

Schnelle Kampimetrie zur Glaukomfrüherkennung

Entwicklung einer neuen Screeningmethode für die Gesichtsfeldmessung

Um nachhaltige Schäden des Sehnervs zu verhindern, ist die Früherkennung von Glaukom wesentlich. Wie die Diagnostik im Bereich der Gesichtsfeldmessung weiter verbessert werden kann, war die zentrale Forschungsfrage einer Arbeitsgruppe um Prof. Michael Hoffmann von der Universitäts-Augenklinik Magdeburg. Im Rahmen einer Wirksamkeitsstudie überprüften die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die von Prof. Friedrich Hoffmann (Charité Universitätsmedizin Berlin) und Fabian Müller (H & M Medical Solutions GmbH) als neue Screeningmethode entwickelte schnelle Kampimetrie. Im Folgenden stellen die Entwickler ihren neuen Ansatz dar.

Im Rahmen der Wirksamkeitsstudie wurde das zentrale Gesichtsfeld der Probandinnen und Probanden getestet, indem eine bewegliche Testmarke gezeigt wurde, die in weniger als einer Minute die visuellen Bereiche systematisch durchquerte. Die Studiendaten zeigten, dass mit dieser Methode Gesichtsfelddefekte aufgespürt werden konnten, die mit der herkömmlichen Perimetrie nicht erfasst wurden.

Ausgangssituation – von der Kampimetrie zur Perimetrie

Schon vor mehr als 100 Jahren hatten Jannik Petersen Bjerrum und Henning Rønne eine sichere Methode zum Nachweis typischer Glaukom-bedingter Gesichtsfeldausfälle gefunden. Mit der Kampimetrie prüften sie, ob Patientinnen und Patienten einen hellen 1 cm großen an einem schwarzen Stab langsam bewegten Prüfpunkt vor einer 4qm großen und 1 m oder 2 m entfernten quadratischen schwarzen Wand sehen konnten. Diese Kampimetrie war bereits so genau, dass die ersten Frühausfälle beim Glaukom in der Regel im Bjerrum-Bereich als kleine paramakuläre bogenförmig mit dem blinden Fleck verbundene Skotome identifiziert werden konnten.

Rønne schreibt dazu: „Bjerrum fand in einer Reihe von Fällen kleine Defekte vom blinden Fleck ausgehend und im Bogen über oder unter dem Fixationspunkt gehend, um blind zu enden etwas nasalwärts von diesem beim horizontalen Meridian, also ganz dem Verlauf der paramakulären Nervenfaserbündel entsprechend“. In der Fachwelt stieß Bjerrum nicht überall auf Anerkennung. So schreibt Rønne: „Während sowohl die Untersuchungsmethode an sich als auch die von Professor Bjerrum beschriebene typische Form für Glaukom-Gesichtsfeld in England allgemein Beifall und Anerkennung gefunden haben, sind sie in der deutschen Literatur

nur gelegentlich erwähnt gewesen und oft ohne richtige Erkenntnis des Prinzipiellen in der Untersuchungsmethode“.

Ein halbes Jahrhundert später erkannte Hans Goldmann die Notwendigkeit, den Adaptionszustand des untersuchten Auges genau zu kontrollieren und entwickelte das Halbkugel-Perimeter mit definierter Umfeld- und Prüfpunkteleuchtdichte. Während bis dahin nur absolute Gesichtsfeldausfälle in der Fläche darstellbar waren, konnten am Halbkugelperimeter nun auch relative Skotome im 90° großen Gesichtsfeldberg mit Prüfpunkten unterschiedlicher Größe und Leuchtdichte dargestellt werden. Isopteren, Linien gleicher Leuchtdichteunterschiedsempfindlichkeit, wurden zu Höhenlinien in diesem Berg.

Einen neuen Qualitätsschub gab es durch Kombination der Kinetischen und Statischen Perimetrie durch Elfriede Aulhorn. Das Gesichtsfeld wurde in den Außengrenzen von 90° auf 30° reduziert und gleichzeitig wurden zwei Meridiane präzise Grad für Grad vermessen und mit einer parazentralen Kinetischen Perimetrie verbunden. Nie wieder wurden klinisch so genau Gesichtsfelduntersuchungen durchgeführt, allerdings dauerte die Untersuchung eines Auges etwa 45 Minuten.

