahren galt es als Wunder, dass blinde Menschen wieder Licht oder Gegenstände wahrnehmen können. Das hat sich mit der Erfindung des elektronischen Retina-Implantats geändert.



copyright by retina

Funktionsschema eines Retina-Implantats: Statt der Netzhaut nimmt der Retina-Chip das durch die Linse einfallende Licht auf und setzt es in elektrische Signale um.

© Foto: © Retina Implant AG

Die Netzhautablösung gilt als augenärztlicher Notfall, da sie in kurzer Zeit zur Erblindung führen kann. Die Gründe, aus denen die Nervenschicht, die Neuroretina, den Kontakt zum Pigmentepithel verliert, sind vielfältig. Zu den Risikofaktoren gehören Diabetes mellitus, altersbedingte Veränderungen des Glaskörpers ebenso wie äußere Einflüsse. Eine Therapie wird durch die chirurgische Entfernung des Glaskörpers (Vitrektomie) möglich. Danach wird eine Tamponade in den Auginnenraum eingeführt, die die Stützfunktion des Glaskörpers übernimmt und eine weitere Ablösung der Netzhaut verhindern kann.

Weniger Operationen durch abbaubare Substanz

Als Tamponaden kommen Silikonöle, Gase oder Kochsalzlösungen zum Einsatz, die nach der Ausheilung durch eine erneute Operation wieder entfernt werden

müssen. Das Verbundprojekt „Thermosensitives Intraokulares Delivery-System“ (TIDeS), das vom BMBF gefördert wird, hat zum Ziel, eine vom Körper abbaubare Tamponade mit integriertem Wirkstoff-Freisetzungssystem zu entwickeln. Die neuartige Tamponade soll in flüssiger Form in den Augapfel eingebracht werden und bei Körpertemperatur gelieren. In der dreijährigen Projektlaufzeit soll das neuartige Material entwickelt und im Tiermodell evaluiert werden.



Mehr zum Thema

- [Retina-Implantate und mechatronische Augenlinsen](#)
- [LEDs für schonendere Augenoperationen](#)
- [Durchblick mit Netzhautprothese bei Makula Degeneration](#)

Irrwitzig: die Sehprothese

Als Meilenstein in der Augenheilkunde gilt das elektronische Retina-Implantat. Es ermöglicht blinden, an Retinitis pigmentosa erkrankten Patienten ein orientierendes Sehen in Schwarz-Weiß-Bildern. Was anfänglich in der Fachwelt kontrovers diskutiert wurde, ist heute ein zertifiziertes Medizinprodukt und an mehreren deutschen Zentren als Kassenleistung zugelassen. Chirurgen setzen den winzigen Kamera-Chip unter die Netzhaut ein, der Schwarz-Weiß-Bilder mit einer Auflösung von 1.500 Pixeln liefert. Über ein Verbindungskabel zu einer kleinen Empfangsspule wird er hinter dem Ohr mit Strom versorgt. Die Ergebnisse der Sehprothese variieren – manche Patienten können wieder größere Buchstaben lesen, andere Gebäudeumrisse erkennen oder Lichtquellen identifizieren.



Eberhart Zrenner © Foto: Universität Tübingen

Professor Eberhart Zrenner, Tübingen, der maßgeblich an der Entwicklung beteiligt war, zog auf dem Jahreskongress der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft (DOG) 2016 in Berlin Bilanz: „Die Idee, ein elektronisches Implantat zu entwickeln, wurde zunächst als irrwitzig abgetan“, erinnert sich Zrenner. Doch das frühere Studium der Elektrotechnik half dem heute 70-jährigen Wissenschaftler, sein Konzept hartnäckig weiterzuverfolgen.

„Als alter Elektronikbastler ist mir klar geworden, dass es doch möglich sein könnte. In Bezug auf wissenschaftliche Durchbrüche muss man in 20-Jahren-Horizonten denken – und man braucht ein eingeschworenes Team mit vielen unterschiedlichen Fähigkeiten.“ Inzwischen ist das zweite Retina-Implantat aus Tübingen, Alpha AMS, zugelassen.
