

Imagerie du glaucome

Michel Puech^{1,2}, Maté Strehö^{1,3}

L'imagerie du glaucome, en pleine évolution, permet d'analyser à la fois les structures anatomiques dépendantes des atteintes glaucomateuses, mais aussi la fonction du nerf optique. L'intérêt d'une détection précoce de la maladie glaucomateuse pousse à réaliser l'imagerie la plus performante pour la détection la plus précoce possible soit d'une atteinte fonctionnelle, soit d'une atteinte anatomique, dans le but d'instaurer un traitement dès les premiers signes d'atteinte oculaire liés à l'hypertonie.

Les analyseurs de papilles, de fibres optiques péri-papillaires et de fibres ganglionnaires maculaires ont beaucoup évolué pour améliorer le suivi des patients glaucomateux.

Les appareils destinés à explorer le champ visuel se font plus précis, avec notamment des études de progression des tracés permettant un suivi régulier des patients, mais avec aussi la possibilité d'utiliser des tests de détection précoce.

L'imagerie du segment antérieur avec les OCT de segment antérieur et les appareils UBM donnent une approche nouvelle pour le suivi des patients présentant un angle irido-cornéen étroit. Ces différents systèmes de diagnostic permettent ainsi de mieux quantifier le risque potentiel de glaucome par fermeture de l'angle pouvant nécessiter un traitement adapté.

Analyse de la papille et des fibres optiques

Apport de la tomographie en cohérence optique (OCT)

L'analyse des fibres optiques et de la papille a été décrite en se basant sur les OCT de première génération avec la mise en évidence de l'intérêt de mesurer l'épaisseur des fibres optiques péri-papillaires sur un disque de 3,45 mm autour de la papille. Cet élément permet d'obtenir

Compte rendu rédigé d'après les communications du congrès « Imagerie en ophtalmologie : de la théorie à la pratique » (24 septembre 2010, Paris).

1. Centre Explore Vision, Paris

2. CHNO des XV-XX, Paris

3. Centre Cochin ambulatoire d'ophtalmologie, Paris

une courbe dont le tracé représente une double bosse, en passant par le secteur temporal, supérieur, nasal, inférieur (TSNIT) (figure 1). La comparaison du tracé de chaque patient par rapport à des bases de données normales permet d'identifier les épaisseurs de fibres optiques péri-papillaires sortant d'une répartition statistiquement normale.

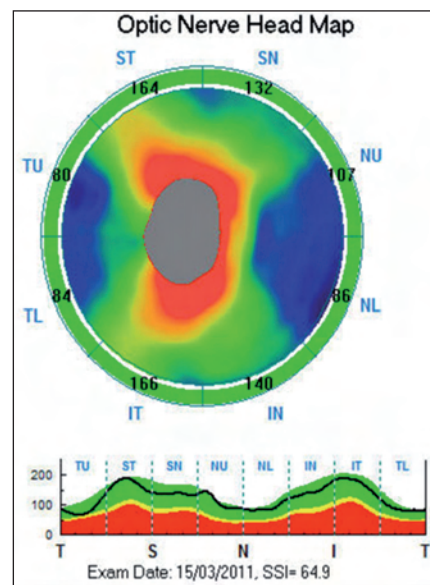


Figure 1. Analyse de l'épaisseur des fibres optiques péri-papillaires chez un patient sain. Représentation par une cartographie (en haut) et par le déroulé donnant un aspect en double bosse (en bas), avec comparaison des données par rapport à une base de données normales (OCT RTVue).

La reconnaissance de l'épithélium pigmenté au niveau des bords de la papille permet de positionner une ligne repère, avec possibilité de mesure de l'excavation papillaire par rapport à un plan de référence (figure 2).

Ces deux mesures ont été nettement améliorées en reproductibilité et en précision par l'avènement des OCT en domaine spectral, permettant des acquisitions plus rapides avec des points de mesure plus nombreux.

