

Anatomie de la sclérotique

A Hullo

Résumé. – La sclère, tunique la plus externe du globe, très solide et très résistante, formée de fibres de collagène et élastiques, entoure les quatre cinquièmes postérieurs du globe.

À sa surface s'insèrent les muscles oculomoteurs par leurs tendons et circulent les éléments vasculonerveux. Son diamètre externe est de 23 à 24 mm. Elle est perforée par les artères ciliaires antérieures, les quatre veines vortiqueuses et les deux artères ciliaires postérieures.

Elle protège les milieux intraoculaires contre les traumatismes. Son intérêt chirurgical est important : chirurgie du décollement de rétine ou chirurgie oculomotrice.

© 2001 Editions Scientifiques et Médicales Elsevier SAS. Tous droits réservés.

Mots-clés : fibres collagènes, fibres élastiques, limbe chirurgical, canal scléral, vaisseaux ciliaires antérieurs, vortiqueuses, vaisseaux ciliaires postérieurs.

Introduction

La sclérotique ou sclère est la plus externe des tuniques du globe. Elle entoure les quatre cinquièmes postérieurs du globe oculaire dont elle assure la protection. C'est en effet la plus solide et la plus résistante des membranes oculaires. Elle se continue en avant par la cornée, enveloppe transparente et avasculaire. Fibreuse, inextensible (sauf chez le jeune enfant), elle a pour rôle de maintenir le volume, les formes et le tonus du globe. Elle donne insertion aux muscles oculomoteurs. Son anatomie est particulièrement importante à connaître en raison de la fréquence de son abord chirurgical.

Intérêt

ANATOMIQUE

La sclère donne insertion aux muscles oculomoteurs, livre passage aux éléments vasculonerveux du globe oculaire et contribue à la formation de l'angle iridocornéen et du limbe.

PHYSIOLOGIQUE

La sclère protège la choroïde et le vitré contre les chocs, soutient le globe et, par sa rigidité, maintient le tonus oculaire.

PATHOLOGIQUE

La sclère est un tissu collagène pauvre en cellules mais riche en fibrilles collagènes et en fibres élastiques, expliquant ainsi les particularités de cicatrisation de ses plaies et la nature immunoallergique de nombreuses sclérites.

CHIRURGICAL

Son intérêt chirurgical est énorme. Son abord se fait sous microscope opératoire pour la chirurgie de la cataracte par voie limbique, la

chirurgie antiglaucomateuse (trabéculéctomie, sclérectomie, goniotomie, trabéculotomie, iridectomie), la chirurgie du décollement de rétine (poches rapportées, poches intrasclérales, indentation par Silastic®, cryoapplication, ponction du liquide sous-rétinien...) et la chirurgie des muscles oculomoteurs.

Moyens d'étude

La biomicroscopie montre, à travers la conjonctive, la couleur de la sclérotique et les vaisseaux épiscléraux. Elle est complétée par la gonioscopie.

La transillumination sclérale peut mettre en évidence une ectasie ou un amincissement scléral.

L'angiographie fluorescéinique peut, dans certains cas pathologiques, visualiser la sclère.

L'histologie et la microscopie électronique permettent d'étudier l'ultrastructure de la sclère.

Embryologie

Sclérotique, choroïde et cornée ont des bases ontologiques communes^[19].

La sclérotique se développe, en effet, aux dépens du mésoderme qui enveloppe la cupule optique neuroblastique, par condensation des couches externes du mésenchyme.

Ce mésoderme, longtemps indifférencié, à la périphérie du réseau vasculaire, accolé à l'épithélium pigmentaire de la rétine, prolifère à partir du deuxième mois et pendant le troisième mois.

La différenciation de la sclère débute donc dès le deuxième mois. C'est l'épithélium pigmentaire qui induit la différenciation de la sclère et de la choroïde.

Ce processus apparaît au pôle antérieur du globe et progresse vers le pôle postérieur ; l'ébauche de la sclérotique commence à la périphérie de l'endothélium cornéen, au deuxième mois de la vie fœtale, où le mésoderme s'insinue entre les deux lames de la cornée

Alain Hullo : Chef de service d'ophtalmologie, centre hospitalier Lyon-Sud, 165, chemin du Grand-Revoyet, 69495 Pierre-Bénite cedex, France.

primitive, se condense en un anneau péricornéen donnant naissance à la racine de l'iris et au corps ciliaire, s'épaissit autour de la cupule optique, où les cellules mésenchymateuses étoilées, très serrées, s'allongent et se disposent de façon concentrique le long des feuillets rétinien, sous l'induction de l'épithélium pigmentaire de la vésicule optique, pour donner :

- en dedans :
 - la choroïde, qui se développe parallèlement à la sclérotique, à partir des couches internes du mésoderme péricupulaire (différenciation d'un réseau capillaire périoculaire dès le premier mois) ; dès le troisième mois, la sclérotique est délimitée de la choroïde ; c'est donc la partie interne du mésenchyme qui donne la choroïde et la partie externe qui donne la sclère ;
 - le vitré, en pénétrant par la fente colobomique dans la vésicule optique ; le volume du corps vitré joue un rôle important dans l'épaississement de la sclère ;
- en dehors :
 - la capsule de Tenon, individualisée vers le quatrième-cinquième mois, que double le tissu sous-conjonctival qui reste plus lâche ;
- entre les deux :
 - la sclérotique, dont la condensation progresse d'avant en arrière, et s'ébauche d'abord au pôle antérieur de l'œil ; après fermeture de la fente embryonnaire, au cours du deuxième mois (embryon de 9 à 30 mm), la cornée et la sclérotique constituent une coque étanche qui enferme le corps vitré.

Dès le troisième mois, les cellules mésenchymateuses dans lesquelles se développent l'appareil de Golgi et le réticulum endoplasmique vont cesser leurs mitoses pour devenir des fibroblastes, qui, eux-mêmes, vont sécréter des fibres collagènes et des fibres élastiques.

Ces événements de la morphogenèse cytologique commencent dans la sclère antérieure. La polymérisation du collagène s'effectue dans l'espace intercellulaire à partir du procollagène. L'élastogenèse commence après l'apparition des premières fibres de collagène. Puis la sclère s'épaissit après intrication des faisceaux de collagène.

La condensation sclérale débute à l'insertion du tendon des muscles droits (condensation antéropostérieure), dont les fibres se mêlent à elle, et progresse d'avant en arrière au cours du quatrième et du cinquième mois pour envelopper le globe oculaire jusqu'à l'entrée du nerf optique, qu'elle atteint à la fin du cinquième mois.

Quelques cellules mésenchymateuses se distribuent parmi les fibres du nerf optique, formant le premier stade de la lamina cribrosa.

La sclérotique s'épaissit par la formation de fibres collagènes qui forment des faisceaux de fibres entrecroisées, et non par apposition de tissu périphérique. Cette condensation inféroexterne, de l'intérieur vers l'extérieur, explique que l'on trouve des cellules plus matures du côté interne que du côté externe. Par ailleurs, elle est décalée dans le temps par rapport à l'axe antéropostérieur (le plus précoce). Les cellules les plus actives sont donc situées dans la partie interne et antérieure. La sclérotique est traversée par des veines vortiqueuses préexistantes à sa différenciation et par de rares vaisseaux.

La croissance du globe modifie la topographie et les rapports des différents éléments mésodermiques.

Le changement de courbure entre cornée et sclère s'amorce dès le troisième mois.

La cornée, en se courbant et en s'épaississant, tire à elle le réseau scléral.

La sclère grandit, en se moulant sur le corps vitré et les vaisseaux. Mais le côté temporal croissant plus vite que le côté nasal, il en résulte une voussure postérotemporale qui disparaît progressivement chez l'adulte.

CONSÉQUENCES CLINIQUES

L'embryologie explique certaines anomalies congénitales :

- le *staphylome postérieur congénital*, ou « protubérance postérieure d'Ammon », par manque d'induction de la sclérotique autour d'une chorioïdite staphylomateuse au niveau de la fente fœtale ;
- les *colobomes chorioïdiniens*, qui apparaissent comme des plages blanches du fait de l'ectasie sclérale en regard ;
- les *ectasies péripapillaires*, liées à un défaut d'élaboration du mésenchyme ;
- la *buphtalmie du glaucome congénital*, dont la sclérotique, extensible, se laisse distendre par augmentation de la pression intraoculaire ;
- les *sclérotiques bleues*, dues à la déficience dans la formation du collagène scléral qui reste à l'état de précollagène immature et qui contient un taux élevé de mucopolysaccharides (mucoïdes) ; les sclérotiques bleues se rencontrent au cours de la maladie de Lobstein, à transmission héréditaire dominante, qui se caractérise par une fragilité osseuse avec ostéoporose et par une surdité fréquente à l'âge adulte.

