

Eine kurz(weilig)e Geschichte der Perimetrie

Matthias Monhart, Paul Artes

Im Folgenden möchten wir weniger Geläufiges über die Perimetrie berichten. Sie sollen nach der Lektüre um nützliche Informationen und auch ein paar Schmunzler reicher sein. Denn die Perimetrie war nicht immer todernt und trocken.

Ist Ihnen zum Beispiel bekannt, dass bis Mai 2020 nicht weniger als 55 Studien «Wasser trinken und Perimetrie» thematisieren?¹ Der erste Artikel zu diesem Thema erschien 1956 in Russland, die neuste Studie wurde 2017 im Journal of Glaucoma publiziert. G. de Moraes et al. (Columbia University, New York) kommen zum Schluss, dass ein hoher Anstieg des Augeninnendrucks (IOD) nach dem Wasser-Trinktest ein signifikanter Risikofaktor für Gesichtsfeldprogression bei Offenwinkelglaukom ist.²

Stresstests erwiesen sich als geeignet, um die Gefahr eines rascheren Gesichtsfeldverlustes abzuschätzen. Aber ein Stresstest kann sich auch direkt auf das Gesichtsfeld auswirken. Bei Patienten mit Flammer-Syndrom reduziert das Eintauchen einer Hand in kaltes Wasser auch 15 min später noch signifikant die Gesichtsfeldempfindlichkeit.³ Auch wenn ein solcher Test für Patienten nicht direkt vergnüglich ist, so ist es doch hilfreich, auf diese Weise die Patienten zu identifizieren, welche engmaschiger nachverfolgt und allenfalls auch verstärkt therapiert werden müssen.

Eine andere Art von Stresstest mit Einfluss auf das Gesichtsfeld publizierten Maples et al. 2008:⁴ Der «Tunnelblick» beim Telefonieren mit dem Handy ist selbst am Goldmann-Perimeter messbar und wirkt sich bei Normalprobanden wie bei Patienten mit bestehenden Gesichtsfeldausfällen proportional ähnlich aus.⁴ Lässt man die Patienten während der Perimetrie Kopfrechnen, kann das Resultat auch einmal wie ein Glaukom-Gesichtsfeld aussehen.⁵ Dies zeigt, wie wichtig eine ungestörte Umgebung, möglichst ohne Ablenkung, für die Perimetrie ist.

Während solche Veränderungen vorübergehend sind, können Medikamente das Gesichtsfeld permanent verändern, z. B. Vigabatrin (Sabril®, bei Epilepsie), welches das Gesichtsfeld konzentrisch einschränkt,⁶ oder Hydroxychloroquin (Plaquenil®, Generika), ein Malariaprophylaxe- und Rheumamittel, welches im Rahmen der Corona-Pandemie weitere Bekanntheit erhielt und u. a. zu parazentralen Ringskotomen führen kann.⁷ Müssen Patienten damit behandelt werden, kann die Perimetrie helfen, Auswirkungen auf das Sehen frühzeitig erkennen.

Wer hat's erfunden?

Wer steht hinter der Erfindung der Perimetrie, dieses so vielseitigen und hilfreichen Instrumentes? Der Mann der Stunde, welcher das Rennen der Erfindung der automatischen Perimetrie gewann, war Franz Fankhauser. Leider hat er sich in diesem Jahr von uns verabschiedet. Zu seiner Erinnerung und als unterhaltsame Lektüre über die Anfänge der Perimetrie möchte ich Ihnen die Ar-

Une histoire divertissante de la périmétrie

Matthias Monhart, Paul Artes

Les auteurs souhaitent, dans le cadre de l'article ci-dessous, relater des faits moins connus à propos de la périmétrie. Après la lecture, vous devriez vous être enrichi de quelques informations utiles, et aussi de quelques anecdotes humoristiques. Car la périmétrie n'a pas toujours été mortellement sérieuse et sèche.

Savez-vous par exemple que jusqu'en mai 2020, pas moins de 55 études ont été consacrées au thème « Boire de l'eau et périmétrie »?¹ Le premier article à ce sujet a paru en 1956 en Russie, et l'étude la plus récente a été publiée en 2017 dans le Journal of Glaucoma. De Moraes et al. parviennent à la conclusion qu'une élévation importante de la pression intra-oculaire (PIO) après le test consistant à boire de l'eau est un facteur de risque significatif pour la progression de la restriction du champ visuel en cas de glaucome à angle ouvert.²

Les tests de stress se sont avérés appropriés pour évaluer le risque d'une perte de champ visuel plus rapide. Mais un test de stress peut aussi avoir des répercussions directes sur le champ visuel. Chez les patients présentant un syndrome de Flammer, le fait de plonger une main dans l'eau froide réduit encore significativement la sensibilité du champ visuel, même mesurée 15 minutes après.³ Même si ce type de test n'est pas spécialement amusant pour les patients, il est utile d'identifier de cette manière ceux qui doivent faire l'objet d'une surveillance étroite et éventuellement aussi, être traités de manière plus intensive.

Maples et al., 2008, ont publié un autre type de test de stress ayant une influence sur le champ visuel:⁴ la « vision tubulaire » lors d'un appel téléphonique avec le portable, est même mesurable avec le périmètre de Goldmann et a un effet proportionnellement similaire chez les sujets sains, comme chez les patients avec des pertes de champ visuel existantes.⁴ Si on laisse les patients calculer de tête pendant la périmétrie, le résultat peut ressembler aussi à un champ visuel de glaucome.⁵ Cela illustre l'importance d'un environnement calme, si possible sans distraction, pour effectuer la périmétrie.

Tandis que ces changements sont de nature transitoire, certains médicaments peuvent en revanche transformer en permanence le champ visuel, par ex., la vigabatrine (Sabril®, en cas d'épilepsie), qui limite de manière concentrique le champ visuel,⁶ ou l'hydroxy-chloroquine (Plaquenil®, génériques), un médicament utilisé en prévention du paludisme et antirhumatismal qui a bénéficié d'une large notoriété dans le cadre de la pandémie de corona, et peut, entre autres, entraîner des scotomes paracentraux annulaires.⁷ Si les patients doivent être traités avec ces substances, la périmétrie peut aider à identifier de manière précoce les conséquences sur la vision.

Qui a découvert la périmétrie ?

Qui se cache derrière l'invention du périmètre, cet instrument si polyvalent et utile? L'homme qui a gagné la course à la découverte de la périmétrie automatique était Franz Fankhauser. Il nous a malheureusement quittés cette année. À sa mémoire et en guise de

tikel «Franz Fankhauser: the father of the automated perimeter»⁸ oder «Franz Fankhauser (*1924)» aus «100 Jahre SOG und die Entwicklung der Schweizer Augenheilkunde»⁹, beide von Prof. Balder Gloor, ans Herz legen. Ein Zitat daraus:

«Mit dem Spahr ist es fürchterlich, er kommt am Morgen erst um neune und um fünf geht er wieder. Wenn ich mit ihm ab abends 22 Uhr den Fortgang des Perimetrie-projekts diskutieren möchte, passt ihm das nicht. Welch entsetzliche Arbeitsauffassung!». Allmählich verstummte aber das Wehklagen. Eines Tages erschien Franz freudestrahlend: «Der Spahr hat es geschafft!»