Matériel

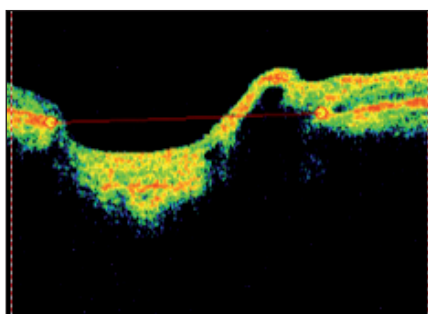


Figure 2. Positionnement des repères par rapport à l'épithélium pigmenté au niveau des bords de la papille pour réaliser les mesures, notamment l'excavation papillaire.

La courbe RNFL (*Retinal Nerve Fiber Layer*) devient une référence importante en matière de suivi de l'épaisseur des fibres optiques péripapillaires et est disponible sur l'intégralité des appareils commercialisés (figure 3).

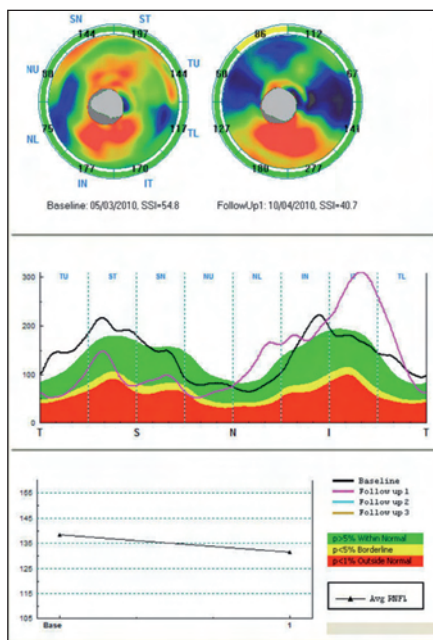


Figure 3. Analyse comparative de l'épaisseur des RNFL entre deux examens. Noter le discret amincissement en supéro-nasal avec un tracé qui vient aux limites inférieures de la normale (OCT RTVue).

L'analyse de l'excavation papillaire reste moins reproductible.

L'adjonction de certaines options en OCT, avec la possibilité de mesurer l'épaisseur des fibres ganglionnaires maculaires, offre le moyen de corréler les atteintes du champ visuel avec l'amincissement des fibres ganglionnaires au niveau maculaire lié à la pathologie glaucomateuse, et donne une information supplémentaire en cas d'analyse de la papille ou des fibres optiques péripapillaires faussée par des anomalies (soit dysversion papillaire, soit d'atrophie péripapillaire) (figure 4).

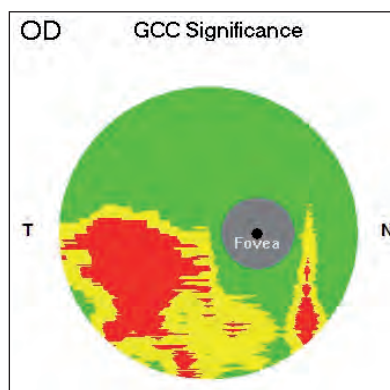


Figure 4. Analyse de l'épaisseur des fibres ganglionnaires maculaires. Noter l'amincissement dans l'hémichamp inférieur (OCT RTVue).

La polarimétrie à balayage laser (GDx)

Une autre approche de l'épaisseur des fibres optiques péripapillaires est donnée par l'appareil GDx (Zeiss Humphrey) qui utilise un laser polarimètre à balayage. Cette analyse par image polarimétrique peut être parfois influencée par la cornée ou le cristallin.

Les évolutions des appareils GDx en CCF puis VCC permettent de limiter de façon plus importante les artefacts de mesure. L'épaisseur des fibres péripapillaires est comparée à une base de données permettant, comme pour les tracés RNFL de l'OCT, d'obtenir des réponses quant au positionnement du tracé d'un patient donné par rapport à une base de données normales (figure 5). L'avantage de l'examen avec l'appareil GDx est qu'il est assez rapide à effectuer.