Configuration

FORME

La sclérotique représente les quatre cinquièmes d'une sphère creuse, traversée en arrière par le nerf optique. En avant vient s'encaster la cornée. Elle possède donc un orifice antérieur (foramen antérieur) et un orifice postérieur (foramen postérieur) ^[3].

COULEUR

- Chez l'adulte, la sclère est de couleur blanc nacré.
- À la naissance, la sclère, mince et translucide, apparaît bleuâtre.
- Chez le vieillard, par calcification et hyalinisation, elle prend une couleur jaunâtre.

DIMENSIONS

■ Diamètre

Son diamètre est de 23 à 24 mm.

En fait, la biométrie par échographie ultrasonique a montré de grandes différences de longueur du segment postérieur en cas d'amétropie, un œil très myope pouvant atteindre 32 mm, une myopie de 1 dioptrie correspondant à un allongement de l'axe antéropostérieur du globe de quatre dixièmes de millimètre.

Chez le nouveau-né, la longueur axiale moyenne est inférieure à celle de l'adulte (17,5 mm).

Les dimensions moyennes du globe sont les suivantes :

- axes antéropostérieurs :
 - coque cornéosclérale : 24 mm (diamètre extérieur) ;
 - coque sclérale : 21 à 22 mm (diamètre intérieur) ;
- axe transversal : 24 mm ;
- axe vertical : 24 mm.

■ Circonférences moyennes

- Circonférence sagittale :
 - coque cornéosclérale : 76 mm ;
 - coque sclérale : 65 à 66 mm.

- Circonférence horizontale :
 - coque cornéosclérale : 77 mm ;
 - coque sclérale : 65 mm.
- Circonférence équatoriale : 77 mm.

■ Épaisseur

Son épaisseur est, fait capital en chirurgie, très variable selon les régions :

- 6 à 8 dixièmes de millimètre au limbe ;
- 5 dixièmes de millimètre à l'équateur ;
- 3 dixièmes de millimètre seulement en arrière des insertions des tendons des muscles droits qui sont le siège fréquent des déchirures traumatiques ;
- 1 millimètre au voisinage du nerf optique.

Mais cette épaisseur est bien moindre en cas de myopie forte ou de buphtalmie.

La minceur de la sclère chez l'enfant explique la possible distension des fibres sclérales sous l'influence d'une hypertonie oculaire, distension globale, mais prédominant en avant.

En cas de forte myopie, l'amincissement scléral porte surtout sur la sclère en arrière de l'insertion des muscles droits. Les fibres collagènes et élastiques sont raréfiées et étirées. Ce type d'altération a fait envisager un rôle primaire de la sclère dans la pathologie de la myopie dégénérative. En effet, un arrêt du développement embryologique de l'hémisphère scléral postérieur au cinquième mois de la vie fœtale laisserait cette sclère mince et incapable de résister à la pression oculaire normale. Il en résulterait une distension progressive du pôle postérieur.

Le staphylome correspond histologiquement à un amincissement scléral aux dépens des couches profondes. Les fibres sont rares. La sclère est tapissée de l'uvéa atrophique.

En cas de phtisie du globe, il peut exister un épaissement diffus de la sclère.

■ Poids

Son poids est le sixième du poids total du globe, soit 1,2 g en moyenne.

CONSERVATION

Sa conservation post mortem est facile.

RAPPORTS

La sclérotique comprend :

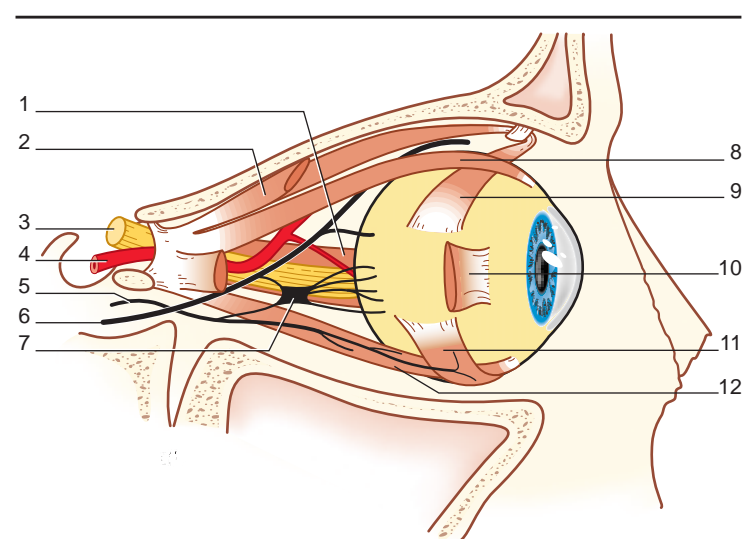
- une face externe convexe ;
- une face interne concave ;
- un bord antérieur en relation avec la cornée ;
- un bord postérieur moulé autour de l'émergence du nerf optique ;
- des orifices pour le passage des éléments vasculonerveux du globe oculaire.

■ Face externe

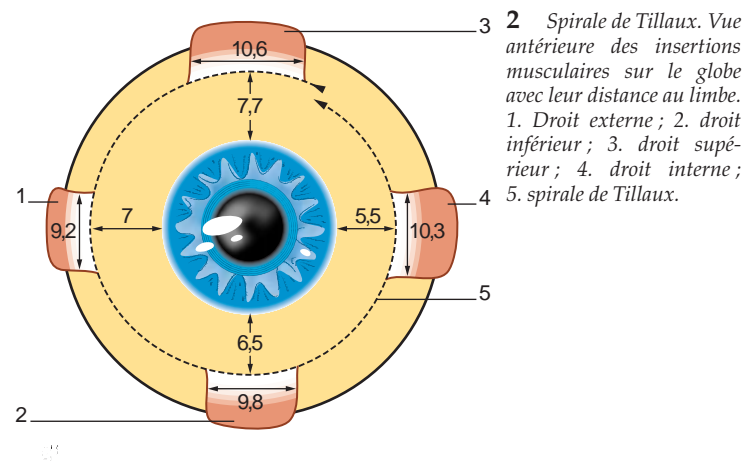
Blanche et terne, convexe et lisse, la face externe de la sclère reçoit les insertions des muscles oculomoteurs ainsi que leurs aponévroses. Cette face externe représente la voie d'abord de la sclère.

De la surface à la profondeur, trois tissus transparents, vascularisés, sont rencontrés successivement, appliqués sur sa courbure :

- la conjonctive bulbaire ;
- la capsule de Tenon ;
- l'épislère.



1 Rapports de la sclère avec l'insertion des muscles oculomoteurs. Vue latérale du cône musculoaponévrotique. 1. Droit externe ; 2. releveur de la paupière supérieure ; 3. nerf optique ; 4. artère ophthalmique ; 5. nerf moteur oculaire commun ; 6. nerf nasociliaire ; 7. ganglion ophthalmique ; 8. droit supérieur ; 9. grand oblique ; 10. droit externe ; 11. petit oblique ; 12. droit inférieur.



2 Spirale de Tillaux. Vue antérieure des insertions musculaires sur le globe avec leur distance au limbe. 1. Droit externe ; 2. droit inférieur ; 3. droit supérieur ; 4. droit interne ; 5. spirale de Tillaux.

Ces trois tissus sont séparés par des espaces qui constituent chacun un plan de clivage.

Insertions sclérales des muscles oculomoteurs

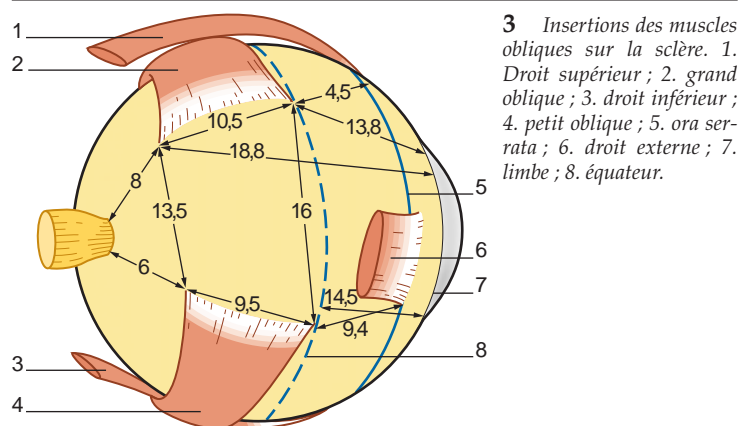
Les quatre muscles droits et les deux muscles obliques s'insèrent sur la sclérotique par l'intermédiaire de tendons, formés de faisceaux fibreux parallèles, qui s'écartent en éventail, et la pénètrent profondément (fig 1).

