Imagerie des tumeurs choroïdiennes : des ultrasons et de la lumière

RÉSUMÉ: Le diagnostic d'une masse choroïdienne repose sur un faisceau d'arguments porté par une imagerie multimodale, mais il est fréquent que l'évolution au cours du temps module le diagnostic. Les mélanomes choroïdiens sont très peu échogènes, contrairement aux hémangiomes choroïdiens. L'OCT concurrence progressivement l'échographie dans la sémiologie des tumeurs, en particulier pour le diagnostic des nævi et des petits mélanomes. Le RetroMode est moins répandu mais des auteurs ont montré qu'il était particulièrement sensible pour identifier et préciser la taille des nævi.



T. DESMETTRE Centre de rétine médicale, MARQUETTE-LEZ-LILLE.

e diagnostic d'une masse choroïdienne est une circonstance peu fréquente au cours de laquelle le pronostic vital du patient peut être mis en jeu. L'examen clinique montre des signes d'orientation mais le diagnostic étiologique repose en règle générale sur un faisceau d'arguments apportés par différents examens. Parfois il faut observer l'évolution des aspects au cours du temps pour apporter la confirmation d'un diagnostic.

Nous discuterons ici des apports respectifs des ultrasons et des images basées sur l'OCT, la réflectance ou la fluorescence.

Généralités

La sémiologie des tumeurs est principalement indirecte. Les examens (clichés sans préparation, échographie, OCT, angiographies avec colorant) visent à caractériser la lésion en cause mais permettent surtout d'apprécier "l'état de santé" des tissus au pourtour de la lésion, en particulier celui de l'épithélium pigmentaire.

Une lésion bénigne refoule progressivement les tissus environnants, provoquant quelques perturbations comme l'accumulation de drusen associés à un dysfonctionnement chronique du couple épithélium pigmentaire/choriocapillaire. Au contraire, une lésion maligne pourra provoquer un dysfonctionnement avéré de l'épithélium pigmentaire avec l'accumulation de fluides sous-rétiniens: micro-décollements séreux rétiniens (DSR) repérés en OCT ou "pin points" observés aux temps tardifs de l'angiographie à la fluorescéine. L'allongement des photorécepteurs et l'accumulation de matériel autofluorescent signalent le caractère chronique d'un DSR-mais pas obligatoirement le caractère malin d'une lésion sous-jacente. Contrairement aux métastases, les mélanomes n'ont pas de tropisme particulier pour le pôle postérieur, ce qui peut retarder le diagnostic d'un DSR associé si celui-ci n'est pas étendu à la macula.

Ultrasons et lumière

Les ultrasons et la lumière partagent des propriétés d'atténuation et de réflexion dans les tissus avec cependant quelques différences. Les ondes acoustiques se propagent **dans un milieu** avec un schéma d'onde **longitudinal**. Au contraire, les ondes optiques ne requièrent pas de support pour leur



Fig. 1: Schémas différentiels d'une onde longitudinale (ultrasons) et d'une onde transverse (lumière). D'après www.olympus-ims.com/fr/ndt-tutorials/flaw-detection/wave-propagation



Fig. 2: Examen comparatif en SD-OCT (en haut) et en SS-OCT (en bas) d'un naevus choroïdien chez une patiente de 49 ans. La moindre dispersion du rayonnement laser à 1050 nm du SS-OCT pénètre plus profondément dans les couches choriorétiniennes que celle d'un SD-OCT à 850 nm. La conception des systèmes *swept source* contribue à expliquer la meilleure définition de l'image des couches choroïdiennes, du vitré et une visualisation un peu plus précise des vaisseaux au sein du naevus [2].

transmission et le schéma de l'onde est dit **transverse** (*fig. 1*).

Les différences de vitesse de propagation dans l'air ou dans un milieu aqueux conditionnent la convergence ou au contraire la divergence des ondes.

Les notions sur la réflectivité de la lumière sont évidemment familières aux ophtalmologistes. La réflectivité de la lumière est fonction des différences d'indices de réfraction aux interfaces [1]. Par ailleurs, la longueur d'onde utilisée influence la dispersion (*scattering*) des photons et donc l'atténuation du rayonnement. Une partie des photons bleus de la lumière solaire est dispersée dans les hautes couches de l'atmosphère, expliquant la couleur bleue du ciel. À l'inverse, les photons rouges sont moins dispersés et traversent plus facilement les couches de nuages ou de brume, expliquant la couleur des couchers de soleil. De la même manière, la source d'un SS-OCT 1050 nm pénètre plus profondément dans les couches choriorétiniennes que celle d'un SD-OCT à 850 nm. La conception des systèmes swept source contribue à expliquer la meilleure précision des images de la choroïde (fig. 2).