Dr. Jürg Spahr war Physiker und wurde später Direktor des Instituts für Technologieförderung in Bern. Von Prof. Fankhauser für die Zuarbeit bei der Entwicklung der automatischen Perimetrie eingestellt, brachte er seine Ingenuität in das Projekt ein. Die Erarbeitung der Grundlagen für die automatische Perimetrie waren so umfassend und grundlegend, dass diese seither Anwendung finden und sich kaum verändert haben.¹⁰ Teil der Arbeiten war die Frage nach der optimalen Anzahl Stimuli pro Testort, um die Teststrategien zu optimieren. Basis dafür war eine Publikation von Jürg Spahr 1975¹¹, wie die Informationstheorie auf die Präsentation optimaler Stimulus-Intensitäten anzuwenden sei. Wie vergesslich wir in der heutigen Zeit sind («Was wir nicht googlen können, das existiert nicht»), zeigt die Tatsache, dass weder Kontsevich 1999¹² noch Xu 2019¹³ die Arbeiten von Spahr zitieren.

Nach rund vier Jahren intensiver Arbeit inklusive Aufbaus eines Prototyps erblickte 1974 das Octopus 201 das Licht der Welt. Danach ging es Schlag auf Schlag; innerhalb der nächsten zwei Jahre kamen zwei weitere automatische Perimeter auf den Markt, welche heute weiterhin Teil der «Grossen Drei» bilden: Aus Anders Heijl's «Competer» entstand das ZEISS Humphrey Perimeter; die aktuellen Oculus-Perimeter sind Urenkel des automatischen Tübinger Perimeters von Prof. Elfriede Aulhorn. Andere Produkt-namen aus dieser Zeit wie «Squid» oder «Perimetron» sind längst wieder vom Markt verschwunden.¹⁴

Einige wichtige Entwicklungen aus der Frühzeit der statischen Perimetrie könnten Denkanstösse für Fortentwicklungen sein. Die Anzeige mehrerer Stimuli gleichzeitig kann z.B. beim Screening Zeit sparen und wurde bereits 1954 von Harrington und Flocks eingeführt.¹⁵ Deren Instrument oder auch der Friedmann Visual Field Analyzer¹⁶ waren quasi die Vorgänger der automatischen Perimeter. Bis in die jüngere Vergangenheit wurden diese Instrumente vor allem in Praxen in den USA und England eingesetzt. Erik L. Greve studierte und dokumentierte intensiv die «Multi-Stimulus-Perimetry».¹⁷

Von 30 Minuten zu 2 Minuten

Dem Patienten wurde in den Anfangszeiten der Perimetrie einiges zugetraut. Heijl und Drance schrieben zur Auswahl der Tests: «Ein Übersichtstest sollte eine begrenzte und praktische Dauer aufweisen, als welche 20–30 min pro Auge angesehen wurde.»¹⁸ Erst 1990 führte Jörg Weber die dynamische Strategie ein, welche 56% schneller als bisherige Strategien war.¹⁹ 1996 stellten Bengtsson, Heijl und Olsson SITA (Swedish Interactive →

*lecture divertissante sur les débuts de la périométrie, je souhaite vous recommander les articles «Franz Fankhauser: the father of the automated perimeter»⁸ ou «Franz Fankhauser (*1924)», tirés de «100 Jahre SOG und die Entwicklung der Schweizer Augenheilkunde»⁹ (100 ans de SSO et le développement de l'ophtalmologie suisse), les deux signés par le Prof. Balder Gloor. En voici une citation:*

«Avec Spahr, c'est terrible, il ne vient le matin qu'à neuf heures et il repart à cinq heures. Si je souhaite discuter avec lui le soir à partir de 22 heures de l'avancée du projet de périométrie, cela ne lui convient pas. Quelle conception effroyable du travail!». Toutefois, les plaintes se sont progressivement atténuées. Et un jour, Franz est apparu, rayonnant de joie : «Spahr y est arrivé!»

Le Dr Jürg Spahr était physicien et il est devenu plus tard Directeur de l'Institut für Technologieförderung (Institut pour la promotion de la technologie) à Berne. Engagé par le Prof. Fankhauser pour son travail auxiliaire dans le cadre du développement de la périométrie automatique, il a apporté son ingéniosité au projet. Les bases de la périométrie automatique qu'ils ont élaborées étaient si globales et fondamentales qu'elles sont appliquées depuis lors et n'ont guère changé.¹⁰

Une partie des travaux portait sur la question du nombre optimal de stimuli par site de test, pour optimiser les stratégies d'examen. La base pour cela était une publication de Spahr en 1975¹¹, indiquant comment devait être appliquée la théorie de l'information à la présentation des intensités optimales de stimuli. Le fait que ni Kontsevich en 1999¹², ni Xu en 2019¹³ ne citent les travaux de Spahr, montre à quel point nous sommes oublieux dans la période actuelle («Ce que nous ne pouvons pas chercher sur Google n'existe pas»).

Après exactement quatre ans de travail intensif, y compris l'établissement d'un prototype, l'Octopus 201 a vu la lumière du jour en 1974. Ensuite, les avancées ont été faites coup sur coup ; au cours des deux années qui ont suivi, deux autres périmètres automatiques ont été mis sur le marché, qui continuent aujourd'hui à constituer un élément des «trois grands» : à partir du «Competer» d'Anders Heijl est né le périmètre ZEISS Humphrey; les actuels périmètres Oculus sont les arrière-petits-enfants du périmètre automatique de Tübingen du Prof. Elfriede Aulhorn. D'autres noms de produits de cette époque tels que «Squid» ou «Perimetron» ont à nouveau disparu depuis longtemps du marché.¹⁴

Quelques développements importants datant du début de la périométrie statique pourraient être des pistes de réflexion pour les développements ultérieurs. L'affichage de plusieurs stimuli en même temps, introduit dès 1954 par Harrington et Flocks,¹⁵ peut par exemple économiser du temps lors du dépistage. Leur instrument ou aussi le Friedmann Visual Field Analyzer¹⁶ étaient quasiment les prédecesseurs des périmètres automatiques. Jusqu'à un passé récent, ces instruments ont été utilisés surtout dans les cabinets médicaux aux USA et en Angleterre. Erik L. Greve a étudié et documenté intensivement la «Multi-Stimulus-Perimetry».¹⁷

De 30 à 2 minutes

Aux débuts de la périométrie, on a exigé une bonne disponibilité du patient. Heijl et Drance ont écrit au sujet de la sélection des tests : «Un test de dépistage devrait y avoir une durée limitée et pratique, →

Thresholding Algorithm)²⁰ an einem Kongress der International Perimetry Society (IPS) vor. Am selben Ort präsentierten González de la Rosa und Mitarbeiter die TOP-Strategie (Tendency Oriented Perimetry). All diese Strategien sind auch noch in aktuellen Perimetern verfügbar.

