

Netzhaut-Komplikationen bei Diabetes mellitus

Aktuelle Strategien zur Behandlung und Prävention

K. Engelmann^{1*}, O. Furashova^{1*}, M. Hanefeld²,
A. L. Birkenfeld³, C. Jochmann⁴, D. Kowanko⁵

Zusammenfassung

Die Behandlung des Diabetes mellitus ist eine der Erkrankungen, bei der bereits vor vielen Jahren auf die Wichtigkeit einer standardisierten Medizin und Diagnostik hingewiesen und diese auch in die Medizin eingeführt wurde. Gleichzeitig zielten die Behandlungsstrategien des Diabetes mellitus aber auch schon früh auf eine Individualisierung der Therapie, also angepasst (personalisiert) für den einzelnen Patienten. Teil II beschäftigt sich mit den Möglichkeiten, die den Ärzten in Zukunft durch digitale Hilfen, wie zum Beispiel der künstlichen Intelligenz, unterstützend zur Verfügung stehen werden, um die Behandlung von Patienten im Sinne einer personalisierten Medizin zu verbessern. Diskutiert wird auch, welche Voraus-

setzungen zum Beispiel für die Nutzung von Daten notwendig sein werden, um solche Ziele gemeinsam zu erreichen.

Teil II: Individualisierte Therapie Mithilfe der Biomarker, Einsatz der Künstlichen Intelligenz und interdisziplinäre Zusammenarbeit

Die digitale Medizin und automatisierte Analyse der Daten im Therapieverlauf wird gerade bei Patienten mit chronisch verlaufenden Erkrankungen entscheidend und hilfreich sein. Therapien und Organsysteme dürfen nicht mehr allein fachspezifisch betrachtet werden. Der Patient als Individuum mit verschiedenen Organbeteiligungen muss besser in den Fokus der Behandlung gestellt werden. Dies ist eine enorme Herausforderung und kann zukünftig nur durch unterstützende Systeme und Datenanalysen durch die Ärzte bewerkstelligt werden. Erste Erfahrungen über den Einsatz des maschinellen Lernens für die Identifikation von Patienten mit einem hohen Risiko für die Entwicklung einer diabetischen Retinopathie wurden bereits beschrieben. [36]

Die Behandlung des Diabetes mellitus ist eine der Erkrankungen, bei der bereits sehr früh auf Individualisierung der Therapie hingearbeitet wurde. Die-

ses betrifft die Lebensgewohnheiten des Patienten, die beeinflussbar sind, die internistischen Therapien, aber auch das Screening von Patienten. Die nationale Versorgungsleitlinie „Diabetes mellitus – Prävention und Therapie von Netzhauterkrankungen“ sieht ein zweijährliches Screening oder im Falle von Risikopatienten jährliches Screening bei Diabetes Typ II Patienten vor. Diskutiert wird eine noch bessere individuelle Anpassung eines solchen fixen Schemas wie es andere Länder bereits getan haben. So wird in Kanada und Australien die Netzhaut von Patienten im Verlauf individualisiert untersucht je nach Risiken für die Entstehung einer Retinopathie. Dazu gehören auch Laborparameter, wie zum Beispiel Serumblutzucker, Lipidwerte und Blutdruckwerte. [37] Eine gute Kontrolle der Hyperglykämie hat ohne Frage Erfolge gezeigt in der Verminderung des Risikos für die Entstehung einer diabetischen Retinopathie. Dennoch sind schwere retinale Veränderungen nicht immer durch Hyperglykämien erklärbar. [28] Andere Faktoren beeinflussen ebenfalls den Erkrankungsverlauf und die Organbeteiligung des Auges. So wird die Rolle von schwer messbaren beziehungsweise nicht routinemäßig erhobenen Parametern, wie zum Beispiel Advanced Glycation Endproducts

¹ Augenklinik des Klinikums Chemnitz gGmbH, Chemnitz

² Kompetenzzentrum Metabolisch-Vaskuläre Medizin, Prof. Hanefeld, GWT-TUD GmbH, Dresden

³ Medizinische Klinik und Poliklinik III, Bereich Metabolisch Vaskuläre Medizin, Universitätsklinikum Carl Gustav Carus, Technische Universität Dresden

⁴ Klinik und Poliklinik für Augenheilkunde am Universitätsklinikum Leipzig, AÖR

⁵ Technische Universität Chemnitz, Junior Professorship Media Computing, Chemnitz

* Prof. Dr. med. Katrin Engelmann und Dr. med. Olga Furashova geben eine geteilte Erstautorenschaft an.