Standard Automated Perimetry (SAP) als Goldstandard

Die gängigste Methode zur Untersuchung des Gesichtsfelds bei Glaukom ist heute die Statische Automatisierte Perimetrie oder Standard Automated Perimetry (SAP), die auch als Goldstandard zur Suche glaukomatöser Gesichtsfelddefekte bezeichnet wird. Aber auch diese Methode hat Nachteile, die die Diagnose und Behandlung von Glaukom erschweren. Die SAP-Untersuchung ist anstrengend für Patientinnen und Patienten, da sie in schneller Folge oft schwierige Entscheidungen treffen müssen, nämlich

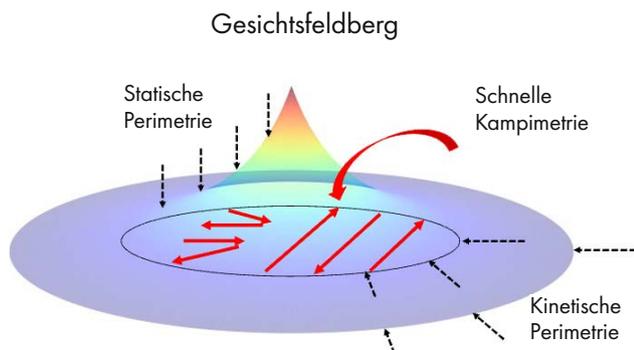


Abb. 1: Unterschiedliche Prüfpunktführung bei der SAP, der kinetischen Perimetrie und der Schnellen Kampimetrie.

ob sie einen lichtschwachen Prüfpunkt vor einem lichtschwachen Hintergrund erkennen können. Eine typische Untersuchung dauert etwa zehn Minuten pro Auge und erfordert eine hohe Konzentration und Kooperation von Patientinnen und Patienten. Dies führt leicht zur Ermüdung und zu Fehlern der Ergebnisse. Zudem ist die SAP-Untersuchung ungenau und begrenzt aussagekräftig. Sie misst nur die Empfindlichkeit für statische Lichtreize, die nicht der natürlichen Wahrnehmung von Bewegung entsprechen (Abb. 1). Darüber hinaus werden schmale Bogenskotome, die frühe Anzeichen von Glaukom sind, leicht übersehen, da der untersuchte Anteil des Gesichtsfeldes mit 0,5 Prozent viel zu klein ist. Üblicherweise wird bei der SAP das 30°-Gesichtsfeld an einem Prüfpunkttraster von 60 bis 100 Punkten mit der Prüfmarke G III untersucht, die 4 mm² groß ist. Somit beträgt der untersuchte Gesichtsfeldanteil maximal 400 mm², die Fläche des gesamten 30°-Gesichtsfeldes liegt aber bei knapp 76.000 mm². Bei der üblichen SAP-Untersuchung werden etwa 99,5 Prozent des Gesichtsfeldes nicht geprüft. Schließlich ist die SAP-Untersuchung kostspielig und unflexibel. Sie erfordert spezielle Geräte (Perimeter), die teuer in der

Anschaffung, Wartung und Logistik sind. Die SAP-Untersuchung ist daher nicht weltweit verfügbar und nicht telemedizinisch einsetzbar. Die Perimeter sind zudem nicht skalierbar, derzeit nicht grundlegend aktualisierbar und haben eine lange Investitionsbindung von in der Regel mehr als zehn Jahren.

Die kinetische Perimetrie ist ebenso von kostspieligen Geräten abhängig, die zudem meist nicht automatisiert sind. Die Perimetrie der Isopteren bildet zwar den Gesichtsfeldberg sehr gut ab, ist aber ebenso sehr anstrengend für Patientinnen und Patienten, und schmale Skotome werden ebenfalls leicht übersehen. Beide Methoden, die SAP und die Kinetische Perimetrie, untersuchen mit großer Akribie und Belastung von Patientinnen und Patienten die Kontur des Gesichtsfeldberges – und das Ergebnis dieser aufwendigen Untersuchung hat klinisch kaum einen Wert. Von ausschlaggebender klinischer Bedeutung sind nur Skotome, die sich auf andere Weise besser und einfacher finden lassen (Abb 1).