Seither hat sich wenig getan. Erwähnenswert ist, dass Anders Heijl, vorher glühender Verfechter des SITA Standard, sich von einer englischen Studie (Saunders et al.)²¹ überzeugen liess, SITA Fast und dessen Weiterentwicklung SITA FASTER zum neuen Standard zu erklären. Die Grundlage dafür ist eindrücklich: Analysiert man die Reproduzierbarkeit der Gesichtsfeld-Tests nicht anhand einer kontrollierten Studie, sondern anhand echter Daten aus Kliniken, so verschwindet der Unterschied zwischen den beiden Varianten, besonders im Bereich über 19 dB. Der Hinweis, dass Stimuli, die heller als etwa 20 dB sind, nur wenig klinischen Nutzen bringen, kommt von Gardiner²² und Wall.²³ Eine multizentrische Studie welche 2019 publiziert wurde überprüfte, ob die gute Reproduzierbarkeit im kritischen Bereich ebenso für SITA FASTER zutrifft, was sich bestätigte (Abb. 1).²⁴ Es scheint also, dass wir kein schlechtes Gewissen haben müssen, wenn wir zum Zweck der Progressionsanalyse unsere Patienten mit einer modernen Schnellstrategie von 2–4 Minuten Dauer untersuchen. Das macht es auch in der Praxis realistischer, die sechs ersten Gesichtsfelder, welche zur Identifikation schnell progredienter Patienten notwendig sind, in den ersten zwei Jahren nach der Diagnose durchzuführen.²⁵

Stimulusgrösse III, der Übeltäter

An dieser Stelle macht es Sinn, auf Stimulusgrössen einzugehen. Der in der Perimetrie übliche Stimulus III nach Prof. Hans Goldmann hat einen Durchmesser von 0.43°. Wer sich darunter nicht viel vorstellen kann, ist nicht allein. Das ist in etwa der scheinbare Monddurchmesser, wie er von der Erde aus gesehen wird. Auf der Netzhaut abgebildet ist dieser Stimulus geringfügig schmaler als die Hauptarterien und -Venen.²⁶ Angioskotoie von 5 bis 10 dB

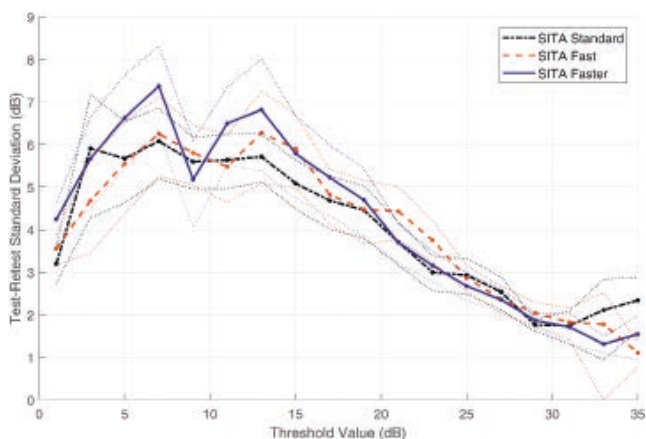


Abb. 1 Durchschnittliche punktweise Variabilität des Schwellwerts und 95 % Vertrauensintervall bei allen Empfindlichkeiten mit den drei SITA Testalgorithmen.²⁴ SITA = Swedish Interactive Thresholding Algorithm. Im wichtigen Bereich von 19.32 dB ist die Reproduzierbarkeit zwischen den drei Varianten fast identisch. RLNK License No 4850781086137.

Fig. 1 Variabilité ponctuelle moyenne de la valeur seuil et intervalle de confiance à 95 % pour toutes les sensibilités avec les trois algorithmes de test SITA (Swedish Interactive Thresholding Algorithm, algorithme suédois avec test de seuil interactif).²⁴ Dans le domaine important de 19.32 dB, la reproductibilité est presque identique entre les trois variantes. Licence RLNK n° 4850781086137.

20 à 30 minutes par œil étant considérées comme raisonnables.»¹⁸ Ce n'est qu'en 1990 que Jörg Weber a introduit la stratégie dynamique, qui était 56 % plus rapide que les stratégies utilisées jusque-là.¹⁹ En 1996, Bengtsson, Heijl et Olsson ont présenté le SITA (Swedish Interactive Thresholding Algorithm)²⁰ lors d'un congrès de l'International Perimetry Society (IPS). Au même endroit, González de la Rosa et coll. ont exposé la stratégie TOP (Tendency Oriented Perimetry). Toutes ces stratégies sont encore disponibles dans les périmètres actuels.

Peu de choses ont changé depuis lors. Il faut mentionner qu'Anders Heijl, auparavant ardent défenseur de SITA Standard, s'est laissé convaincre par une étude anglaise (Saunders et al.)²¹ de déclarer SITA Fast et son perfectionnement SITA FASTER comme nouvelle norme. La base de ce travail est impressionnante: si l'on analyse la reproductibilité du test du champ visuel, non pas à l'aide d'une étude contrôlée, mais à l'aide de véritables données cliniques, la différence entre les deux variantes disparaît, et ce, plus particulièrement dans la plage au-dessus de 19 dB. La remarque selon laquelle les stimuli qui sont plus clairs que 20 dB en moyenne, n'apportent que peu de bénéfice clinique, provient de Gardiner²² et de Wall.²³ Une étude multicentrique, publiée en 2019 a vérifié si la bonne reproductibilité dans la région critique est valable aussi pour SITA FASTER, ce qui s'est confirmé (Fig. 1).²⁴ Il semble donc que nous ne devrions pas avoir mauvaise conscience, si nous examinons nos patients avec une stratégie rapide moderne d'une durée de 2–4 minutes, aux fins de l'analyse de progression. Cela rend aussi plus réaliste dans la pratique le fait d'effectuer les six premiers examens du champ visuel, qui sont nécessaires pour identifier les patients à progression rapide, dans les deux premières années après le diagnostic.²⁵

Taille de stimulus III, la coupable

Il est logique à ce stade d'aborder le sujet des tailles de stimuli. Le stimulus III courant en périmétrie selon le Prof. Hans Goldmann a un diamètre de 0.43°. Les personnes qui ont du mal à se représenter ceci sont nombreuses. Cela revient à peu près à se représenter le diamètre visible de la lune, tel qu'il est vu depuis la terre. Représenté sur la rétine, ce stimulus est légèrement plus étroit que les principales artères et veines.²⁶ Les angioscotomes de 5 à 10 dB, et parfois plus profond, sont donc une réalité²⁷ dans la zone des principaux vaisseaux entre 10 et 15° du point de fixation, de sorte que, dans le cas d'un résultat douteux, il pourrait être judicieux de corréler les voies sanguines avec les sites de test.²⁸ Avec les grilles de test individualisées, nous pourrions éviter les vaisseaux sanguins, ou nous utilisons des stimuli plus grands.