(AGE) oder anderer oxidativer inflammatorischer Prozesse, diskutiert.

Was kann heute getan werden, um die Situation des einzelnen Patienten besser zu klassifizieren? Aus der frühzeitigen digitalen Erfassung von Patienten/Behandlungsdaten und bildgebenden Diagnoseverfahren über lange Zeiträume ergibt sich das Potenzial, Risikofaktoren für bestimmte Organe zum aktuellen Zeitpunkt des Screenings, aber auch prädiktiv zu bestimmen.

Biomarker und Individualisierung der Therapie

Die Konzepte zur Behandlung des Diabetes mellitus werden in Deutschland als ein Paradebeispiel für individualisierte Medizin betrachtet. Eine individualisierte Therapie setzt voraus, dass der behandelnde Arzt die Datenlage des jeweiligen Patienten aus allen Fachrichtungen kennt. Dies ist heutzutage weiterhin nur sehr mühselig über den Austausch von Daten meist direkt über den Patienten möglich. Die digitalisierten Wege bieten heutzutage sehr viel mehr und können bei der Therapieverfolgung und -entscheidung helfen. Algorithmen, beispielsweise maschinelle Lernmethoden, können eine Vielzahl an individuellen (digitalisierten) Eingabedaten verarbeiten und daraus relevante Parameter hervorheben, die bei der Klassifikation erkrankungsspezifischer Merkmale oder markanter Verläufe helfen.

In der Augenheilkunde gibt es erste Ansätze, Biomarker für die Behandlung von sehr häufig vorkommenden Makulaerkrankungen zu identifizieren, zum Beispiel bei Patienten mit diabetischem Makulaödem, altersbedingter Makuladegeneration (AMD) oder Makulaforamen. [38] Es ist naheliegend, dass die hochauflösende Technik der optischen Kohärenztomografie (OCT) sich gut für die Analyse der Daten im

Verlauf einer Erkrankung eignet. Diese Analyse bietet sich insbesondere für die langfristig durchzuführende Therapie mit VEGF-Hemmern (VEGF = Vasculärer Endothelialer Wachstumsfaktor) an. Die Studien zur Zulassung dieser Therapien hatten sich lediglich auf den Erfolg der Visuserholung, den Rückgang der Netzhautdicke und die Therapieschemata konzentriert. Nach nun mehrjähriger Erfahrung in zum Teil sehr langen Therapieverläufen konnte für die Makulaerkrankungen gezeigt werden, dass die Veränderungen bestimmter retinaler Strukturen unter Anti-VEGF-Therapie Auskunft über die Erfolge vom Visusverlauf geben können.

So spielt die Integrität des äußeren und inneren Bandes der Fotorezeptoren (Ellipsoid-Zone) nach der chirurgischen Behandlung eines Makulaforamens eine entscheidende Rolle für eine gute Erholung der Sehkraft. [39] Bei der AMD-Behandlung zeigt sich ein sehr heterogenes funktionelles Ansprechen auf die Therapie. Rein klinisch kann eine Prognose nicht abgegeben werden. Eigene Auswertungen weisen darauf hin, dass ein enges Therapieregime zwar Erfolge zeigen kann, jedoch zeigten Langzeitverläufe aus Zulassungsstudien oder Real-Life-Studien mit Anti-VEGF-Behandlung, dass nur circa 30 Prozent aller Patienten davon profitieren. [40, 41] Datenanalysen konnten nun zeigen, dass spezielle Imaging-Biomarker tatsächlich eine Prognose hinsichtlich der Sehkraft geben können. [42] Auch für das diabetische Makulaödem konnte gezeigt werden, dass eine ausführlichere Beurteilung der OCT-Daten (OCT = Optische Kohärenztomografie) über eine größere Fläche kumulativ die Progression der Erkrankung besser beschreiben kann. [43] Findet sich bei diabetischem Makulaödem eine Desorganisation der inneren Netzhautschichten (DRIL), so ist eine Visuserholung Verlauf einer Anti-VEGF-The-