En échographie, la **réflectivité** est fonction des **différences d'impédance** des interfaces [3]. Cette réflectivité correspond au fait d'avoir une série d'échos; les échographistes utilisent souvent terme "**échogène**" pour désigner la réflectivité. L'**atténuation** correspond à la diminution progressive de la hauteur des échos. Elle est influencée par la réflexion, l'absorption et la longueur d'onde utilisée (**fig. 3 et 4**).

Pour mémoire, la longueur d'onde résulte de la célérité dans le milieu divisée par la fréquence ($\lambda = C/F$). Ainsi, dans l'eau, la sonde d'échographie à 10 MHz produit une onde ultrasonore dont la longueur d'onde est 150 µm et la longueur d'onde associée à la sonde



Fig. 3: L'atténuation (ou vide acoustique) n'est pas synonyme d'effet d'ombre. (A) Calcifications sclérales chez une patiente présentant une chondrocalcinose. À l'échographie, l'aspect de vide en arrière de la lésion est lié à la différence d'impédance importante entre les tissus. (B) Pour ce mélanome, l'atténuation est surtout liée à l'homogénéité de la lésion qui est associée à une faible réflectivité. La présence du pic scléral sur le cliché à gauche témoigne de l'absence d'absorption des ultrasons dans la tumeur. D'après [4].



Fig. 4: L'onde incidente est réfléchie, atténuée ou diffusée (c: vitesse de propagation de l'onde; Z: impédance acoustique du milieu). Les échos réfléchis (et les échos rétrodiffusés) forment l'image de réflectivité utilisée en clinique. Une partie de l'énergie ultrasonore incidente est absorbée par le tissu et convertie en particulier en chaleur (d'après Laugier [3]).

de 20 MHz est de 75 µm. La différence des longueurs d'onde explique la meilleure qualité des images avec la sonde de 20 MHz dont le rayonnement est moins dispersé.

La propagation du son dans les tissus apparaît plus complexe que celle de la lumière. L'atténuation des ondes sonores est causée à la fois par la "réflexion" du son (diffusion, à l'origine des échos) et par l'"absorption" (conversion locale du son en d'autres formes d'énergie, y compris la chaleur, qui entraîne une perte d'énergie sonore à des profondeurs de plus en plus grandes) (*fig. 4*).

L'échographie en pratique

Dans les mélanomes, il y a relativement peu d'interfaces échogènes (la lésion est dite "hypoéchogène"). La hauteur de l'écho diminue rapidement avec l'homogénéité du tissu qui augmente en profondeur et avec une absorption de l'onde incidente (d'où un angle kappa important). On note un pic correspondant à la réflexion des ultrasons sur la sclère, ce qui confirme que l'absorption n'est pas le facteur principal de l'atténuation (*fig. 3 et 5*).

Dans les hémangiomes, bien que l'histologie cellulaire soit homogène, l'absorption acoustique est moindre et il existe de nombreuses interfaces échogènes, de sorte que la hauteur de l'écho reste élevée (d'où un angle kappa faible). La lésion est dite "hyperéchogène" (*fig. 6 et 7*).

Dans la pratique, l'échographie permet donc d'apprécier le caractère échogène (hémangiome), peu échogène (mélanome) ou l'hétérogénéité des échos (métastase) et de mesurer l'épaisseur de la lésion. Pour mémoire, la mesure de l'épaisseur de la lésion est un élément important de la surveillance des naevi suspects : une épaisseur de plus de 2 mm est un des facteurs de risque d'évolution vers une lésion maligne [5].

Une imagerie multimodale par principe

Le bilan d'une lésion choroïdienne suspecte est par principe multimodal. Les examens permettent d'une part, de caractériser la lésion, et d'autre part, d'apprécier l'état des tissus au pourtour, en particulier celui de l'épithélium pigmentaire.

Les facteurs de risque de transformation d'un naevus en mélanome identifiés par l'équipe de Shields peuvent être mémorisés avec un acronyme qui illustre bien le caractère multimodal de l'imagerie, "To Find Small Ocular Melanoma Doing Imaging", pour:

– Thickness (l'épaisseur > 2 mm mesurée en échographie);

– **subretinal Fluid** (la présence de fluide sous-rétinien sur les clichés d'OCT);

– Symptoms, vision loss (symptômes visuels, baisse d'acuité visuelle);



Fig. 5: Aspects comparatifs de la réflectivité et de l'absorption des ultrasons dans les mélanomes choroïdiens (A), les hémangiomes (B) et les métastases (C). On note la contribution au diagnostic de l'évaluation de l'angle kappa (d'après Byrne [4]).