Entwicklung der schnellen Kampimetrie

Die neue Sichtweise auf die großen Lücken der Perimetrie hat zur Entwicklung der Schnellen Kampimetrie geführt. Dabei wird ein heller Lichtpunkt auf dem dunklen Bildschirm eines Computers schnell durch das zentrale 30°-Gesichtsfeld bewegt. Der Prüfpunkt bleibt während der gesamten Untersuchung im Gesichtsfeldberg, bleibt also immer sichtbar (Abb. 1). Patientinnen und Patienten müssen nur reagieren, wenn sie den Prüfpunkt nicht mehr sehen, wenn dieser also in einem Skotom verschwindet. Die Kontur des Gesichtsfeldberges wird nicht untersucht. Dadurch wird viel Zeit gewonnen. Die Laufgeschwindigkeit des Prüfpunktes beträgt ungefähr 3 cm/s (Tab. 1). In einer Minute legt der Prüfpunkt somit knapp 2 m auf einer vorgegebenen Laufstrecke automatisch zurück. Werden auf dieser Strecke keine Skotome gefunden, dann ist davon auszugehen, dass Skotome mit einer größeren Breite als der des Prüfpunktdurchmessers nicht existieren. Nach einer Minute Untersuchung

30° Gesichtsfeld	Statische Automatisierte Perimetrie (SAP)	Schnelle Kampimetrie
Untersuchter Gesichtsfeldanteil	0,5 %	4,5 %
Anzahl der untersuchten Punkte	<100	>2.000
Untersuchungsdauer	10 Minuten	1 Minute
Bewegung der Prüfmarke	---	3 cm/s
Aktivierung motilitätsaktiver Ganglienzellen	---	+++
Leuchtdichteunterschied	möglichst klein	möglichst groß
Belastung des Patienten	groß	kaum
Prüfpunktgröße parazentral 0-15°	= 0,43°	0,16° bis 0,35°
Finden von Bjerrum-Skotomen	eingeschränkt	sicher, solange der Prüfpunkt kleiner als das Skotom ist

Tab 1: Gegenüberstellung SAP vs. Schnelle Kampimetrie.