La cinétique et les tests de Goldmann avec une taille de stimulus V (diamètre 1.7°) conviennent pour le stade terminal du glaucome.^{29,30} Wall et al. ont démontré de façon impressionnante comment un test avec le stimulus de la taille V améliore nettement la reproductibilité de nombreux défauts chez les patients atteints de glaucome.³¹ C'est pourquoi il a initié des études plus précises avec la taille de stimulus V et a constaté ceci: certes, on gagne un peu de domaine dynamique, mais des intensités plus claires que 20 dB n'apportent, en cas de taille V, que peu à l'analyse de progression.²³ La reproductibilité semble donc meilleure parce qu'un stimulus III de moins de 20 dB est reconnu avec un stimulus V de plus de 20 dB au même site. Un changement pour une taille de stimulus V constante n'est donc pas la panacée. Phu, Kalloniatis et coll. ont écrit que, pour la détection précoce d'une progression, des stimuli plutôt plus petits seraient utiles au centre.³² Jusqu'à présent, on ne connaît cependant encore aucun test commer-

und manchmal tiefer sind deshalb im Bereich der Hauptgefässe zwischen 10 und 15° vom Fixationspunkt durchaus eine Realität,²⁷ so dass es bei einem zweifelhaften Befund sinnvoll sein kann, die Blutbahnen mit den Testorten zu korrelieren.²⁸ Mit individualisierten Testrastern könnten wir die Blutgefässe vermeiden, oder wir verwenden grössere Stimuli.

Goldmann-Kinetik und -Tests mit Stimulusgrösse V (1.7° Durchmesser) eignen sich für das Endstadium des Glaukoms.^{29,30} Wall et. al demonstrierten eindrücklich, wie ein Test mit Stimulus der Grösse V die Reproduzierbarkeit mancher Defekte bei Glaukompatienten deutlich verbessert.³¹ Deshalb hat er ausführlichere Studien mit der Stimulusgrösse V initiiert und festgestellt: Zwar gewinnt man ein wenig dynamischen Bereich, aber Intensitäten heller als 20 dB bringen auch bei Grösse V kaum etwas für die Progressionsanalyse.²³ Die Reproduzierbarkeit scheint also besser, weil ein Stimulus III von unter 20 dB mit Stimulus V über 20 dB am selben Ort erkannt wird. Ein Umstieg auf eine konstante Stimulusgrösse V ist also kein Allheilmittel. Vielmehr publizierten Phu, Kalloniatis und Mitarbeiter, dass für die Früherkennung einer Progression eher kleinere Stimuli im Zentrum nützlich wären.³² Bis jetzt ist aber noch kein kommerzieller Test bekannt, welcher dieses Wissen auf intelligente Weise kombinieren würde. Deshalb müssen wir im Endstadium weiterhin auf Stimulusgrösse V und/oder ein Makulaprogramm ausweichen und in beiden Fällen mit der Trendanalyse wieder von vorne beginnen.

Bedeutung der Testraster

Die Testraster in der Perimetrie waren anfänglich recht phantasielos und meist äquidistant. Erst 1985 wurde das G1-Programm von Josef Flammer für den Octopus verfügbar.^{33,34} Es trug durch eine dichtere Anordnung von Testorten in der Makula der Tatsache Rechnung, dass rund 50 % der Ganglienzellen innerhalb von 16° Exzentrizität liegen.³⁵ Ende 2018 wurde auch für den Humphrey Field Analyzer HFA3 ein Programm mit zusätzlichen zentralen Testpunkten verfügbar: das 24-2C (Abb. 2).³⁶ Die Entwicklung des 24-2C profitierte dabei von aktuelleren Gesichtsfeldstudien.³⁷

Es wird sich zeigen, ob sich die «Struktur vor Funktion»-Debatte mit der Einführung des 24-2C und vielleicht auch weiterer Gesichtsfeldraster verändert. Jedenfalls postuliert Don Hood in einer Publikation von 2019, dass prinzipiell ein funktioneller Test Veränderungen zuerst erkennt.³⁸ Das setzt voraus, man prüft am richtigen Ort. Wem ist bewusst, dass in Glaukom-Verdachtsfällen und Patienten im Frühstadium 59 % abnormale Halbfelder im 24-2 (zentrale Gesichtsfelder) haben, aber ebenso 53 % im 10-2 (Makula-Programm)? 16 % mit abnormalem Makula Gesichtsfeld hatten sogar ein normales zentrales Gesichtsfeld.³⁹

Gesichtsfeldanalyse

Die automatische Perimetrie hat seit ihrer Einführung noch an Bedeutung gewonnen: Man könnte dies damit erklären, dass es eine umfassende, funktionelle Bestimmung unseres Sehapparates ist. Oder dass wir nun rund 4 Dekaden vergleichbarer Daten für eine Progressionsanalyse haben. Geht es darum, die Wirksamkeit einer Glaukom-Behandlung zu beurteilen oder das Risiko einer Erblindung abzuschätzen, dann führt auch heute kaum ein Weg am Gesichtsfeld vorbei.

Seit den Gründerjahren ist mit der Auswertung von Gesichtsfeld-daten der Name Hans Bebie verbunden. Vieles trägt seine →

cialisé qui combinerait ces données de manière intelligente. C'est la raison pour laquelle nous devons au stade terminal continuer à passer à une taille de stimulus V et/ou à un programme maculaire, et dans les deux cas, recommencer à zéro l'analyse des tendances.