À ce niveau, les fibres sclérales ont une orientation méridienne antéropostérieure. Les muscles oculomoteurs sont donc amarrés à la sclère par un véritable pied d'insertion (*foot plat*, plateforme des auteurs anglo-saxons). La ligne postérieure d'insertion des arcades, à concavité postérieure, d'une hauteur de 1 à 2 mm, est formée de fibres qui se recourbent vers l'arrière avant de pénétrer dans la sclère [2].

• Insertions des muscles droits

Les tendons des quatre muscles droits, longs de 3 à 4 mm (6 à 7 mm pour le droit externe), larges de 10 mm environ, s'insèrent sur une ligne spiroïde, virtuelle (spirale de Tillaux) (fig 2). Leur distance par rapport au limbe croît du droit interne au droit supérieur, en passant par le droit inférieur et le droit externe :

- à 6 mm du limbe pour le droit interne ;
- à 7 mm du limbe pour le droit inférieur (7 mm à sa partie moyenne du fait de l'obliquité de l'insertion, l'extrémité interne étant plus antérieure que l'extrémité externe) ;



3 Insertions des muscles obliques sur la sclère. 1. Droit supérieur ; 2. grand oblique ; 3. droit inférieur ; 4. petit oblique ; 5. ora serrata ; 6. droit externe ; 7. limbe ; 8. équateur.

– à 7,5 mm pour le droit externe ;

– à 8 mm pour le droit supérieur (8 mm à sa partie moyenne car l'extrémité interne est plus antérieure que l'externe).

La distance de l'insertion au limbe peut varier de plus ou moins 2 mm, c'est-à-dire dans une fourchette de 4 mm. Mais, dans l'immense majorité des cas, la variation n'est que de plus ou moins 1 mm. Elle ne paraît pas en relation avec la réfraction.

Chaque insertion est curviligne à convexité antérieure, mais alors que, pour les droits horizontaux, les insertions sont verticales, elles sont obliques en arrière et en dehors pour les droits verticaux.

L'axe du globe fait un angle de 23° avec la direction des muscles droits verticaux : les insertions sont perpendiculaires à cet axe.

L'espace existant entre les insertions est de 35 mm environ.

La largeur de l'insertion peut varier dans de grandes limites physiologiques, de 8 mm pour le droit interne et de 5,5 mm pour le droit externe. Mais, dans la grande majorité des cas, la fourchette n'est que de 3 mm.

Les quatre muscles droits sanglent la sclère de façon méridienne d'arrière en avant, selon un arc de contact dont l'amplitude varie en fonction des mouvements physiologiques. Cette longueur de l'arc de contact entre le muscle et la sclère varie selon les muscles :

– de 5,5 à 6 mm pour le droit interne ;

– de 6,5 à 7 mm pour le droit inférieur ;

– de 7 à 7,5 mm pour le droit externe ;

– de 7,5 à 8 mm pour le droit supérieur.

Chaque muscle droit est accompagné par des branches des artères ciliaires antérieures.

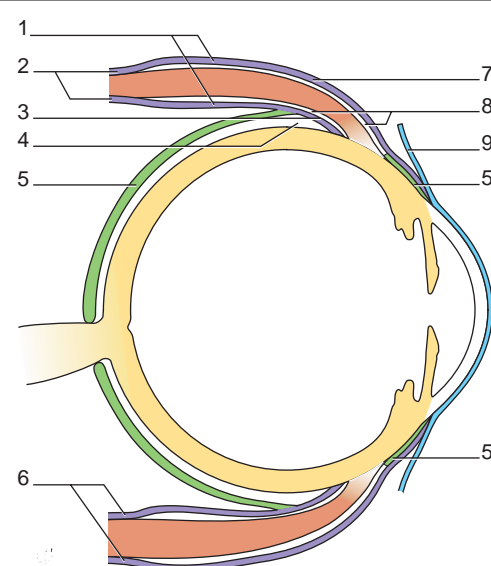
La modification de l'arc de contact des muscles est réalisée grâce à la fadénoopération de Cüppers qui sert notamment à traiter l'angle dynamique des strabismes. Cet arc de contact doit être respecté au cours de la chirurgie des muscles droits.

• Insertions des muscles obliques

Les insertions des muscles obliques se font sur la moitié postéroexterne de la sclère. Ces insertions sont postérieures à l'équateur, schématiquement à 17 mm pour le petit oblique et à 14 mm pour le grand oblique. Les deux muscles obliques cravatent la sclère dans le sens transversal selon l'axe équatorial (fig 3).

Le petit oblique, d'abord séparé de la sclère par la terminaison du droit inférieur, s'insère dans son quadrant postéro-inféro-externe, selon une ligne oblique de haut en bas et de dehors en dedans, longue de 10 mm environ.

La partie la plus antérieure de l'insertion est située à 17 mm du limbe et à 9,5 à 10 mm en arrière de l'extrémité inférieure de l'insertion du droit externe. Sa partie la plus postérieure est proche du nerf optique (à 6 mm) et de la macula (1 mm au-dessous et 2,5 mm en dehors). Son insertion sous la partie médiane du droit externe est moins variable que celle du tendon réfléchi du grand oblique.



4 Appareil fibroaponévrotique de l'orbite (vue en coupe) : gaines musculaires et capsule de Tenon. 1. Gaine musculaire décollable ; 2. gaine musculaire fine ; 3. feuillet ténonien profond ; 4. espace sous-ténonien ; 5. capsule de Tenon ; 6. gaine musculaire épaisse et adhérente ; 7. feuillet ténonien superficiel ; 8. espace décollable ; 9. conjonctive.

L'insertion du petit oblique est double, voire multiple, dans 40 % des cas environ, l'écart entre les deux insertions dépassant 15 mm dans 15 % des cas.

Une variation physiologique notable de l'emplacement de cette insertion est retrouvée dans un cas sur six : décalage vertical d'un quart ou d'un tiers de la largeur de l'insertion, insertion oblique, insertion curviligne.

Le grand oblique, après être passé sous le muscle droit supérieur s'insère dans le quadrant postéro-supéro-externe du globe, selon une ligne oblique d'avant en arrière et de dehors en dedans, convexe en dehors, longue de 10 mm environ.

La partie la plus antérieure de l'insertion, située sous le bord externe du droit supérieur, est à 14 mm du limbe.

La partie la plus postérieure de l'insertion est au-dessus du nerf optique, à 8 mm de celui-ci.

Conjonctive bulbaire

La portion scléroticale de la conjonctive bulbaire représente la quasi-totalité de la conjonctive bulbaire, qui s'étend du limbe aux fornix, sur 8 mm.

Les 3 millimètres les plus antérieurs forment la portion péricornéenne de la conjonctive bulbaire, véritable anneau où la conjonctive, la capsule de Tenon et l'épisclère sont soudées et fixées solidement au pourtour de la cornée.

La fusion de la conjonctive et de la capsule de Tenon n'empêche cependant pas un certain glissement de l'une par rapport à l'autre. Ceci permet notamment de laisser reculer la capsule de Tenon et de ne réinsérer que la conjonctive.

Dans la conjonctive cheminent les vaisseaux conjonctivaux, branches des artères palpébrales, qui se dirigent de la périphérie vers le centre.

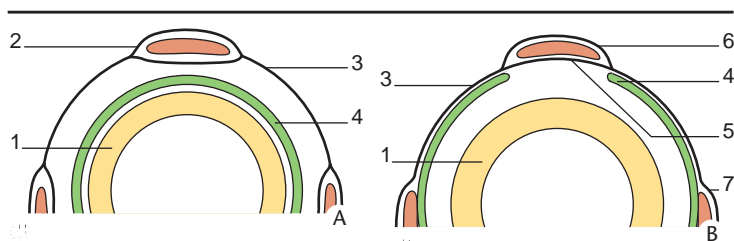
La conjonctive est séparée des plans profonds par l'espace sous-conjonctival. Elle se laisse facilement plisser à ce niveau.

Le plan conjonctival peut être facilement clivé du plan ténonien.

Capsule de Tenon

La sclère est recouverte, depuis le limbe sclérocornéen jusqu'à la pénétration du nerf optique, par une membrane fibroélastique, la capsule de Tenon, véritable cavité cotyloïde, dont la synoviale est représentée par l'espace de Tenon ou espace sous-ténonien (fig 4).

Le globe se mobilise dans cette cavité ainsi formée, qui revêt une importance anatomochirurgicale.



5 Coupes schématisques. 1. Sclère ; 2. gaine musculaire ; 3. membrane intermusculaire ; 4. capsule de Tenon ; 5. feuillet ténonien profond ; 6. espace décollable ; 7. feuillet ténonien superficiel.

A. En arrière des orifices musculaires.

B. En avant des orifices musculaires.

La capsule de Tenon représente le prolongement des gaines musculaires sur la surface de la sclère (fig 5).

Au sommet de l'orbite, l'aponévrose des muscles de l'orbite entoure non seulement les muscles, mais aussi les espaces intermusculaires.