rapie deutlich geringer bis gar nicht zu erwarten. [44] Weitere Biomarker sind hyperreflektive Foci, seröse Abhebung der neurosensorischen Netzhaut und erhöhte zentrale Hyperautofluoreszenz (Abb. 3). Diese in der OCT erkennbaren Parameter sind mögliche Prädiktoren für ein verstärkt im Vordergrund stehendes inflammatorisches Geschehen. [45, 46] Daher sollte bei einer Behandlung mit VEGF-Hemmern besonders auf den Rückgang dieser Veränderungen geachtet werden.

Diese Daten zeigen, wie wichtig die Definition bestimmter Imaging-Marker für den Verlauf einzelner Makulaerkrankungen ist. So können sie in Zukunft helfen, die Therapie des diabetischen Makulaödems frühzeitig in ihrem Ansprechen auf Anti-VEGF-Therapie zu charakterisieren und alternative Möglichkeiten einzubeziehen. Dazu gehört vor allem die frühzeitige Chirurgie

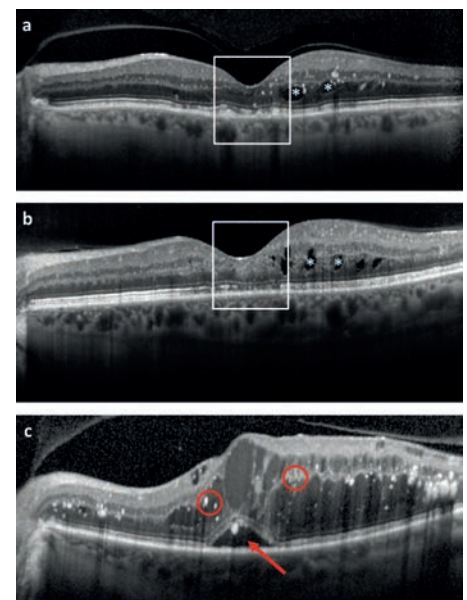


Abb. 3 a: OCT eines diabetischen Makulaödems mit intraretinaler Flüssigkeitsansammlung (*); die Schichtstruktur der inneren Netzhaut direkt zentral ist gut erkennbar. b: OCT eines diabetischen Makulaödems mit intraretinaler Flüssigkeitsansammlung (*) und DRIL (die Schichtstruktur der inneren Netzhaut direkt zentral ist nicht mehr zu erkennen). c: OCT eines stark ausgeprägten diabetischen Makulaödems mit intraretinaler Flüssigkeitsansammlung, seröser neurosensorischer Abhebung (roter Pfeil) und hyperreflektiven Foci (rote Kreise).

(pars-plana-Vitrektomie), die dann sehr erfolgreich sein und eine Situation für den Diabetiker beruhigen kann. Wird die operative Behandlung zu spät eingesetzt, sind möglicherweise bereits zu viele retinale Schäden durch ein langes Abwarten oder eine zu lang praktizierte intravitreale Therapie entstanden. Auch die Betrachtung der Blutzuckereinstellung und der Blutdrucklage muss aufgrund der inzwischen vorliegenden Erkenntnisse mehr in die Therapie einbezogen werden.