Signification des grilles de test

Les grilles de test dans la périmétrie étaient, au début, plutôt dénuées d'imagination et la plupart du temps équidistantes. Ce n'est qu'en 1985 que le programme G1 de Josef Flammer est devenu disponible pour l'Octopus.^{33,34} Il tenait compte, en raison d'une disposition plus dense des sites de test dans la macula, du fait que 50 % des cellules ganglionnaires se trouvent dans 16° d'excentricité.³⁵ Fin 2018, un programme avec des points de test centraux supplémentaires est devenu disponible aussi pour le Humphrey Field Analyzer HFA3: le 24-2C (Fig. 2).³⁶ Le développement du 24-2C a profité en l'occurrence des études actuelles sur le champ de vision.³⁷

On verra si le débat sur la «structure avant la fonction» change avec l'introduction du 24-2C et peut-être aussi d'autres grilles de champ visuel. En tous cas, Don Hood postule dans une publication de 2019 que, en principe, un test fonctionnel identifie les changements plus rapidement³⁸ à condition que l'on contrôle au bon endroit. Qui sait que, dans les cas de suspicion de glaucome et pour les patients au stade précoce, 59 % ont des demi-champs anormaux au 24-2 (champs de vision centraux), mais 53 % dans le 10-2 (programme maculaire)? De plus, 16 % avec un champ de vision maculaire anormal avaient un champ de vision central normal.³⁹

Analyse du champ visuel

La périmétrie automatique a gagné encore en importance depuis son introduction: on pourrait expliquer cela en disant qu'il s'agit d'une détermination globale fonctionnelle de notre appareil visuel, ou que →

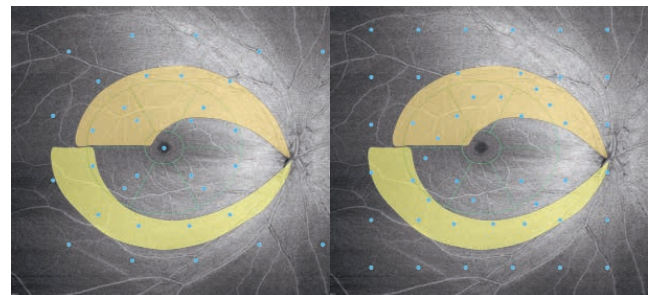


Abb. 2 Verteilung der Testorte im G-Raster und im 24-2C Raster im Vergleich zu einer schematischen Darstellung der häufigsten durch das Glaukom betroffenen Ganglienzell-Bereiche. Die blauen Punkte entsprechen in etwa Stimulusgrösse Goldmann III und sind gemäss Hood und Mitarbeiter um die Länge der Henle-Fasern in ihrer Position korrigiert (Ausnahme ist der Zentrumspunkt, dieser lässt sich nicht zuordnen).⁴⁰ Alle Darstellungen sind in Gesichtsfeldorientierung. Als Hintergrund dient ein en-face Bild des VitreoRetinal Interface (VRI) mit teilweisem Einbezug der Nervenfaserschichten von einem CIRRUS 6000 OCT. Die Blutgefässe erscheinen in dieser Darstellung schmäler als sie sind. **Fig. 2** Répartition des sites de test dans la grille G et dans la grille 24-2C, par comparaison à une représentation schématique des zones des cellules ganglionnaires concernées le plus souvent par le glaucome. Les points bleus correspondent en taille à peu près à celle du stimulus Goldmann III et sont, selon Hood et collaborateurs, corrigés dans leur position de la longueur des fibres de Henle (l'exception est le point central, qui ne peut être assigné).⁴⁰ Toutes les représentations sont dans l'orientation du champ visuel. Une image en face de l'interface vitéo-rétinienne (IVR) fait office d'arrière-plan, avec inclusion partielle des couches de fibres nerveuses prises par CIRRUS 6000 OCT. Dans cette représentation les vaisseaux sanguins paraissent plus étroits qu'ils ne le sont.

Handschrift. Auch wenn er gerne im Hintergrund bleibt, so sind wir ihm dankbar für die wissenschaftliche Basis ebenso wie für sichtbare Beiträge, etwa der kumulativen Defektkurve⁴¹ oder die zentrale Mitwirkung in der aktuellen Progressionsanalyse. Selbst Gardiner et al. anerkennen die Leistung der Clustertrend-Analyse von Hans Bebie und Ernst Bürki: Die Cluster-Trend-Analyse... «detektiert in der Folge bestätigte Gesichtsfeldveränderungen früher als sowohl die globale wie auch die punktweise Analyse.»⁴² Natürlich blieb man auch andernorts nicht untätig. Neuheiten gab es auch immer wieder aus dem Hause Boel Bengtsson und Anders Heijl, so zum Beispiel den Visual Field Index als wichtiges Instrument für die Kommunikation mit dem Patienten⁴³ oder in der seit 1989 kontinuierlich weiterentwickelten Software PeriData von Jörg Weber, der bereits im ersten Jahr die heute noch verwendete GATT (Graphical Analysis of Topographical Trends) einführte.⁴⁴

Ein Blick in die Zukunft

Damit möchten wir den Blick in die Zukunft lenken. Wo geht die Reise hin? Es wäre erfreulich, wenn sich mehr Anwender und Forschungszentren an den Entwicklungen beteiligen würden und

nous disposons maintenant de 4 décennies de données comparables pour une analyse de progression. S'il s'agit d'évaluer l'efficacité d'un traitement du glaucome ou d'estimer le risque d'une cécité, alors aujourd'hui, aucune méthode ne peut se passer de l'examen du champ visuel. Depuis les années fondatrices, le nom d'Hans Bebie est lié à l'évaluation des données du champ visuel. Beaucoup de choses portent sa marque. Même s'il reste volontiers à l'arrière-plan, nous lui sommes reconnaissants pour la base scientifique, ainsi que pour les contributions visibles, comme la courbe de défauts cumulative⁴¹ ou la collaboration centrale à l'analyse de progression actuelle. Même Gardiner et al. reconnaissent la performance de l'analyse de tendance «cluster-trend» par Hans Bebie et Ernst Bürki: l'analyse cluster-trend... «détecte, à la suite, des changements confirmés du champ visuel plus précocement que l'analyse globale et que l'analyse par points.»⁴² Naturellement, on n'est pas resté inactif ailleurs non plus. Des nouveautés en provenance de la maison Boel Bengtsson et Anders Heijl ont sans cesse été dévoilées, par exemple le Visual Field Index comme instrument important pour la communication avec le patient⁴³ ou le logiciel PeriData de Jörg Weber, continuellement perfectionné depuis 1989, qui a introduit dès la première année, l'analyse GATT (Graphical Analysis of Topographical Trends) encore utilisée aujourd'hui.⁴⁴