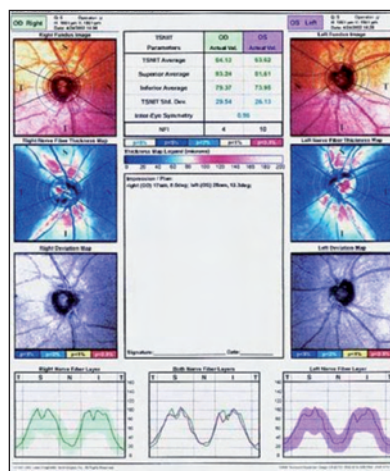


Figure 5. Analyse de l'épaisseur des RNFL en Gdx. Les résultats sont obtenus sous forme d'une représentation cartographique et d'un tracé en « double bosse » avec comparaison par rapport à une base de données normales.

La tomographie confocale par balayage laser (HRT)

Une autre façon d'analyser l'épaisseur des fibres optiques est d'utiliser l'appareil par balayage laser HRT (Heidelberg). Il utilise le principe de l'ophtalmoscopie confocale à balayage laser donnant une évaluation quantitative tridimensionnelle de la tête du nerf optique avec une topographie de la région péripapillaire. Cet appareil

utilise aussi un plan de référence par rapport au contour de la tête du nerf optique.

Les diagrammes sont aussi schématisés en courbe en double bosse en TSNIT pour identifier l'épaisseur des fibres neuro-rétiniennes autour de la papille (figure 6). Les différents secteurs autour du nerf optique peuvent être classés en : normal, limite, hors des limites de la normale, par une signalétique verte, jaune ou rouge, permettant une analyse rapide du résultat.

Un suivi de progression est possible, avec notamment une importante stabilité dans le temps de l'appareillage.

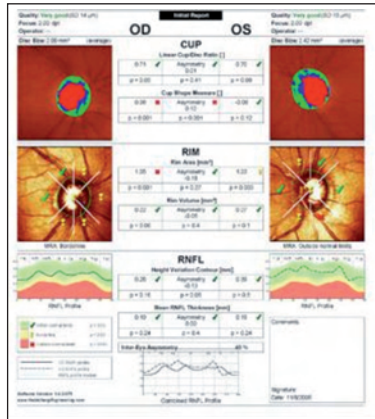


Figure 6. Analyse de l'épaisseur des fibres optiques péripapillaires en HRT, donnant une cartographie et le déroulé, avec comparaison à une base de données normatives (HRT, Heidelberg).

Les différents champs visuels

Le principe des relevés campimétriques est basé sur la projection de tests lumineux sur les différentes zones rétiniennes permettant des relevés campimétriques décrits de façon précise par le champ visuel de Goldmann (figure 7), et encore mieux explorés par les champs visuels automatisés, comme les systèmes Octopus (figure 8) ou Humphrey (figure 9).

Ces appareils de sensibilité plus élevée, notamment dans le test du champ visuel central, permettent des suivis par indices de progression pour lesquels les fluctuations de concentration du patient doivent être analysées avant de conclure de façon nette sur une dégradation des tracés.

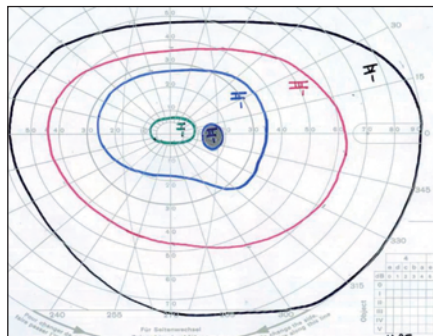


Figure 7. Champ visuel cinétique manuel de type Goldmann.