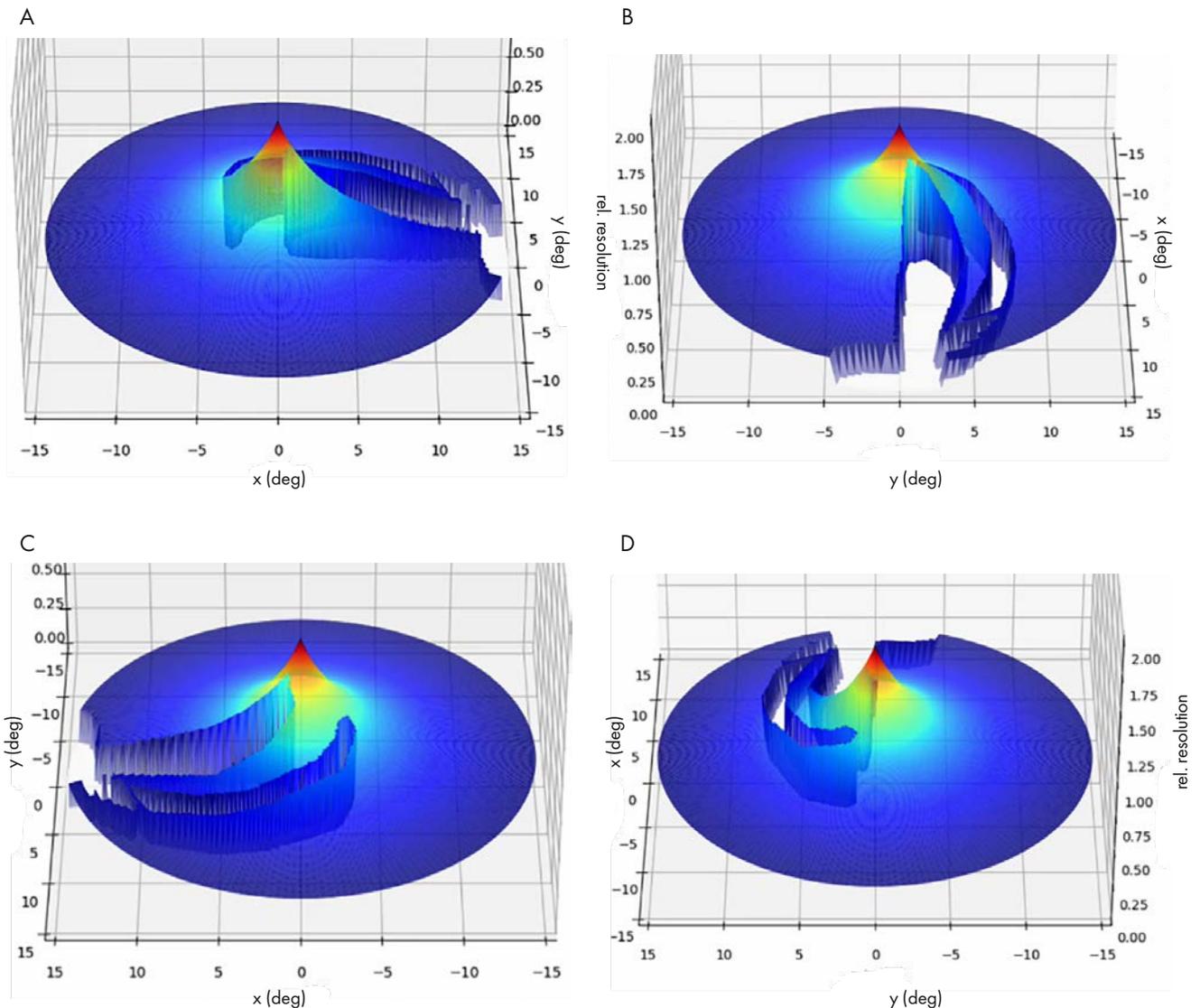


Abb. 2: Zwei auf Grund seiner Koordinaten in den Gesichtsfeldberg integrierte Bjerrum-Skotome aus vier unterschiedlichen jeweils um 90° gedrehten Richtungen gesehen.

mit der Schnellen Kampimetrie können entsprechende Skotome ausgeschlossen werden (Tab. 1). Die extreme Verkürzung der Untersuchungszeit wird den zukünftigen Einsatz einer Gesichtsfeldprüfung deutlich erhöhen.

Die notwendige Größe des Prüfpunktes hängt von der örtlichen Sehschärfe ab. Die Kontur des Gesichtsfeldberges wird durch die jeweilige örtliche Sehschärfe definiert, die mit zunehmendem Abstand vom Fixierpunkt immer kleiner wird. Die Schnelle Kampimetrie ist so programmiert, dass der Prüfpunkt mit zunehmendem Abstand vom Fixierpunkt und abnehmender Sehschärfe automatisch immer größer wird (Tab. 1).

Beim Lauf des hellen Prüfpunktes über den Bildschirm finden je nach Pixeldichte und Bildwiederholrate des verwendeten

Monitors bis zu mehr als hundert Ortswechsel pro Sekunde statt (Tab. 1). Das Bild jedes einzelnen individuellen Prüfpunktes ist mit dem des folgenden Prüfpunktes überlappt, so dass der Eindruck einer kontinuierlichen lückenlosen Prüfpunktbe-
wegung und damit einer Musterbildung entsteht.

Die Standardlaufstrecke des Prüfpunktes führt im papillomakulären Bündel nahezu senkrecht über alle Nervenfasern hinweg, so dass das Verschwinden des Prüfpunktes in einem Skotom leicht registriert wird. Der Prüfpunkt ist im paramakulären Bündel kleiner als bei der SAP (Tab. 1), so dass das Auffinden eines Skotoms erleichtert wird. Außerdem läuft der Prüfpunkt sehr schnell durch das Gesichtsfeld, so dass bewegungsaktive Ganglienzellen der Netzhaut aktiviert werden, die bei der statischen Perimetrie nicht angesprochen werden (Tab. 1).

Auch können Patientinnen und Patienten ihre Krankheit besser verstehen, wenn ihnen ihr Gesichtsfeldausfall als Defekt im Gesichtsfeldberg dargestellt wird (Abb.2).

Zurück – von der Perimetrie zur Kampimetrie

Die schnelle Kampimetrie hat mehrere Vorteile gegenüber der SAP. Sie ist schnell und einfach für Patientinnen und Patienten. Sie erfordert nur eine minimale Aufmerksamkeit und Mitarbeit. Fehler von Patientinnen und Patienten werden so reduziert, die Zuverlässigkeit der Ergebnisse wird erhöht. Zudem ist die schnelle Kampimetrie präzise und aussagekräftig. Sie misst die Empfindlichkeit für dynamische Lichtreize, die der natürlichen Wahrnehmung von Bewegung besser entsprechen.