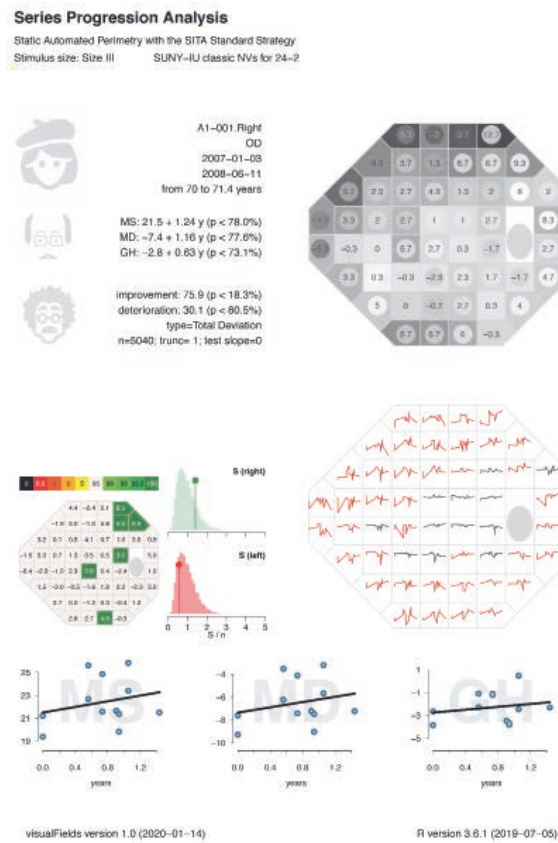
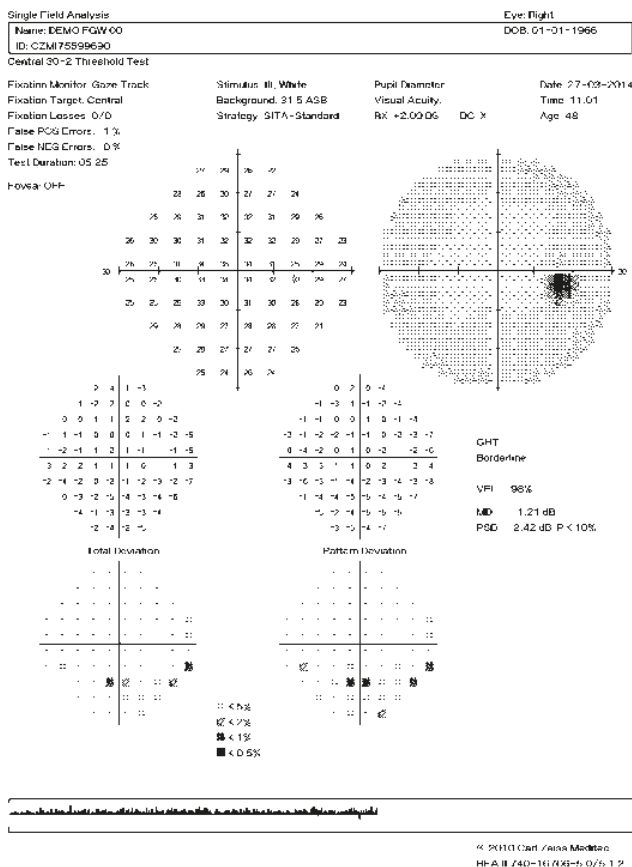


Abb. 3 Ein Vergleich zwischen dem aktuell (2020) weltweit am meisten verbreiteten Ausdruck, der Einzelfeldanalyse des HFA II-i, und einem Ausdruck, welcher mit Hilfe der OPI-Bibliothek erstellt wurde, lässt erahnen, welches Potenzial die Auswertung und Darstellung von Gesichtsfeldern auch heute noch hat. OPI erlaubt die Verwendung unterschiedlicher Normwerte und die Kombination von Status und Trendinformationen.

Fig. 3 Une comparaison entre l'impression d'un seul champ du HFA II-i, actuellement (2020) l'analyse mondialement la plus répandue, et une impression qui a été établie à l'aide de la bibliothèque OPI, permet de deviner quel potentiel ont encore aujourd'hui l'interprétation et la représentation des champs visuels. L'initiative OPI permet d'utiliser différentes valeurs normées et de combiner le statut et les informations sur la tendance.

so die Zukunft der Perimetrie mitgestalten. Um einen aktiven Austausch zu ermöglichen, wurde unter anderem ein DICOM®-Standard (Digital Imaging and Communications in Medicine) kreiert, für die einfache, normierte Weitergabe numerischer Perimetriedaten.⁴⁵ Im Rahmen des «First Octopus Research Meeting» trafen sich am 3. Juli 2010 Ulrich Schiefer, Allison McKendrick und Andrew Turpin und legten den Grundstein für die Open Perimetry Initiative OPI, indem sie ein erstes universelles Interface für Perimeter definierten. OPI besteht aus zwei Bereichen, der Fernsteuerung von Instrumenten für eine unabhängige Forschung und einer offenen Bibliothek für die Gesichtsfeldauswertung. Schon kurz nach der Veröffentlichung stellten das Octopus 900 und das Heidelberg Edge Perimeter eine OPI-Schnittstelle zur Verfügung.⁴⁶ 2013 stellten Marín-Franch und Swanson einer breiteren Öffentlichkeit eine frühe Version der Gemeinschafts-Bibliothek zur Auswertung und Visualisierung von Gesichtsfeldern vor.⁴⁷

Weitere Ansätze sind interessant: So finden im Bereich Virtuelle Realität und iPad-basierte Perimetrie verschiedene Entwicklungen statt. Auch Anwendungen für die Perimetrie zuhause zeigen sich vielversprechend, beispielsweise in den Arbeiten der Gruppe von Algis Vingrys in Melbourne, publiziert u. a. durch Anderson et al.⁴⁸ Diese zeigen das Potential auf, durch häufigere Tests zuhause eine Progression früher zu detektieren.

Seit seiner Bachelorarbeit befasste sich Maximilian Stocker mit VR-Perimetrie und deren Visualisierung (Abb. 4). Wichtig ist ihm, dass sich die optimale Darstellung für die klinische Auswertung kaum für die Patientenkommunikation eignet. Als Basis →

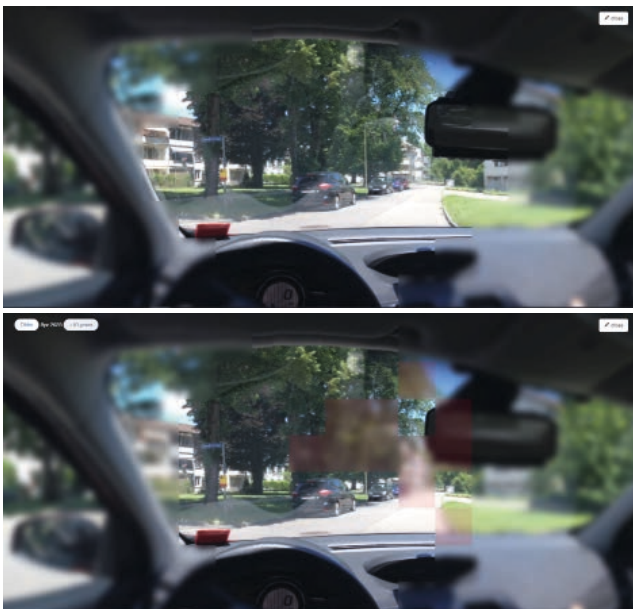


Abb. 4 Beispiel eines normalen binokularen Gesichtsfeldes und eines aufgrund von Verlaufsdaten in die Zukunft projizierten binokularen Gesichtsfeldes in einer eher patientenverständlichen Form. Die Basis dieser Virtuellen Perimetrie bilden normale monokulare Gesichtsfelder aus der Verlaufskontrolle, welche z.B. via DICOM Ophthalmic Visual Field (OPV) Format importiert werden können.