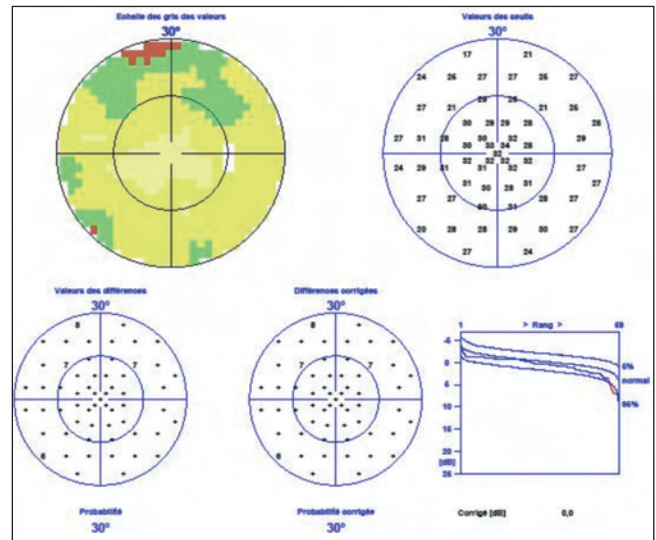


Figure 8. Champ visuel statique automatisé de type Octopus.

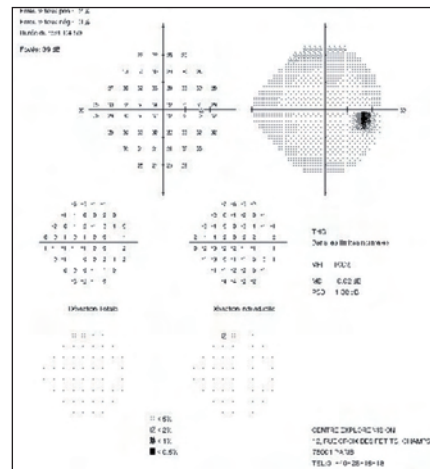


Figure 9. Champ visuel statique automatisé de type Humphrey.

L'apparition de champs visuels de dépistage précoce, comme les champs visuels bleu-jaune ou le FDT Matrix, permettent une approche plus fine de la perte de sensibilité pouvant être liée à une atteinte glaucomateuse précoce, avec possibilité de suivi de courbe de progression.

Imagerie de l'angle irido-cornéen

Elle peut être réalisée soit par les appareils OCT rétinien focalisés sur la cornée, soit par des appareils OCT dédiés à l'analyse du segment antérieur, soit par échographie de haute fréquence (UBM).

OCT rétiniens et de segment antérieur

Les appareils OCT destinés à la rétine peuvent, dans leur génération *Spectral Domain*, se focaliser sur le segment antérieur avec une très bonne visualisation de la cornée permettant des analyses pachymétriques. Cependant, la longueur d'onde adaptée à la rétine présente une limi-

Matériel

tation de pénétration au niveau de l'angle irido-cornéen avec une difficulté pour visualiser le fond de l'angle irido-cornéen, et une quasi-impossibilité d'observer le corps ciliaire ainsi que la position des procès ciliaires.

Les OCT dédiés au segment antérieur utilisent des longueurs d'onde plus élevées (aux alentours de 1300 nanomètres) qui permettent une meilleure pénétration à travers les structures pigmentées comme les différentes couches de l'iris. Les images en coupe de tout le segment antérieur permettent des mesures d'angle à angle et de positionnement du cristallin par rapport à la droite tracée d'angle à angle (figure 10). Cette notion permet d'introduire la mesure de la flèche cristallinienne et donne un élément d'analyse du risque de fermeture de l'angle pouvant être corrélé soit à un gros cristallin, soit à un cristallin positionné de façon antérieure.

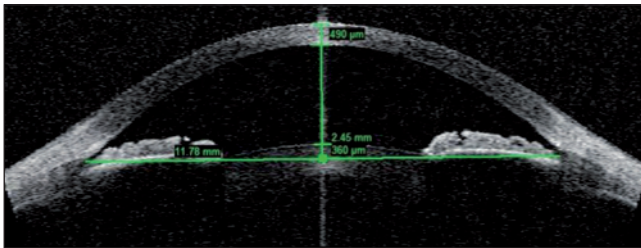


Figure 10. Image en coupe du segment antérieur permettant la pachymétrie et les mesures de profondeur de chambre antérieure, de flèche cristallinienne et d'angle à angle (OCT Visante, Carl Zeiss Meditec).