So verkleinert die neue Methode das Dilemma, dass bisher objektive Methoden wie die optische Kohärenztomographie und die Untersuchungsergebnisse der Standard Automatisierten Perimetrie (SAP) weit auseinanderliegen. Gerade zu Beginn der Erkrankung ist die Diagnosestellung eines Glaukoms oft schwierig. Eine bessere Übereinstimmung der unterschiedlichen Untersuchungsergebnisse wird die Früherkennung und Behandlung des Glaukoms erleichtern.

Schließlich ist die schnelle Kampimetrie im Vergleich zur SAP flexibler. Sie erfordert keine speziellen Geräte, sondern kann auf einem handelsüblichen Computer mit Internetzugang durchgeführt werden. Die schnelle Kampimetrie ist daher weltweit verfügbar und telemedizinisch einsetzbar, also auch in Regionen, die aktuell nicht in den Vorzug einer SAP-Untersuchung kommen. Sie ist als telemedizinischer Dienst zudem beliebig skalierbar und aktualisierbar, da sie als Cloud-Dienst bereitgestellt werden kann. Die schnelle Kampimetrie ermöglicht daher kürzere Innovationszyklen und niedrigere Produktions- und Logistik-Kosten.

Ein Nachteil der Schnellen Kampimetrie könnte sein, dass relative Skotome nicht nachweisbar sind. Allerdings werden die relativen Skotome heute überschätzt, da sie mit dem üblichen SAP-Verfahren häufig beobachtet werden. Während bei der Kinetischen Perimetrie alle Untersuchungen im 30°-Gesichtsfeld mit der Prüfmarke G I durchgeführt werden, wird bei den SAP die in der Fläche 16-mal so große Prüfmarke G III angewendet. Die unmittelbare Folge der übergroßen Prüfmarke ist die partielle

Überlappung kleinerer Skotome und damit deren Darstellung als relativ, und andererseits das partielle Nichterkennen anderer kleinerer Skotome. Bei der ersten klinischen Prüfung am Universitätsklinikum Magdeburg gab es Patientinnen und Patienten, bei denen nur die Schnelle Kampimetrie ein Bjerrum-Skotom finden konnte, und bei denen teilweise mit der SAP nur ein punktförmiges Skotom anstelle des Bjerrum-Skotoms nachgewiesen wurde.

Fazit

Die schnelle Kampimetrie erscheint als eine vielversprechende Methode zur Früherkennung und Überwachung von Glaukom. Sie könnte einen wichtigen Beitrag zur Verbesserung der Glaukomversorgung weltweit leisten. So wie vor vielen Jahren die Beschränkung auf den zentralen 30° großen Gesichtsfeldanteil klinisch keine Nachteile bei der Gesichtsfeldprüfung verursachte und auch die Reduzierung des untersuchten Gesichtsfeldanteiles auf weniger als ein Prozent akzeptiert wurde, scheinen auch jetzt die Kontrastverstärkung, die schnelle Bewegung und die Musterdarbietung in Form heller Linien bei der Untersuchung des visuellen Systems wichtiger zu sein als die Überprüfung der Schwellenwerte oder Empfindlichkeitswerte mit extrem kurzer Darbietungszeit. Der um den Faktor zehn vergrößerte Anteil des untersuchten Gesichtsfeldes unterstützt den Weg von der Perimetrie wieder zurück zur Kampimetrie.

Vor einer breiten klinischen Anwendung ist jedoch eine größere Studie mit einer größeren Anzahl von Patientinnen und Patienten notwendig, um ihre Wirksamkeit und Sicherheit zu bestätigen. Es bleibt abzuwarten, wie sich diese neue Methode in der Praxis bewähren wird. Aber die ersten Ergebnisse sind vielversprechend und wecken große Hoffnungen für die Zukunft der Glaukomdiagnostik.

Originalarbeit: Müller F, Al-Nosairy KO, Kramer FH, Meltendorf C, Djouoma N, Thieme H, Hoffmann MB, Hoffmann F (2022). Rapid Campimetry-A Novel Screening Method for Glaucoma Diagnosis. J Clin Med 12;11:2156-68.

Prof. Friedrich Hoffmann

Charité Universitätsmedizin Berlin,
Campus Benjamin Franklin, im Ruhestand
E-Mail: fhoffman@zedat.fu-berlin.de

**DER DIGITALE
AUGENSPIEGEL**



ERHÄLTlich
IN DEN APP STORES