Au pôle postérieur du globe, les deux feuillets de la gaine musculaire s'épaississent et prennent une disposition différente :

- le feuillet profond ou viscéral se réfléchit sur l'hémisphère postérieur du globe pour former la capsule postérieure ;

- le feuillet superficiel ou pariétal se dédouble à l'équateur du globe en deux fascias :

- le premier fascia, souple, élastique, translucide, continue le feuillet superficiel et recouvre la sclère jusqu'au limbe, en formant la capsule antérieure ;

- le deuxième fascia se rend aux paupières et à la périphérie de l'orbite, formant un entonnoir fibreux, ouvert en avant, et dont les épaissements au niveau des muscles constituent les ligaments musculaires.

L'aponévrose musculaire donne naissance à la capsule fibreuse de Tenon et au système de fixation et de suspension du globe oculaire qui divise l'orbite en deux loges : l'une préténionienne, l'autre rétro-ténionienne.

Lorsque le feuillet superficiel est décollé, les quatre muscles droits restent enveloppés d'une gaine fine et transparente, condensation du périmyosium, adhérente aux muscles, dont elle ne peut être séparée sans les blesser et sans les faire saigner. Cette gaine porte les vaisseaux ciliaires antérieurs. Elle doit être impérativement respectée au cours de la chirurgie oculaire.

Chez l'enfant, au-delà de son insertion périlimbique, la capsule de Tenon reste adhérente à la sclère jusqu'à la hauteur des insertions des muscles droits.

En raison de cette disposition qui évite que ne se forment des plis conjonctivaux ténoniens, l'espace sous-ténonien n'est atteint, en cas d'incision limbique, qu'après avoir décollé et dépassé cette zone d'adhérence, qui empiète plus ou moins sur l'extrémité des tendons musculaires où elle est particulièrement solide.

Au-delà de ces attaches antérieures, la capsule de Tenon est séparée de la sclère par l'espace sous-ténonien ou espace de Tenon.

Cet espace, rempli de tissu cellulaire très lâche (tissu épiscléral), n'est traversé que par l'extrémité du muscle petit oblique et du tendon réfléchi du grand oblique, ainsi que par des éléments vasculonerveux et vortiqueux.

En arrière, la capsule de Tenon s'insère à nouveau à la sclère autour de l'émergence du nerf optique et se continue avec la gaine de celui-ci.

Ainsi, la capsule de Tenon présente deux parties.

- *Partie antérieure ou prééquatoriale sous-conjonctivale.*

Située directement sous la conjonctive, elle est séparée de la sclère par l'épisclère.

La capsule antérieure s'étend jusqu'au limbe par fusion progressive de la conjonctive, de la capsule de Tenon et de l'épisclère. Le tissu ainsi formé s'insinue en coin entre l'épithélium et le stroma cornéen

jusqu'à l'extrémité de la membrane de Bowman. Cette disposition permet de comprendre les différents plans de clivage qui correspondent à la sclère antérieure.

Sous la conjonctive sclérale, le fascia sous-conjonctival de Guérin, qui sépare la conjonctive de la capsule de Tenon antérieure, disparaît à 3 ou 4 mm de la cornée. Sous la capsule de Tenon antérieure se trouve le tissu épiscléral. Ceci explique que le chémosis conjonctival s'arrête à 3 ou 4 mm de la cornée tandis que le chémosis ténonien forme un bourrelet directement périornéen.

- *Partie postérieure ou prééquatoriale.*

La capsule de Tenon répond à la sclère par l'intermédiaire de l'espace épiscléral postérieur.

Elle se continue avec la capsule de Tenon antérieure par les espaces intermusculaires, ou points diagonaux intertendineux de Charpy.

Elle va s'insérer à l'émergence du nerf optique. Elle formerait un cul-de-sac périoptique permettant aux vaisseaux ciliaires postérieurs d'entrer dans le globe sans traverser la capsule de Tenon.

Ainsi, la surface externe de la sclère, par ses rapports étroits avec la capsule de Tenon et du fait de l'existence des insertions des muscles oculomoteurs, présente un grand intérêt chirurgical.

Sur la surface externe de la sclère se projettent :

- la macula, qui se situe à 1 à 2 mm en arrière et au-dessus de l'extrémité postérieure de l'insertion du petit oblique ;

- l'ora serrata, située à 7 mm en arrière du limbe, la portion nasale étant plus proche de 1 mm que la portion temporale.

Épisclère

L'épisclère est un tissu conjonctif lâche qui recouvre directement la sclère sans y adhérer. Elle est en continuité avec la capsule de Tenon, mais elle s'en différencie nettement car c'est une couche vascularisée entre la sclère et la capsule de Tenon, qui, elles, le sont très peu.

Elle est épaisse, surtout en avant des muscles droits, parcourue par un riche réseau capillaire issu des artères ciliaires antérieures.

Elle est mince en arrière de ces insertions, parcourue par des branches des artères ciliaires postérieures.

Ainsi, pour aborder les muscles droits, on peut réaliser :

- soit une incision classique de la conjonctive et de la capsule de Tenon en regard de l'incision musculaire (à 6 mm du limbe) ;

- soit une incision en deux plans selon Swan et Talbot ;

- soit une incision limbique en soulevant le plan conjonctivoténonien limbique, puis en incisant le long du limbe et en décollant la capsule de Tenon de la sclère, en engageant les ciseaux au ras de la sclère.

■ Face interne

Concave et lisse, de coloration brune, elle recouvre l'ensemble du tractus uvéal, qui est la véritable membrane vasculaire de l'œil et qui comprend (fig 6) :

- la choroïde (segment postérieur de l'uvée) ;

- le corps ciliaire (segment moyen de l'uvée) ;

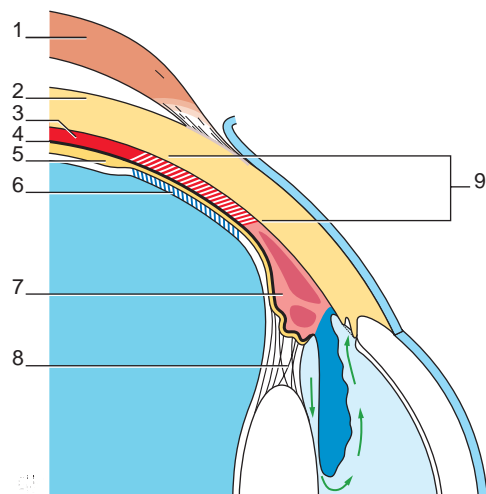
- la base de l'iris (segment antérieur de l'uvée).

La surface interne de la sclère entre donc en rapport intime avec la couche la plus externe de la choroïde représentée par la suprachoroïde (ou lamina fusca) (fig 7).

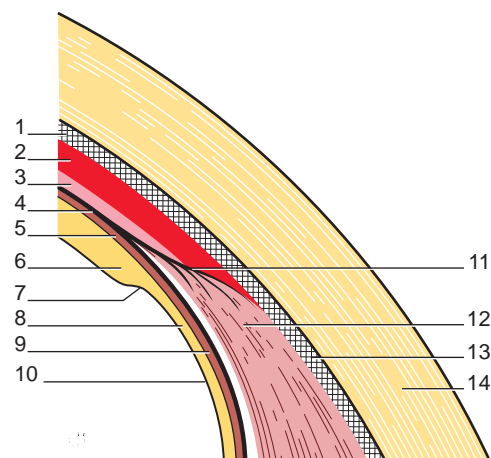
Épaisse de 10 à 35 µm, la choroïde n'est séparée de la sclère que par une cavité virtuelle, l'espace suprachoroïdien, qui se termine en avant, à l'endroit où le muscle ciliaire s'insère sur l'éperon scléral et en arrière à 4 ou 5 mm de la papille.

Elle contracte des rapports avec :

- la supraciliaire, prolongement antérieur de la suprachoroïde, où cheminent :



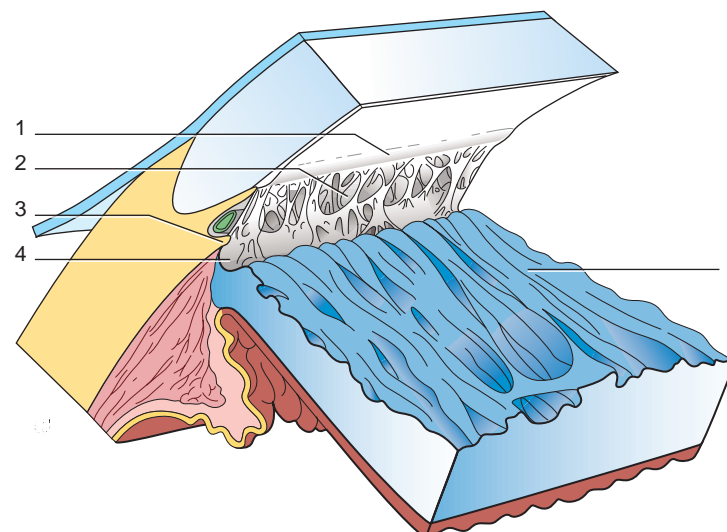
6 Rapports de la face interne de la sclère. Coupe schématisée passant par le corps ciliaire. 1. Muscle droit supérieur ; 2. sclère ; 3. choroïde ; 4. membrane de Bruch ; 5. rétine ; 6. adhérence vitréorétinienne ; 7. corps ciliaire ; 8. zonule de Zinn ; 9. pars plana.