Fig. 6: Mélanome choroïdien. Coupe d'OCT oblique passant par la tumeur et la fovéola et cliché couleur. Les mini-DSR (décollements séreux rétiniens) traduisent la souffrance des cellules de l'épithélium pigmentaire. En angiographie à la fluorescéine, ils seront repérés sous la forme de fluorescences en tête d'épingle (*pin points*). Le pigment orange repéré sur le cliché couleur peut être repéré sur la coupe d'OCT. Le DSR traduit le défaut de résorption des fluides par un épithélium pigmentaire altéré. L'allongement des photorécepteurs (*shaggy photoreceptors*) est un signe de relative chronicité. En regard du mélanome, on observe une zone hyper-réflective correspondant à un remaniement de la choriocapillaire. Cette zone est associée à un ombrage sous-jacent.

Orange pigment (la présence d'un signal sur le cliché en autofluorescence traduisant l'accumulation de lipofuscine dans les cellules de l'épithélium pigmentaire);
Melanoma hollow (atténuation du signal en échographie liée à l'homogénéité de la lésion avec une faible réflectivité); – DIaMeter (la taille de la lésion > 5 mm sur les clichés sans préparation, couleur, rouge ou RetroMode) [6].

Depuis une dizaine d'années, l'amélioration de la résolution des appareils d'OCT a permis à cette technique de venir concurrencer l'échographie pour le diagnostic des tumeurs choroïdiennes [7], pour la caractérisation des petits naevi [8] ou pour la mesure de l'épaisseur des petits mélanomes [9].

Parmi les clichés sans préparation, le RetroMode

Les scanning laser ophthalmoscopes (SLO) ont été développés il y a une quarantaine d'années, pour produire des images des plans choriorétiniens à haut contraste, avec une résolution importante qui compensait à l'époque la petite taille du champ étudié. L'acquisition des images à travers un trou sténopéique permet le fonctionnement en mode confocal direct utilisé sur la majorité des appareils commercialisés. Le décalage du trou sténopéique à droite (DR) ou à gauche (DL) ou l'utilisation d'une ouverture annulaire (RA) permettent un fonctionnement en mode indirect, uniquement disponible aujourd'hui sur l'appareil Mirante commercialisé par Nidek (fig. 8).



Fig. 7: Mélanome choroïdien (même patient que la *fig. 6*). Le cliché tardif de l'angiographie à la fluorescéine montre les zones d'hyperfluorescence en tête d'épingle (*pin points*) et on note la coloration du DSR. En angiographie au vert d'indocyanine, on peine à identifier une vascularisation intrinsèque à la lésion. L'échographie montre le "vide d'écho" associé à la faible réflectivité liée à l'homogénéité de la lésion. En arrière de la lésion, il persiste des échos, ce qui montre la faible atténuation dans la tumeur. L'examen permet de mesurer l'épaisseur et le diamètre de la lésion (clichés TD).



Fig. 8: Clichés en réflectance et en RetroMode. À gauche, l'utilisation d'un trou sténopéique permet de sélectionner les photons rétrodiffusés et d'éliminer les photons dispersés. À droite, le décalage du trou sténopéique (DL, DR) ou l'utilisation d'une forme annulaire conditionne l'intérêt des images en RetroMode (clichés TD).

POINTS FORTS

- Le diagnostic d'une masse choroïdienne repose sur un faisceau d'arguments apportés par une imagerie multimodale et parfois par l'évolution au cours du temps.
- L'atténuation des ondes sonores est causée à la fois par la réflexion du son (échogénicité) et par l'absorption (conversion du son principalement en chaleur).
- Les mélanomes choroïdiens sont très peu échogènes. Après un pic d'écho à la surface, on note une décroissance rapide de l'onde sonore (vide d'écho) avec un angle κ élevé. On note aussi un pic scléral qui illustre la faible absorption des ultrasons dans la tumeur.
- Les hémangiomes choroïdiens sont au contraire relativement échogènes et l'homogénéité de leur structure est associée à une atténuation progressive de la hauteur des échos et un angle κ faible.
- Pour la sémiologie des tumeurs choroïdiennes, l'OCT concurrence progressivement l'échographie, en particulier pour le diagnostic des naevi et des petits mélanomes.