Um Biomarker für Diabetiker überhaupt zu klassifizieren, hat unsere Arbeitsgruppe die Parameter aus Serum und Plasma von Typ-II-Diabetikern analysiert. Als signifikante Marke fanden sich das Serum VEGF-A, aber auch hsCRP, ALAT, und die Albumin/Kreatinin-Ratio. [47] Es konnte auch gezeigt werden, dass die Höhe des Serum VEGF-A eine bessere Aussage zulässt als die des Plasma-Spiegels. Ein hoher Serumspiegel an VEGF-A spricht möglicherweise für regenerierende Mechanismen, die bei einer Stoffwechselsituation mit erhöhten entzündlichen Parametern oder mit einer Nephropathie eine Rolle spielen mögen.

Es ist offensichtlich, dass diese umfangreiche Beurteilung im Sinne einer Verbesserung der individualisierten Therapie eines Patienten von einem einzelnen Arzt im Praxisalltag praktisch nicht mehr zu leisten ist. Diese Differenzierungen in der „systemischen“ Situation des Patienten mit diabetischem Makulaödem (DMÖ) können unter den jetzigen Praxisbedingungen allein von Augenärzten nicht geleistet werden. Es ist daher eine Kommunikation auf interdisziplinärer Ebene notwendig, um zu untersuchen, inwieweit die Anti-VEGF-Therapie am Auge die inflammatorische Stoffwechsellage (auch vice versa) oder eine Nephropathie negativ beeinflusst. Darüber hinaus besteht ein essenzieller Bedarf an Methoden für Big Data Ana-

lyse, welche nur mittels digitaler Ansätze realisiert werden können.

Forschung mit maschinenlesbaren Daten

Bei AMD konnten bereits erste Daten mithilfe des Machine Learnings für automatisierte Imaging Analyse gewonnen werden. [41] Dieses ist eine Computerwissenschaft, die mithilfe automatisierter Algorithmen pathognomonische und prognostische Muster in großen Datenmengen erkennt. Wir selbst haben dazu unsere Daten im Verlauf der Anti-VEGF-Therapie bei Patienten ausgewertet und konnten durch diese Daten zeigen, dass ein optimiertes Therapieregime eher nur bei einem Drittel der Patienten eine Sehverbesserung bewirken kann. Bei circa einem weiteren Drittel wird zumindest eine Stabilisierung erreicht. Der Rest der Patienten erlebt unter Therapie eine weitere Verschlechterung. Diese maschinellen computergestützten Datenanalysen könnten helfen, die Prognose für Patienten besser abzuschätzen, als dies mit dem „klinischen Blick“ möglich ist. Dadurch können Kosten für langwierige Therapien vermieden werden, aber auch Nebenwirkungen bei Patienten, die nicht ansprechen. Andererseits kann sowohl der Fokus auf Patienten gelegt werden, welche von der Therapie profitieren, als auch das Therapieregime eher angepasst werden.

Auf dem Weg zur individuellen Medizin ergibt sich die Notwendigkeit, die Vielzahl verfügbarer Parameter nach Relevanz zu screenen, um beispielsweise Ursachen zu finden, die im Therapieverlauf zu Gewinnern, Stabilisierern und Verlierern führen. Computerwissenschaftlich stehen dazu heutzutage zahlreiche maschinelle Lernmethoden bereit, zu denen auch Deep Learning Algorithmen zählen. Diese basieren in der Regel auf einigen 100 bis 1.000 Datensätzen [41] oder gar auf einigen