7 Rapports de la face interne de la sclère. 1. Suprachoroïde (lamina fusca) ; 2. choroïde ; 3. choriopapillaire ; 4. membrane de Bruch ; 5. épithélium pigmenté de la rétine ; 6. couche nerveuse de la rétine ; 7. ora serrata (zone de transition entre la chorioretine et le corps ciliaire) ; 8. couche externe pigmentée de l'épithélium ciliaire ; 9. couche interne à cellules claires de l'épithélium ciliaire ; 10. couche interne de la lame vitrée ; 11. stroma de l'orbiculus, couche externe de la lame vitrée ; 12. muscle ciliaire ; 13. supraciliaire ; 14. sclère.

- les deux artères ciliaires longues qui vont former le grand cercle artériel de l'iris ;
- les artères récurrentes issues de ce cercle ;
- les artères ciliaires antérieures ;
- les nerfs ciliaires longs ;
- les nerfs ciliaires antérieurs ;
- le muscle ciliaire (muscle de Brücke et muscle de Rouget-Muller) et la partie tout antérieure de la suprachoroïde, qui vient s'insérer sur le bord postérieur de l'éperon scléral.

Les couches superficielles de l'uvée, suprachoroïde et supraciliaire, de structure feuilletée, sont formées de fines lamelles conjonctivoélastiques, qui se superposent et s'entrecroisent, délimitant entre elles des lacunes. À la surface de l'uvée, des tractus conjonctivoscléraux, tendus entre la sclère et l'uvée, viennent combler en un tissu conjonctif lâche les espaces suprachoroïdiens ou péricoroïdiens et supraciliaires, les transformant en cavité virtuelle. Il en résulte une solide adhérence entre choroïde et sclérotique. Cette adhérence rend leur séparation difficile, la choroïde abandonnant parfois à la sclère des lambeaux pigmentés lors de l'éviscération du globe.



8 Limbe sclérocornéen (structures de l'angle iridocornéen visibles en gonioscopie). 1. Anneau de Schwalbe ; 2. trabéculum ; 3. éperon scléral ; 4. bande ciliaire ; 5. iris.

Cette adhérence présente cependant des points d'inégale résistance :

- elle est renforcée par l'insertion du muscle ciliaire sur l'éperon scléral, par les points de pénétration et le cheminement des vortiqueuses, des vaisseaux et nerfs ciliaires courts postérieurs, des artères et des nerfs ciliaires longs postérieurs sur les méridiens de 3 heures et de 9 heures, et par la jonction des gaines du nerf optique ;
- elle est très faible entre l'éperon scléral et l'équateur où les lamelles conjonctivoélastiques sont très lâches, répondant aux besoins physiologiques de la mise en jeu du muscle ciliaire ; cette région représente la région habituelle des décollements choroïdiens. Enfin, les espaces suprachoroïdiens et supraciliaires sont parcourus par les artères et les nerfs ciliaires longs qui laissent leur empreinte sur la sclérotique et sont traversés par les nerfs et les vaisseaux ciliaires courts.

L'ora serrata, séparée de la sclère par l'uvée, se projette sur la sclérotique :

- à 8 mm du limbe dans le secteur temporal ;
- à 7 mm du limbe dans le secteur nasal.

■ **Bord antérieur : jonction cornéosclérale ou foramen antérieur**

La sclère rejoint la cornée au niveau du foramen antérieur scléral [9, 10]. Cette partie sclérale est appelée sulcus scléral interne. La marge postérieure de la cornée, convexe, s'encastre dans la concavité de la sclère. Le foramen antérieur est séparé en :

- foramen antérieur externe, ovale, de diamètre 10,6 à 11,6 mm ;
- foramen antérieur interne, circulaire, de diamètre 11,6 mm.

■ **Limbe sclérocornéen**

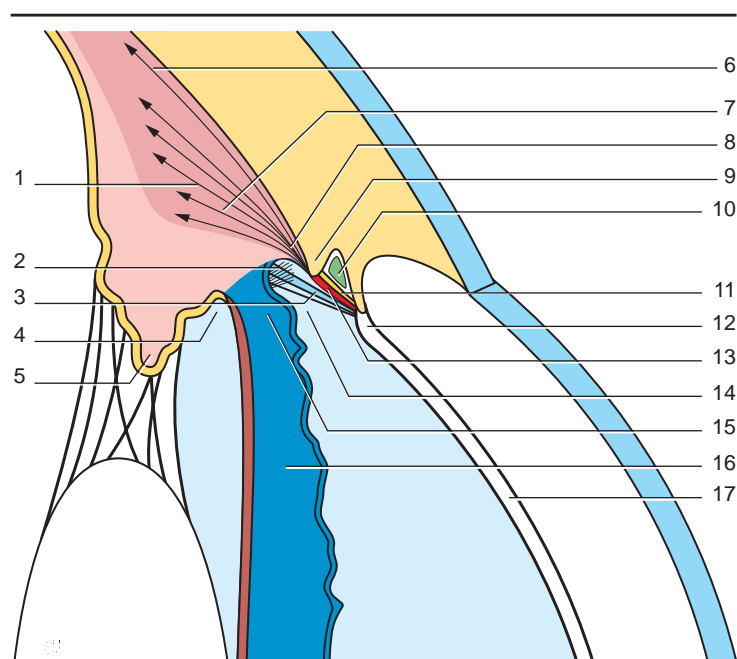
La jonction cornéosclérale constitue le limbe sclérocornéen (fig 8).

Le limbe représente une zone frontière avec la cornée et une zone de transition où la sclère se modifie, ainsi que la conjonctive [11, 12, 13, 14].

Au niveau du limbe se situe le trabéculum.

La sclère est creusée par une rainure dans laquelle vient s'enchâsser en coin la cornée, et qui comporte deux versants :

- le versant antérieur (ou lèvre antérieure) constitue le biseau scléral, oblique en avant et en dedans ; le tissu scléral opaque recouvre progressivement les lames cornéennes superficielles ;
- le versant postérieur (ou lèvre postérieure) de ce coin, limite un biseau de sclérotique. Le sommet central est le septum scléral, oblique en arrière et en dedans, étroite bande cunéiforme ;



9 Trabéculum. 1. Portion circulaire externe du muscle ciliaire ; 2. trabécules iriennes ; 3. trabéculum uvéal ; 4. chambre postérieure ; 5. procès ciliaires ; 6. portion longitudinale externe ; 7. portion radiaire externe du muscle ciliaire ; 8. tendon du muscle ciliaire ; 9. éperon scléral ; 10. canal de Schlemm ; 11. trabéculum cribriforme ; 12. anneau de Schwalbe ; 13. trabéculum scléral ; 14. sinus ou récessus de Busacca ; 15. racine de l'iris ; 16. diaphragme irien ; 17. membrane de Descemet et endothélium cornéen.

– la face profonde, creusée de la gouttière sclérale, est limitée en arrière par un bourrelet annulaire, l'éperon scléral, qui représente la limite postérieure du limbe ; triangulaire à la coupe, son sommet se dirige vers la chambre antérieure ; il est dû à la condensation de fibres sclérales à trajet circulaire.

Le bord postérieur du septum scléral et l'éperon scléral déterminent une gouttière (rainure sclérale de Schwalde) où chemine le canal de Schlemm. Ce canal, circulaire, est entouré de son système d'afférents et d'efférents. Il est parallèle au limbe. Il n'est séparé de l'humeur aqueuse camérulaire que par l'intermédiaire du trabéculum.

La section de la gouttière sclérale est triangulaire, à sommet antérieur dirigé vers le septum et à base postérieure adossée à l'éperon.

La transillumination permet de déterminer cliniquement la limite postérieure du limbe.

En gonioscopie, lorsque l'angle iridocornéen est ouvert, il est possible de voir la ligne blanche de l'éperon scléral derrière la bande grise du trabéculum (fig 8).

En pathologie, le staphylome scléral antérieur, qui détruit et déforme les voies sclérales de drainage de l'humeur aqueuse, entraîne un glaucome et peut entraîner une protrusion cornéenne, une luxation du cristallin et une altération du tractus uvéal.