L'équipe de C. Azzolini basée à Milan [10] a récemment montré l'intérêt de cette technique pour l'imagerie des naevi (*fig. 9*). Sur une série de 41 naevi, les auteurs observaient dans 100 % des cas un aspect sombre "hyporétroréflectif" correspondant aux naevi. Ceux-ci étaient repérés dans 68 % des cas sur le cliché couleur et dans 90,2 % des cas sur le cliché infrarouge. Les



Fig. 9: RetroMode RA d'un naevus juxta-papillaire. On note la cohérence entre le cliché RetroMode et le slab sur la choroïde de l'OCT-angiographie permettant d'évaluer la taille de la lésion (cliché TD).

auteurs montrent l'intérêt des clichés en RetroMode pour visualiser les limites de la zone pigmentée. Dans cette série, cette technique apparaît donc particulièrement sensible pour identifier et préciser la taille des naevi.

En regard des naevi, on observe régulièrement des drusen et des migrations pigmentaires qui peuvent traduire le caractère chronique de la lésion. Par ailleurs, le RetroMode s'est révélé un excellent outil pour détecter les petits drusen de la DMLA [11-13]. Pourtant, l'équipe de Milan montre que dans le cas des naevi, l'OCT semble plus performante que le RetroMode (DL et DR) pour détecter les drusen associés à ces lésions pigmentées, peut-être en raison d'interférences du rayonnement infrarouge avec la mélanine des naevi.

Conclusion

La sémiologie des tumeurs est souvent indirecte. Les examens (clichés sans préparation, échographie, OCT, angiographies avec colorant) visent à caractériser la lésion en cause mais permettent aussi d'apprécier l'état des tissus au pourtour, en particulier celui de l'épithélium pigmentaire. Depuis une dizaine d'années, l'OCT est venue concurrencer l'échographie mais le diagnostic repose toujours sur un faisceau d'arguments apportés par ces différents examens.

BIBLIOGRAPHIE

- 1. MAINSTER MA. Wavelength selection in macular photocoagulation. Tissue optics, thermal effects, and laser systems. *Ophthalmology*, 1986;93:952-958.
- MICHALEWSKA Z, MICHALEWSKI J, NAWROCKI J. Swept source optical coherence tomography of choroidal nevi. Can J Ophthalmol, 2016;51:271-276.
- 3. LAUGIER P. Principes physiques de la propagation ultrasonore et de la formation de l'image échographique. *In:* Bergès O. éditeur. Échographie de l'œil et de l'orbite. Montpellier: Sauramps Médical; 2022. pp. 17-26.

- 4. BYRNE S, GREEN R. Ultrasound of the Eye and Orbit. Éditeur Jaypee Publishers, 2010.
- SHIELDS CL, DALVIN LA, ANCONA-LEZAMA D et al. Choroidal nevus imaging features in 3.806 cases and risk factors for transformation into melanoma in 2.355 cases: The 2020 Taylor R. Smith and Victor T. Curtin Lecture. *Retina*, 2019;39:1840-1851.
- 6. SHIELDS CL, LIM LS, DALVIN LA *et al.* Small choroidal melanoma: detection with multimodal imaging and management with plaque radiotherapy or AU-011 nanoparticle therapy. *Curr Opin Ophthalmol*, 2019;30:206-214.
- DAVILA JR, MRUTHYUNJAYA P. Updates in imaging in ocular oncology. F1000Research, 2019;8.
- 8. JONNA G, DANIELS AB. Enhanced Depth Imaging OCT of Ultrasonographically

Flat Choroidal Nevi Demonstrates 5 Distinct Patterns. *Ophthalmology Retina*, 2019;3:270-277.

- 9. SHIELDS CL, KALIKI S, ROJANAPORN D *et al.* Enhanced depth imaging optical coherence tomography of small choroidal melanoma: comparison with choroidal nevus. *Archives of Ophthalmology*, 2012;130:850-856.
- AZZOLINI C, DI NICOLA M, POZZO GIUFFRIDA F et al. Retromode Scanning Laser Ophthalmoscopy for Choroidal Nevi: A Preliminary Study. Life, 2023;13.
- 11. ACTON JH, CUBBIDGE RP, KING H *et al.* Drusen detection in retro-mode imaging by a scanning laser ophthalmoscope. *Acta Ophthalmologica*, 2011;89: e404-411.
- 12. CORRADETTI G, CORVI F, SADDA SR. Subretinal Drusenoid Deposits Revealed by Color SLO and Retro-

Mode Imaging. *Ophthalmology*, 2021; 128:409.

13. PARRAVANO M, QUERQUES L, BONINFANTE A et al. Reticular pseudodrusen characterization by retromode imaging. Acta ophthalmologica, 2017;95:e246-e248.

L'auteur a déclaré ne pas avoir de liens d'intérêts concernant les données publiées dans cet article.