10.000 bis 100.000 Datensätzen, wie am Beispiel eines Kaggle-Wettbewerbs zur rechnergestützten vollautomatischen Klassifikation verschiedener Formen der Diabetischen Retinopathie anhand von Fundusaufnahmen deutlich wird. [48] Wir stehen vor der enormen Aufgabe, dass wir „zwar Milliarden im Bereich der Gesundheitsversorgung ausgeben, wir die daraus resultierenden Daten aber nicht weiter zum Erkenntnisgewinn nutzen“ (Prof. Dr. med. Christiane Woopen, MDK forum). Wir alle lernen gerade, dass eine computergestützte Nutzung von Daten voraussetzt, dass diese nicht nur digital, sondern auch maschinenlesbar und eindeutig interpretierbar sind, was im Alltag aktuell leider nicht immer der Fall ist. Die Nutzung von Daten ist damit zurzeit nur zu einem geringen Prozentsatz möglich und muss zusätzlich unter Datenschutz-Kriterien erfolgen. Viele Voraussetzungen sind notwendig, wie im Folgenden beschrieben. In einer Datenanalyse-Studie mit der Augenklinik der Klinikum Chemnitz gGmbH wurden diverse forschungsrelevante Daten analysiert hinsichtlich ihrer Nutzbarkeit für die computerwissenschaftliche Forschung, zum Beispiel zur Nutzung im Bereich der Bildverarbeitung und bildbasierten Klassifikation. [49] Im Fokus der Untersuchung standen:

- (a) allgemeine Patientendaten (zum Beispiel Name, Geburtsjahr/Alter, Geschlecht, ethnische Herkunft, Wohnort, Identifikationsnummer),
- (b) ausführliche Anamnese (Körpergewicht, Größe, andere Erkrankungen [Diabetes mellitus], genetische/erbliche Risikofaktoren),
- (c) Diagnose- und Behandlungsdaten (Medikation, Therapie) und
- (d) Daten aus diagnoseunterstützten Untersuchungen, wie beispielsweise Visusprüfung und bildgebende Verfahren (Fundus-, OCT-Aufnahmen).

Es zeigte sich, dass Daten vom Typ (a) bis (c) über das medizinische Austauschformat (bdt-Behandlungsdaten-transfer) skriptbasiert, maschinell erfassbar und auch im Sinne der Ethikrichtlinien vorverarbeitbar sind. [50] Einschränkungen in der Daten-Lesbarkeit gibt es besonders bei Typ (d) aufgrund proprietärer (geräteherstellergeschützter) Dateiformate (zum Beispiel *.fda und *.e2e für OCT-Bilddaten und Bildmetadaten). Der Zugriff auf solche Daten gelingt aber nicht vollumfänglich durch programminterne Exportfunktionen, welche für Massendatenexport oft nicht ausgelegt sind. Auswege bieten frei zugängliche Software-Tools, wie der Unified OCT Explorer zur geräteunabhängigen Visualisierung und Exportierung von Daten. [51] Daten des Typs (d) liegen oft physisch getrennt von denen des Typs (a) bis (c), was die zeitliche Synchronisierung und Zuordnung zu Patienten erfordert. Probleme hinsichtlich der Eindeutigkeit gibt es bei Typ (b) und (c), welche von Freitext dominiert werden, die erst durch sogenanntes Textmining aufzubereiten sind. Fortschritte erlauben hier Makros, die beispielsweise bei der OCT-Befundung eingesetzt werden, bei denen es nur genau vordefinierte Entscheidungsmöglichkeiten gibt (zum Beispiel intra/subretinale Flüssigkeit, Pigmentepithelabhebung: ja/nein). Die Klassifikationsgenauigkeit der von Rößner et al. per Textmining gewonnenen Klassen, die als potenzielle Biomarker für einen

Behandlungserfolg in Frage kommen, sind zumeist über 90 Prozent, jedoch deutlich geringer für selten vorkommende Klassen.

Perspektivische Anforderungen, um klinische Massendaten für computerwissenschaftliche Forschung nutzbar zu machen und damit Prävention und Prognosen zu ermöglichen, seien im Folgenden kurz dargestellt. Es bedarf, wo möglich, einer einheitlichen, fachspezifischen Nomenklatur zur Dokumentation von Diagnose- und Behandlungsdaten, unabhängig vom Arzt oder der behandelnden Klinik. Ein Ansatz zur technischen Realisierung ist der Einsatz von Makros mit eingeschränkten, vorgefertigten Auswahlmöglichkeiten innerhalb der Dokumentations-Software. Der Zugang zu medizinisch relevanten Informationen innerhalb proprietärer Dateiformate muss erleichtert werden, zum Beispiel über Austauschformate oder Formate mit offenen Standards wie das DICOM-Format. Zusätzliche Schnittstellen zur Vernetzung von Kliniken und forschenden Einrichtungen sind notwendig, aber auch zur patientenbezogenen Datenfusion des Typs (a) bis (d). Durch Einräumung gruppenpezifischer Rechte lassen sich detaillierte technische Vorgaben zum Erfüllen ethischer Richtlinien daran anpassen.