Fig. 4 Exemple d'un champ visuel binoculaire normal et d'un champ visuel binoculaire projeté dans l'avenir sur la base des données d'évolution, sous une forme plutôt compréhensible pour les patients. Les champs visuels monoculaires normaux du contrôle d'évolution, qui peuvent être importés, par exemple, via le format DICOM Ophthalmic Visual Field (OPV), constituent la base de cette périmétrie virtuelle.

Un œil sur l'avenir

Nous souhaitons ainsi porter notre regard vers l'avenir. Où va le voyage? Ce serait réjouissant si davantage d'utilisateurs et de centres de recherche participaient aux développements, contribuant ainsi à l'avenir de la périmétrie. Pour permettre un échange actif, il a été créé entre autres une norme DICOM® (Digital Imaging and Communications in Medicine), pour la transmission simple, normée des données de périmétrie numériques.⁴⁵ Dans le cadre du «First Octopus Research Meeting», Ulrich Schiefer, Allison McKendrick et Andrew Turpin se sont rencontrés le 3 juillet 2010 pour poser la première pierre de l'Open Perimetry Initiative OPI, en définissant une première interface universelle pour les périmètres. OPI se compose de deux domaines, la télécommande d'instruments pour une recherche indépendante et une bibliothèque ouverte pour l'évaluation des champs visuels. Peu de temps après la publication, Octopus 900 et l'Heidelberg Edge Perimeter ont mis à disposition une interface OPI.⁴⁶ En 2013, Marín-Franch et Swanson ont présenté à un public plus large une version précoce de la bibliothèque communautaire pour l'évaluation et la visualisation des champs visuels.⁴⁷

D'autres approches sont intéressantes: dans le domaine Réalité virtuelle et périmétrie basée sur iPad, différents développements se sont produits. Les applications pour la périmétrie à la maison se montrent prometteuses, par exemple dans les travaux du groupe d'Algis Vingrys à Melbourne, publiés entre autres par Anderson et al.⁴⁸ Ils soulignent le potentiel de détecter une progression plus tôt à la maison, grâce à des tests plus fréquents.

Depuis son mémoire de bachelor, Maximilian Stocker s'est occupé de la périmétrie en réalité virtuelle et sa visualisation (Fig. 4). Il lui importe que la représentation optimale pour l'évaluation clinique soit peu appropriée pour la communication avec le patient. Il a utilisé comme base des images de recherche ou des situations quotidiennes avec des domaines flous aux endroits où le patient a des pertes, ou à des endroits où ces pertes se développent.⁴⁹

Nous avons peut-être éveillé un peu votre curiosité, et vous regarderez à nouveau une publication sur la périmétrie. Ce sujet recèle encore un grand potentiel et des évolutions passionnantes nous attendent certainement.

Les auteurs remercient Maximilian Stocker pour ses contributions à cet article. Certaines technologies mentionnées dans l'article sont éventuellement protégées par des brevets. •

Disclosure: Matthias Monhart est salarié de Carl Zeiss AG, Feldbach, Suisse. L'article a été rédigé à la demande de la rédaction. →



Korrespondenz/ Correspondance

Matthias Monhart
Im Rifenbrunnen 25, 8352 Elsau
matthias@monhart.org



Paul H. Artes
Southwest Eye Institute
@teh, Pearl Assurance House
Tavistock, Devon, UK, PL19 0BN
paul@swei.eu

verwendete er Suchbilder oder Alltagssituationen mit verschwommenen Bereichen an Stellen, an welchen der Patient Ausfälle hat oder sich solche entwickeln.⁴⁹

Vielleicht haben wir jetzt ein wenig Ihre Neugier geweckt, und Sie schauen sich wieder einmal eine Publikation zur Perimetrie an. Es gibt noch viel Potenzial, und die eine oder andere spannende Entwicklung wartet auf uns.

Die Autoren danken Maximilian Stocker für seine Beiträge zu diesem Artikel. Einige im Artikel erwähnte Technologien sind möglicherweise durch Patente geschützt. •

Disclosure: Matthias Monhart ist Angestellter der Carl Zeiss AG, Feldbach, Schweiz. Der Beitrag entstand auf Anfrage der Redaktion.