Échographie de haute fréquence (UBM)

L'utilisation des appareils UBM, basés sur le principe de l'échographie de très haute fréquence, apporte, dans les générations actuelles d'appareils, une visualisation très nette de toutes les structures de l'angle irido-cornéen, avec notamment une bonne visualisation de l'éperon scléral qui sert de repère fixe par rapport à la dynamique de l'iris et du corps ciliaire en fonction des différents stimuli.

Le contour des procès ciliaires est parfaitement identifié permettant ainsi de différencier les angles étroits (figure 11) des anatomies d'angle étroit associées à un mécanisme d'iris plateau. L'iris plateau est lié en grande partie à la position antérieure des procès ciliaires par rapport à l'éperon scléral avec une absence de sulcus ciliaire par appui du corps ciliaire sur la racine de l'iris.

L'utilisation de l'UBM et des appareils OCT peut aussi apporter un complément d'information sur des chirurgies filtrantes permettant une bonne analyse de la fonctionnalité des bulles conjonctivales de filtration, mais aussi l'identification de certaines zones de résistance par rapport à l'écoulement de l'humeur aqueuse, notamment par collapsus du volet scléral.

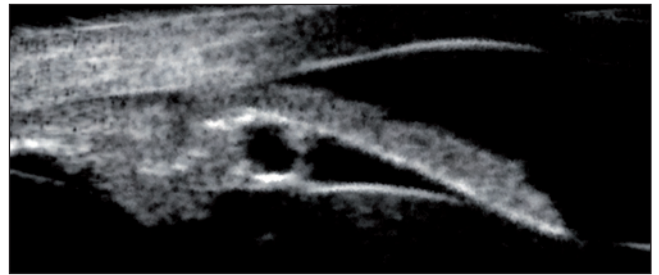


Figure 11. Image en coupe de l'angle irido-cornéen en UBM. Noter un aspect étroit, voire fermé avec la présence d'un kyste irido-ciliaire pouvant majorer l'aspect étroit de l'angle en gonioscopie (UBM VuMax II, Sonomed).

En cas de sclérectomie profonde, la visualisation du feuillet trabéculaire dans l'angle irido-cornéen ainsi que la présence d'une bonne chambre de décompression peuvent être le témoin d'une filtration angulaire satisfaisante.

À l'inverse, des bulles de filtration conjonctivales sclérosées, ne permettant pas l'évacuation de l'humeur aqueuse dans l'épaisseur de la conjonctive, peuvent orienter vers des décisions thérapeutiques complémentaires.

Un intérêt pour le diagnostic, le suivi et la prise en charge thérapeutique

L'imagerie moderne appliquée aux pathologies glaucomateuses présente un grand intérêt dans le dépistage précoce des atteintes liées à l'hypertonie oculaire, avec des systèmes d'observation de plus en plus précis et reproductibles sur l'analyse de la fonction et de la structure des éléments anatomiques pouvant souffrir en cas d'hypertonie oculaire prolongée.

L'imagerie de l'angle irido-cornéen apporte un net complément d'informations par rapport à la gonioscopie, qui reste l'élément essentiel d'une analyse de l'angle irido-cornéen avec la possibilité de mieux visualiser les synéchies irido-cornéennes et la coloration de l'angle irido-cornéen.

L'accélération des évolutions technologiques, liée à l'amélioration constante des microprocesseurs utilisés dans les différents systèmes, permet d'envisager des diagnostics de plus en plus précis et de plus en plus précoces, ainsi que des suivis de l'évolution permettant d'optimiser le traitement des patients déjà diagnostiqués.

Remerciements

Esther Blumen-Ohana, Jean-Marie Giraud, Antoine Labbé, Jacques Laloum, Franck May, Jean-Philippe Nordmann, Jean-Paul Renard, Jean-François Rouland, Catherine Vignal-Clermont.