Aus interdisziplinärer Sicht

Für die Risikobewertung einer Retinopathie kann unter Praxisbedingung

eine Reihe einfacher Indikatoren herangezogen werden, die in Tab. 1 zusammengestellt sind. Patienten, die für diese Parameter positiv sind, weisen mit steigender Punktzahl ein hoch signifikantes Risiko für die Entwicklung und Progression einer diabetischen Retinopathie auf. Auch wenn bis heute verlässliche Zahlen aus prospektiven Studien fehlen, die eine Quantifizierung des Anteils dieser Indikatoren am Krankheitsverlauf ermöglichen, so kann man doch jetzt bereits eine klare Indikation für die konsequente Therapie folgender vier Hauptrisikofaktoren abgeleitet werden:

1. Diabetes-Kontrolle: HbA1c \leq 7 Prozent ohne Hypoglykämien. Hier ist besonders auf rasche Blutzuckerschwankungen zu achten.
2. Blutdruckkontrolle mit Zielkorridor \leq 120–140 / \leq 70–85 mmHg, weniger strikte Einstellung im höheren Alter.
3. Hypercholesterinämie LDL \leq 1,8 – 3,1 mmol/l, striktere Einstellung bei koronarer Herzkrankheit.
4. Prävention der diabetischen Retinopathie (dies ist bisher nur für Insulin, SGLT2-Inhibitoren und GL-1 Analoge nachgewiesen).

Im Falle von Hochrisikopatienten und bei bereits Vorliegen der diabetischen Retinopathie erfordert das eine abgestimmte Kooperation und Konsultation von Ophthalmologen, Diabetologen, Endokrinologen und Nephrologen, res-

Tab. 1: Indikatoren für erhöhtes Risiko der diabetischen Retinopathie

Anamnese	Klinik	Laborparameter
<ul style="list-style-type: none"> Diabetesdauer \geq 10 Jahre kardiovaskuläre Erkrankungen chronische Nephropathie Hypoglykämien 	<ul style="list-style-type: none"> Typ-1-Diabetes und LADA mit diabetesbezogenen Komplikationen Typ-2-Diabetes mit Makro- und Mikroangiopathien (Nephropathie, Hypertonie mit RR $>$ 140/85 mmHg) 	<ul style="list-style-type: none"> HbA1c \geq 8%* LDL-Cholesterin $>$ 2,9 mmol/L* Albumin/Kreatinin-Ratio (ACR) i.U. $>$ 30-300 mg/g Kreatinin* hs-CRP \geq 2 mg/L* erhöhtes VEGF-A im Serum

*obligat

pektive Internisten auf der Ebene der Primärversorgung.

Für die medikamentöse Therapie des Diabetes mellitus mit fortgeschrittener DR und DMÖ liegen positive Ergebnisse aus kontrollierten Studien nur für Insulin bei Typ I Diabetiker vor. Diese zeigen, dass mit einer HbA1c-Senkung unter sieben Prozent die Inzidenz und Progression der DR um ≥ 40 Prozent reduziert werden kann. [52] In der ORIGIN-Studie konnte für Glargine Insulin eine signifikante Reduktion neuer DR-Fälle sowie Erblindung und Vitrektomien bei Typ-2-Diabetikern nachgewiesen werden. [53]