Rapports superficiels

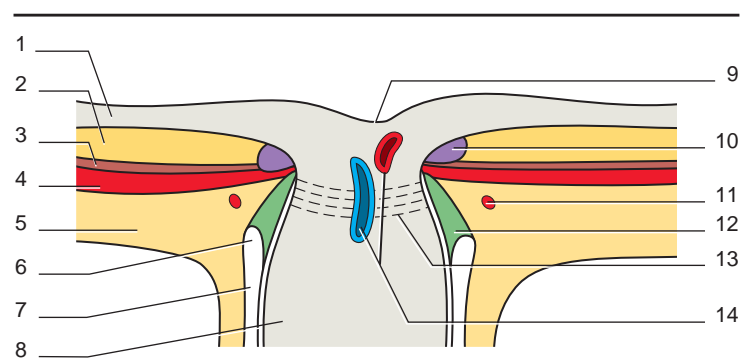
La jonction sclérocornéenne répond à l'extérieur à la fusion du tissu conjonctivoépisléral qui se continue par la membrane de Bowman.

Rapports profonds

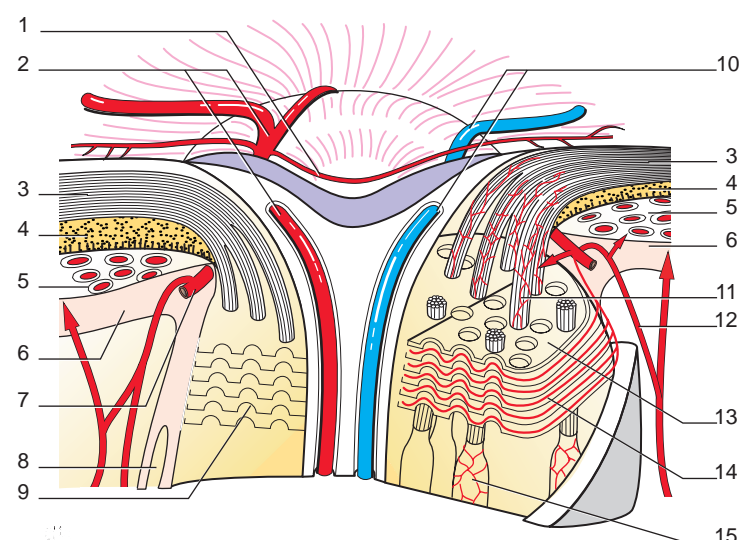
En profondeur, le plancher du limbe est formé par le trabéculum scléral (fig 9). Celui-ci s'insère au niveau de l'anneau de Schwalbe, situé à la périphérie de la membrane de Descemet et qui représente la limite antérieure du limbe.

Les feuillets du trabéculum s'écartent en éventail, longent le bord postérieur du canal de Schlemm et se jettent sur les deux versants de l'éperon scléral, prolongé au-delà par le trabéculum uvéal.

Le trabéculum est une véritable grille par laquelle s'évacue l'humeur aqueuse vers le canal de Schlemm. De là, par 20 à 30 canaux externes



10 Rapports de la sclère avec la papille et le canal scléral. 1. Fibres optiques ; 2. rétine ; 3. épithélium pigmentaire ; 4. choroïde ; 5. sclérotique ; 6. cul-de-sac interscléral ; 7. espace sous-arachnoïdien ; 8. fibres optiques ; 9. area Martegiani ; 10. tissu de Kuhnt ; 11. cercle artériel de Zinn-Haller ; 12. éperon scléral ; 13. lame criblée ; 14. coupe des vaisseaux.



11 Structure et vascularisation du nerf optique. 1. Branches superficielles de l'artère centrale ; 2. artère centrale de la rétine ; 3. couche de fibres visuelles ; 4. rétine ; 5. choroïde ; 6. sclérotique (canal scléral) ; 7. cercle de Zinn-Haller ; 8. cul-de-sac méningé ; 9. lame criblée ; 10. veine centrale de la rétine ; 11. capillaires prélaminaires ; 12. artère ciliaire courte postérieure paraoptique ; 13. axones des cellules ganglionnaires ; 14. capillaires de la lame criblée ; 15. capillaires rétrolaminaires.

efférents, aplatis, obliques ou radiaires, l'humeur aqueuse peut gagner les veines des quatre plexus veineux : scléraux profonds, intrascléraux, épisléaux et conjonctivaux.

Limbe anatomique et limbe chirurgical

Le limbe anatomique est la frontière entre la sclère opaque et la cornée transparente.

Le limbe chirurgical est plus externe (0,5 mm). Il correspond à la limite entre la portion blanche sclérale et celle bleutée cornéenne, et à la projection du canal de Schlemm. Il représente l'extrémité de l'espace décollable entre la sclère et la conjonctive et constitue la voie d'abord idéale de l'angle iridocornéen.

■ Orifice postérieur ou foramen postérieur : canal scléral du nerf optique

Le bord postérieur de la sclérotique limite l'orifice de sortie du nerf optique (fig 10, 11). Le nerf optique traverse les parois du globe dans un canal divisé en deux parties :

– le canal sclérochoroïdien, dont les parois sont représentées par les membranes du globe oculaire, et qui représente le quart de l'épaisseur de la paroi oculaire ;

– le canal scléro-sous-arachnoïdien qui en représente les trois quarts.

La sclérotique est l'élément le plus important du canal sclérochoroïdien de par son épaisseur, sa consistance et la formation

d'un éperon scléral antérieur qui s'interpose entre les différentes couches de la choroïde et le tissu d'Elschnig. En effet, les fibres optiques amyéliniques ne sont pas en contact direct avec la sclère. Elles en sont séparées par un tissu fibreux, le *border tissue* d'Elschnig, formation collagène dense qui renferme de nombreuses fibres élastiques et gliales.

Canal scléral

Il est long de 5 à 8 dixièmes de millimètre, le plus souvent en forme de tronc de cône, dont le diamètre antérieur (sommets étroit) est de 1,5 mm et le diamètre postérieur (base large) de 3 mm, du fait de l'obliquité du bord scléral en dehors et en arrière, plus rarement de forme cylindrique ou en sablier. Dans ces deux derniers cas, un anneau scléral est visible à l'ophtalmoscope. Cette forme est conditionnée par la myélinisation par les fibres optiques et leur direction perpendiculaire ou oblique par rapport aux parois du globe.

Il est légèrement décentré par rapport au pôle postérieur du globe, 1,5 mm en dessous de celui-ci et 3 mm en dedans. Ce canal n'est pas toujours perpendiculaire au plan des membranes qu'il traverse, mais bien souvent, il franchit obliquement les parois des globes.

Il est partiellement fermé par la lame criblée qui continue le plan scléral et occupe sa moitié ou ses deux tiers postérieurs. La lame criblée, ou lame sclérale, est une formation fibreuse de nature névroglie et gliale, qui constitue la région laminaire de la papille optique. Cette lamina est une extension de plusieurs fibres sclérales qui s'étendent à travers le foramen postérieur en laissant des ouvertures. C'est un véritable tamis, qui occupe la moitié ou les deux tiers externes du canal scléral, qui est traversé par les fibres amyéliniques du nerf optique qui se myélinisent, et par les vaisseaux centraux de la rétine, entourés d'une gaine conjonctive périvasculaire. C'est là que commence le nerf optique proprement dit, dont le diamètre augmente (fig 11).

L'enveloppe durale du nerf optique fusionne avec une partie de la sclère (deux tiers externes). À ce niveau, traversent également les vaisseaux centraux de la rétine qui sont entourés d'une gaine périvasculaire. À l'intérieur du plexus scléral formant la lamina, se trouvent des vaisseaux qui nourrissent la portion intralaminaire du nerf optique.

Histologiquement, la lame criblée est formée d'une dizaine de feuillets, chacun perforé de 200 à 400 pores, à travers lesquels passent les faisceaux de fibres nerveuses.

Le cul-de-sac intervaginal arachnoïdo-pié-mérien, prolongement de l'espace sous-arachnoïdien, se prolonge jusqu'au niveau de la lame criblée et sépare en arrière la sclère du nerf optique.

■ Traversée des éléments vasculonerveux

La sclère est pauvre en vaisseaux. À côté des vaisseaux intrascléraux à rôle nourricier, d'autres vaisseaux ne font que traverser la sclère. Ainsi, la sclère ménage des orifices d'entrée et de sortie :

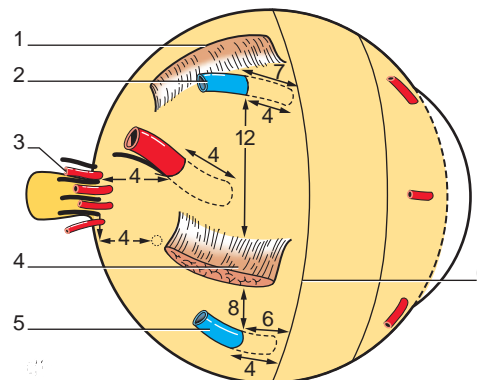
- en avant, aux artères et veines ciliaires antérieures ;
- à l'équateur, aux quatre veines vortiqueuses ;
- au pôle postérieur, aux vaisseaux et nerfs ciliaires courts et longs postérieurs.