Referenzen / Références

1. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=visual+field+water+drinking>, 28.05.2020
2. De Moraes CG, et al. Predictive Value of the Water Drinking Test and the Risk of Glaucomatous Visual Field Progression. *J Glaucoma* 2017;26:767-773.
3. Terelak-Borys B, et al. Transient visual field impairment after cold provocation in glaucoma patients with Flammer syndrome. *Restor Neurol Neurosci*. 2019;37(1):31-39.
4. Maples WC, et al. The effects of cell phone use on peripheral vision. *Optometry* 2008;79(1):36-42.
5. Wall M, et al. The effect of attention on conventional automated perimetry and luminance size threshold perimetry. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2004;45(1):342-350.
6. Sergott RC, et al. Vigabatrin-induced peripheral visual field defects in patients with refractory partial epilepsy. *Epilepsy Res*. 2010;92(2-3):170-176. 4
7. Yusuf IH, et al. Hydroxychloroquine retinopathy. *Eye (Lond)*. 2017;31(6):828-845.
8. Gloor BP, Franz Fankhauser: the father of the automated perimeter. *Surv Ophthalmol*. 2009;54(3):417-425.
9. Gloor, B. Franz Fankhauser (*1924). 100 Jahre SOG und die Entwicklung der Schweizer Augenheilkunde. Schweizerische Ophthalmologische Gesellschaft (Hrsg.) 2007, Targetmedia, Horw, 119-127 (p. 122)
10. Koch P, et al. Perimetry--the information theoretical basis for its automation. *Vision Res*. 1972;12(10):1619-1630.
11. Spahr J. Optimization of the presentation pattern in automated static perimetry. *Vision Res*. 1975;15(11):1275-1281.
12. Kontsevich LL, Tyler CW. Bayesian adaptive estimation of psychometric slope and threshold. *Vision Res*. 1999;39(16):2729-2737. 5
13. Xu P, et al. A novel Bayesian adaptive method for mapping the visual field. *J Vis*. 2019;19(14):16. 6
14. Rosenfield M, Logan N. *Optometry: Science, Techniques and Clinical Management*. Elsevier Health Services, Edinburgh, 2nd Ed. 2009
15. Harrington DO, Flocks M. Visual field examination by a new tachystoscopic multiple-pattern method; a preliminary report. *Am J Ophthalmol*. 1954;37(5):719-723.
16. Friedmann AI. The early detection of chloroquine retinopathy with the Friedmann visual field analyser. *Ophthalmologica*. 1969;158 Suppl:583-591.
17. Greve EL, Thesis: Single and Multiple Stimulus Static Perimetry in Glaucoma; the Two Phases of Perimetry. Dr. W. Junk B.V. Publishers The Hague, 1973
18. Heijl A, Drance SM. A clinical comparison of three computerized automatic perimeters in the detection of glaucoma defects. *Documenta Ophthalmologica Proceedings Series volume 26, 4th International Visual Field Symposium, Bristol, April 13-16, 1980*.
19. Weber J. Eine neue Strategie für die automatisierte statische Perimetrie [A new strategy for automated static perimetry]. *Fortschr Ophthalmol*. 1990;87(1):37-40.
20. Bengtsson B, et al. Evaluation of a new Interactive Threshold Strategy in normal subjects. *Perimetry Update 1996/1997*, pp 87-88, Proceedings of the XIIIth International Perimetric Society Meeting Würzburg, Germany, June 4-8, 1996, Kugler Publications.
21. Saunders LJ, et al. Measurement precision in a series of visual fields acquired by the standard and fast versions of the Swedish interactive thresholding algorithm: analysis of large-scale data from clinics. *JAMA Ophthalmol*. 2015;133(1):74-80.
22. Gardiner SK, et al. The Effect of Limiting the Range of Perimetric Sensitivities on Pointwise Assessment of Visual Field Progression in Glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2016;57(1):288-294.
23. Wall M, et al. The Effective Dynamic Ranges for Glaucomatous Visual Field Progression With Standard Automated Perimetry and Stimulus Sizes III and V. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2018;59(1):439-445. 0
24. Heijl A, et al. A New SITA Perimetric Threshold Testing Algorithm: Construction and a Multicenter Clinical Study. *Am J Ophthalmol*. 2019;198:154-165.
25. Chauhan BC, et al. Practical recommendations for measuring rates of visual field change in glaucoma. *Br J Ophthalmol*. Apr 2008;92(4):569-573.
26. Goldenberg D, et al. Diameters of retinal blood vessels in a healthy cohort as measured by spectral domain optical coherence tomography. *Retina*. 2013;33(9):1888-1894.
27. Astle AT, et al. Central visual field sensitivity data from microperimetry with spatially dense sampling. *Data Brief*. 2016;9:673-675.
28. Häberlin H, et al. Angioscotoma: Preliminary Results Using the New Spatially Adaptive Program Sapro. In: Greve EL, Heijl A (eds.). 5th International Visual Field Symposium. *Documenta Ophthalmologica Proceedings Series*, vol 35. Springer, Dordrecht 1983
29. Scheuerle AF, et al. Funktionsdiagnostische Möglichkeiten bei fortgeschrittenem oder präterminalem Glaukom. *Ophthalmologie*. 2012;109(4):337-344. 5
30. Paletta Guedes RA, et al. Comment surveiller un glaucome agonique. *J Fr Ophtalmol*. 2013;36(5):442-448.
31. Wall M, Kutzko KE, Chauhan BC. Variability in patients with glaucomatous visual field damage is reduced using size V stimuli. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1997;38(2):426-435.
32. Phu J, et al. A Method Using Goldmann Stimulus Sizes I to V-Measured Sensitivities to Predict Lead Time Gained to Visual Field Defect Detection in Early Glaucoma. *Transl Vis Sci Technol*. 2018;7(3):17.
33. Gloor B, Gloor E. Die Erfassbarkeit glaukomatöser Gesichtsfeldausfälle mit dem automatischen Perimeter Oktopus. Ein Vergleich zwischen Programm G-1 und den Programmen 31 und 32 und deren Kombination [Detectability of glaucomatous visual field defects with the Octopus automatic perimeter. A comparison between program G-1 and programs 31 and 32 and their combinations]. *Klin Monbl Augenheilkd*. 1986;188(1):33-38. 9
34. Pradines F, et al. Le programme G1 de l'Octopus. Description--Utilisation. *J Fr Ophtalmol*. 1987;10(11):699-705.
35. Curcio CA, Allen KA. Topography of ganglion cells in human retina. *J Comp Neurol*. 1990;300(1):5-25. 3
36. Callan T, et al. Evaluation of the SITA Faster 24-2C Visual Field Test, ARVO 2018, Poster #5111-B0100
37. Monhart M, et al. Selecting additional test locations to enhance the 24-2 pattern using a scoring system, WGC 2017 Poster Presentation P-WT-309
38. Hood DC. Does Retinal Ganglion Cell Loss Precede Visual Field Loss in Glaucoma? *J Glaucoma* 2019;28:945-951.
39. Traynis I, et al. Prevalence and nature of early glaucomatous defects in the central 10° of the visual field. *JAMA Ophthalmol*. 2014;132(3):291-297.
40. Hood DC, Raza AS. Method for comparing visual field defects to local RNFL and RGC damage seen on frequency domain OCT in patients with glaucoma. *Biomed Opt Express* 2011 Apr 5;2(5):1097-1105- based upon a study by Drasdo, Millican, Katholi, and Curcio (2007).
41. Kaufmann H, Flammer J. Die Bebié-Kurve (kumulative Defektkurve) zur Differenzierung von lokalen und diffusen Gesichtsfelddefekten. *Fortschr Ophthalmol*. 1989;86(6):687-691.
42. Gardiner SK, et al. Detection of Functional Change Using Cluster Trend Analysis in Glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2017;58(6):BIO180-BIO190.
43. Bengtsson B, Heijl A. A visual field index for calculation of glaucoma rate of progression. *Am J Ophthalmol*. 2008;145(2):343-353.
44. Weber J, Krieglstein GK. Graphical analysis of topographical trends (GATT) in automated perimetry. *Int Ophthalmol*. 1989;13(5):351-356.
45. Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) Supplement 146 Ophthalmic Visual Field (OPV) Static Perimetry Measurements Storage SOP Class, http://medical.nema.org/medical/dicom/final/sup146_ft2.pdf
46. Turpin A, et al. The Open Perimetry Interface: an enabling tool for clinical visual psychophysics. *J Vis*. 2012;12(11):22.
47. Marin-Franch I, Swanson WH. The visualFields package: a tool for analysis and visualization of visual fields. *J Vis*. 2013;13(4):10. 0
48. Anderson AJ, et al. Can Home Monitoring Allow Earlier Detection of Rapid Visual Field Progression in Glaucoma? *Ophthalmology* 2017;124(12):1735-1742.
49. Stocker M, Bachelor's Thesis of Informatics, Head-Mounted Perimetry and Visual Field Visualization for Glaucoma Diagnosis, Technische Universität München, 2016