In den letzten Jahren wurden in kardiovaskulären Outcome-Studien für SGLT2-Inhibitoren nicht nur signifikante Senkung von kardiovaskulären Majorereignissen, sondern auch für Herzinsuffizienz und Mikroangiopathien erzielt. [54, 55] Gleiches gilt für GLP-1 Analoga: Liraglutide (Victoza) [56] und Semaglutide. [57] Mit diesen Medikamenten wurde gleichzeitig die diabetische Nephropathie gebessert, respektive das Neuauftreten einer Makroproteinämie signifikant reduziert. Für den gezielten Einsatz dieser Antidiabetika wurden 2018 neue Leitlinien durch internationale Fachgesellschaften publiziert. [58] Für die tägliche Praxis kann auf Diabetes Up To Date verwiesen werden, das gut aufbereitete aktuelle Empfehlungen für die Primärversorgung liefert. [59]

Das Sächsische Makulazentrum

Die Erwartung von Patienten, Ärzten und Politik ist es, die Versorgung aller Patienten in Sachsen sicherzustellen bei gleichzeitiger Individualisierung (Personalisierung) der Therapie. Dieses ist ein hoher Anspruch geworden, vor allem vor dem Hintergrund eines Mangels an Augenärzten in einigen Regionen in Sachsen und einer immer rasche-

ren Entwicklung von Forschungsdaten und deren Umsetzung in die Praxis, aber auch einer noch fehlenden Vernetzung zum besseren Austausch von Daten unter den Bedingungen einer datengeschützten Entwicklung. Direktoren und Chefärzte der Universitätskliniken und Augenkliniken in Sachsen (Prof. Dr. med. Peter Wiedemann, Prof. Dr. med. habil. Lutz Pillunat, Prof. Dr. med. Leon Kohen, Prof. Dr. med. Katrin Engelmann, Dr. med. Jens Schrecker, Prof. Dr. med. Helmut Sachs) haben sich daher motiviert gefühlt, Verbindungen zwischen den Kliniken herzustellen, um im Netzwerk schneller und effektiver im Bereich von Behandlungsstrategien, Studien, Qualitätskontrolle und Kommunikation mit dem Gesundheitswesen tätig zu werden. Weiterhin erfordert der Austausch von Daten ein besseres, vorwiegend digitales Netzwerk mit niedergelassenen Augenärzten, aber im Fall der Versorgung von Diabetespatienten auch mit Hausärzten, Internisten und Diabetologen. Die Entwicklung der Digitalisierung auch in der Medizin und vor allem das Maschinelle Lernen wird hierzu Möglichkeiten bieten. Wir sind gemeinsam gefordert, diese gewinnbringend für uns und unsere Patienten im Netzwerk einzusetzen. Eine regionale Versorgung wird immer auf eine entsprechende regionale Versorgungsforschung angewiesen sein, um die Versorgungsqualität für Sachsen zu sichern und epi-

miologische Daten für die Region zu erhalten. Die Nutzung und Beurteilung großer Datenmengen erfordern eine gute IT-gestützte Kooperation.

Fazit für die Zukunft

- Imaging- und serologische Biomarker können bei der Differenzierung von Erkrankungen und Beurteilung von Therapieverlauf hilfreich sein.
- Für das diabetische Makulaödem sind bereits OCT-Biomarker mit hoher Robustheit beschrieben und können bei der Beurteilung in der Diagnostik eingesetzt werden.
- Augenärztliche Therapien wie die Behandlung mit VEGF-Hemmern können nur dann wirkungsvoll sein, wenn eine Stoffwechsel-Kontrolle und systemische Therapie nach bestem Wissen und Standard geschieht, was eine enge Kooperation mit Internisten und Diabetologen erfordert.

Hierzu sind bessere Netzwerke zum Austausch von Daten notwendig. Die künstliche Intelligenz kann gegebenenfalls helfen, Therapieverläufe unterstützend für den Arzt zu begleiten. ■

Literatur bei den Autoren

Korrespondierende Autorin:
Dr. med. Olga Furashova
Klinikum Chemnitz gGmbH
Klinik für Augenheilkunde
Flemmingstraße 2, 09116 Chemnitz
E-Mail: O.Furashova@skc.de