Les nerfs, artères, veines, passent à travers la sclère dans des canaux qui la perforent [15].

Orifice des vaisseaux ciliaires antérieurs

Les artères ciliaires antérieures, branches terminales des artères musculaires, issues de l'artère ophtalmique, sont au nombre de deux par muscle, sauf au niveau du droit externe, où l'artère est unique. Elles amènent le sang vers le corps ciliaire forant la sclère en avant des muscles droits.

Elles pénètrent dans la sclérotique en arrière du limbe, un peu en avant des insertions des muscles droits. Ces artères, coudées, en angle obtus au lieu de pénétration intrasclérale, présentent un ralentissement circulatoire en ce point.



12 Orifices de pénétration vasculonerveux (hémisphère externe). 1. Insertion sclérale du grand oblique ; 2. veine vortiqueuse supéroexterne (veine vortiqueuse temporale supérieure) ; 3. plexus vasculonerveux ciliaire de Valentin (artères et nerfs ciliaires courts) ; 4. insertion sclérale du petit oblique ; 5. veine vortiqueuse inféroexterne (ou veine vortiqueuse temporale inférieure) ; 6. équateur du globe.

Elles donnent des artérioles intrasclérales, destinées au canal de Schlemm, avant de pénétrer dans le corps ciliaire pour s'anastomoser au grand cercle artériel de l'iris. Un réseau veineux accompagne les artères ciliaires antérieures.

Des branches des artères ciliaires s'étendent antérieurement le long de l'épiscière pour fusionner avec le plexus vasculaire sous-conjonctival et se terminer en éventail, en plexus épiscière.

Les nerfs ciliaires antérieurs suivent les vaisseaux ciliaires antérieurs. Superficiels, ces nerfs proviendraient des nerfs sensitifs de l'orbite.

En pathologie, l'occlusion des artères ciliaires antérieures au cours de l'angéite nécrosante serait responsable d'une nécrose sclérale.

Points d'extériorisation des veines vortiqueuses

Les veines vortiqueuses, habituellement au nombre de quatre (veines temporales supérieure et inférieure, veines nasales supérieure et inférieure), parfois plus nombreuses, traversent l'espace suprachoroïdien, puis la sclère, sur un trajet long de 4 mm, oblique d'avant en arrière.

De diamètre 0,5 mm, elles drainent le réseau choroïdien. Leur repère est capital en chirurgie oculaire pour éviter leur blessure.

Ces quatre veines s'extériorisent sur les bissectrices des méridiens horizontaux et verticaux de l'œil, en arrière de l'équateur.

Les veines externes sont plus proches du plan médian vertical que les veines internes, tandis que les veines supérieures émergent plus à distance du limbe que les veines inférieures. Les veines supérieures sortent plus en arrière de l'équateur que les veines inférieures (7 à 8 mm au lieu de 5 à 6 mm).

La veine vortiqueuse temporale supérieure (ou veine vortiqueuse supéroexterne) est la plus postérieure, émergeant 6 à 8 mm en arrière de l'équateur, 2 à 3 mm sous l'insertion du grand oblique et 10 à 12 mm au-dessus de celle du petit oblique (fig 12). L'orifice externe est à 22 mm du limbe et l'orifice interne à 18 mm.

La veine vortiqueuse temporale inférieure (ou inféroexterne) émerge (fig 12) :

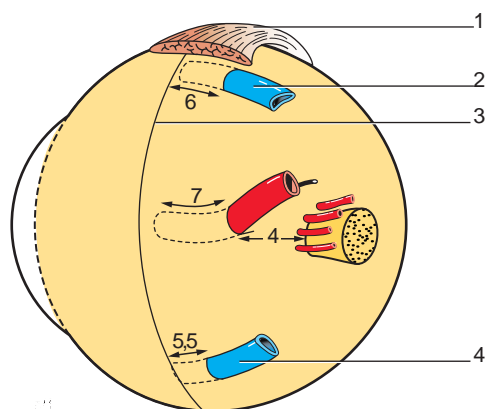
- à 6 mm en arrière de l'équateur, soit à 19 mm du limbe pour l'orifice externe et 15 mm pour l'orifice interne ;
- à 8 mm en dessous de la ligne d'insertion du petit oblique.

La veine vortiqueuse nasale supérieure (supéro-interne) est tangente par le bord postérieur du grand oblique, à 7 mm en arrière de l'équateur, soit à 20 mm du limbe pour l'orifice externe et à 16 mm pour l'orifice interne (fig 13).

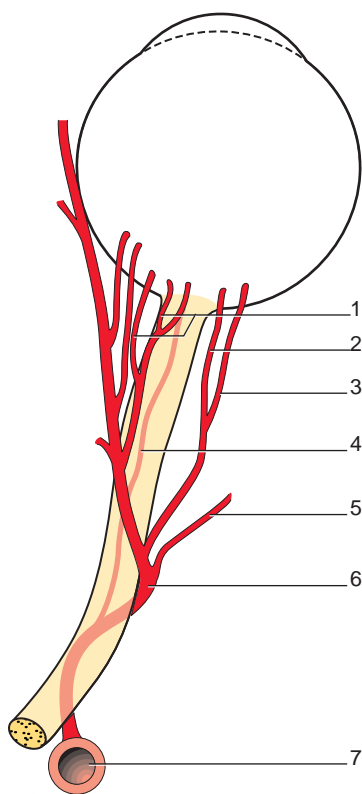
La veine vortiqueuse nasale inférieure (inféro-interne) est tangente par le bord interne du droit inférieur, à 5,5 mm en arrière de l'équateur, soit à 18,5 mm en arrière du limbe pour l'orifice externe et à 14,5 mm pour l'orifice interne (fig 13).

Orifice des vaisseaux et nerfs ciliaires postérieurs

Les vaisseaux et nerfs ciliaires postérieurs perforent la sclère en formant une couronne autour du nerf optique, véritable plexus vasculonerveux périoptique (plexus ciliaire de Valentin) (fig 14).



13 Orifices de pénétration vasculonerveux (hémisphère interne). 1. Grand oblique ; 2. veine vortiqueuse supéro-interne (ou veine vortiqueuse nasale supérieure) ; 3. équateur du globe ; 4. veine vortiqueuse inféro-interne (ou veine vortiqueuse nasale inférieure).



14 Conceptions classiques des orifices des vaisseaux et nerfs ciliaires postérieurs. 1. Artères ciliaires courtes postérieures ; 2. artère ciliaire longue postérieure interne ; 3. artère ciliaire longue postérieure externe ; 4. artère centrale de la rétine ; 5. artère lacrymale ; 6. artère ophtalmique ; 7. carotide interne.

Ils constituent, en pénétrant dans la sclère, l'area cribrosa, en forme de raquette, plus large en dehors qu'en dedans sur le méridien horizontal, légèrement décentrée par rapport au nerf optique, zone extra-ténonienne selon Henry.

• Conceptions classiques

Classiquement ce plexus comprend (fig 14) [18] : les artères ciliaires courtes postérieures, les artères ciliaires longues postérieures et les nerfs ciliaires courts et longs.

– Artères ciliaires courtes postérieures.

Branches de l'artère ophtalmique, au nombre de six à huit, elles se ramifient au pôle postérieur du globe en une vingtaine de branches qui perforent la sclère autour de l'orifice du nerf optique.

Certaines s'anastomosent entre elles au cours du trajet intrascléral pour donner naissance, autour de la papille, au cercle artériel de Zinn-Haller. Ce cercle artériel est en fait inconstant et incomplet.

– Artères ciliaires longues postérieures.

Branches de l'artère ophtalmique, au nombre de deux, elles perforent la sclère à la périphérie de la couronne des vaisseaux ciliaires courts.

L'artère ciliaire longue postérieure interne, la plus volumineuse, pénètre dans la sclère de façon constante à 4 mm du bord interne du nerf optique. Son trajet intrascléral, long de 7 mm, est horizontal. Il est unique dans 70 % des cas et double dans 30 % des cas.

L'artère ciliaire longue postérieure externe est plus grêle. Elle pénètre dans la sclère de façon constante à 4 mm du bord externe du nerf optique, mais plus haut que l'artère ciliaire interne, au niveau du bord supérieur du nerf. Son trajet intrascléral est légèrement oblique de haut en bas et répond de façon constante à la partie la plus postérieure des insertions du petit oblique. Elle va apparaître dans l'espace suprachoroïdien (fig 14). Cette artère est unique dans 75 % des cas, double dans 20 % des cas et triple dans 2 % des cas.

Cette disposition classique en deux artères ciliaires longues postérieures s'observe dans 40 % des cas environ. En fait, dans un quart des cas, il existe trois troncs qui prennent une disposition variable par rapport au nerf, l'artère ciliaire postérieure et externe étant le seul élément constant. Dans 30 % des cas, la disposition des artères ciliaires est totalement différente, sous forme de deux branches qui se dichotomisent avant d'aborder le globe oculaire. La seule constante reste la présence d'une artère ciliaire externe, quels que soient la disposition, le nombre et le calibre des autres.

– Nerfs ciliaires courts et longs.

Les nerfs ciliaires courts postérieurs (moteurs sensitifs et vasomoteurs) sont en nombre variable, de six à 18. Ils proviennent du ganglion ciliaire et représentent des fibres postganglionnaires myélinisées. Après avoir formé un groupe supérieur, moyen et inférieur, ils pénètrent dans la sclère à l'area cribrosa.

Les nerfs ciliaires longs postérieurs, au nombre de deux à quatre, proviennent du nerf nasal. Ils perforent la sclérotique à l'area cribrosa et cheminent en compagnie de l'artère homologue dans un canal, légère dépression de la sclère située sur le méridien horizontal (fig 14).

• Conceptions modernes

Schématiquement, les artères ciliaires postérieures (une nasale, une temporale) se divisent en artères ciliaires courtes distales ou maculaires et paraoptiques [4, 5]. Les artères ciliaires longues postérieures (une branche distale) pénètrent au niveau des méridiens de 3 heures et 9 heures.

– Gros troncs d'origine : artères ciliaires postérieures.

La description classique de deux groupes : les artères courtes et les artères longues, est rarement retrouvée. Les travaux de Hayreh [7] et de Weiter et Ernest [21] ont montré que l'artère ophtalmique donne naissance à des troncs d'origine, les artères ciliaires postérieures (fig 15), souvent au nombre de deux (50 % des cas environ pour Hayreh) ou de trois (40 à 50 % des cas environ), plus rarement au nombre de quatre ou cinq (25 % pour Ducournau), voire un tronc unique.

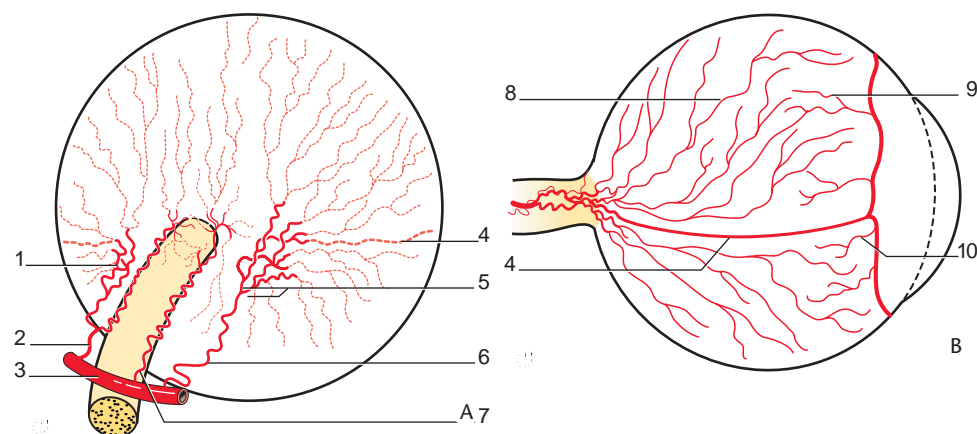
Sur le versant temporal du nerf optique, chemine l'artère ciliaire postérieure temporale (il existe souvent deux artères ciliaires postérieures temporales) (50 % selon Ducournau). Sur le versant nasal, chemine l'artère ciliaire postérieure nasale née le plus souvent d'un tronc commun avec l'artère centrale de la rétine. Il peut en exister deux (17 % des cas selon Ducournau).

Il existe parfois une artère ciliaire postérieure supplémentaire supérieure (10 à 30 % des cas).

En fait, la systématisation paraît être la suivante :

– lorsqu'il n'y a qu'un seul tronc, nasal ou temporal, ce tronc se divise très précocement en deux branches : l'une reste dans le tissu cellulograisieux, à 1 ou 2 mm du nerf optique ; l'autre va se plaquer contre le nerf optique auquel elle adhère intimement ;

– lorsqu'il y a deux artères ciliaires, nasales ou temporales, on retrouve la même disposition : l'une des deux artères ciliaires postérieures est toujours plaquée contre le nerf optique ; ces troncs d'origine se divisent en 15 à 25 branches après avoir abandonné des collatérales pour le réseau épiscléral.



15 Conceptions actuelles des orifices des vaisseaux et des nerfs ciliaires postérieurs (d'après [5]).

A. Vue postérieure. 1. Artères ciliaires postérieures courtes distales nasales ; 2. artère ciliaire postérieure nasale ; 3. artère ophtalmique ; 4. artère ciliaire postérieure longue temporale ; 5. artères ciliaires postérieures courtes distales temporales ; 6. artère ciliaire postérieure distale ; 7. artère ciliaire postérieure paraoptique.

B. Vue de profil. 8. Artère ciliaire postérieure courte ; 9. artère ciliaire antérieure récurrente ; 10. branche de l'artère ciliaire postérieure longue récurrente.

Il semble que l'on puisse distinguer deux groupes de branches de division :

- le premier groupe est issu du tronc plaqué contre le nerf optique (lorsqu'il y a deux artères ciliaires postérieures nasales ou temporales) ou de la branche précoce de bifurcation plaquée contre le nerf optique (lorsqu'il n'y a qu'une artère ciliaire postérieure nasale ou temporale) ; ce groupe comprend quatre ou cinq artères qui pénètrent dans la sclère contre le nerf optique ; c'est le groupe paraoptique d'artères ciliaires postérieures courtes ;

- le deuxième groupe est issu de l'autre tronc d'origine ou de l'autre branche de bifurcation qui chemine à distance du nerf optique ; il comprend de 5 à 15 artères qui pénètrent dans la sclère à une certaine distance du groupe paraoptique ; c'est le groupe distal.

Ainsi, lorsqu'il n'y a qu'un seul tronc d'origine nasale ou temporale, les deux branches précoces de division se comportent comme deux troncs d'origine donnant naissance à deux groupes de branches bien distincts. Il existe de façon quasi constante deux troncs d'origine et deux groupes de branches de division de chaque côté du nerf optique : les artères paraoptiques et distales.

Parmi toutes ces branches de division, deux d'entre elles, l'une du groupe distal temporal, et l'autre du groupe distal nasal, pénètrent sur les méridiens de 3 heures et de 4 heures dans un petit canal scléral : ce sont les artères ciliaires postérieures longues.

Toutes les autres branches sont les artères ciliaires postérieures courtes (fig 15).

- *Artères ciliaires postérieures courtes distales, ou artères dites maculaires.*

Sitôt après leur entrée sclérale, ces artères se coudent et irradient vers la périphérie de façon centrifuge. Elles se rapprochent progressivement du plan de la choriocapillaire et se divisent en de nombreuses branches qui s'écartent comme les nervures d'une feuille.

Ces artères ciliaires postérieures courtes n'ont de court que le nom, car elles cheminent bien souvent jusqu'à l'ora serrata.

L'existence d'artères maculaires indépendantes, affirmée par certains, est niée par de nombreux auteurs.

Si les artères ciliaires postérieures courtes distales pénètrent bien dans la région rétromaculaire, les microradiographies révèlent qu'elles irradient toutes vers la périphérie, sans qu'aucune ne soit spécifiquement destinée à la macula [5]. Les artères qui vascularisent la macula sont celles qui, dans leur trajet vers la périphérie, passent derrière la région maculaire, y abandonnant de petites artérioles. Il ne semble pas exister d'anastomoses à plein canal entre artères ciliaires postérieures courtes distales ou entre leurs branches de division. Chaque artère ciliaire postérieure courte semble avoir sous sa dépendance un petit secteur triangulaire. Ainsi s'expliquerait l'existence d'un syndrome triangulaire après oblitération d'une artère ciliaire postérieure courte.

- *Artères ciliaires postérieures courtes paraoptiques.*

Plus petites, elles pénètrent dans la sclère, étalées contre le nerf optique, et donnent :

- des branches circulaires périoptiques qui forment le cercle de Zinn-Haller, en s'anastomosant avec leurs homologues du côté opposé ;

- des branches centripètes, souvent récurrentes, qui pénètrent dans la tête du nerf optique, assurant sa vascularisation ; mais seul ce petit contingent paraoptique y participe (pas le contingent distal) ;

- des branches centrifuges, à destinée choroïdienne, qui vascularisent les secteurs sus-papillaires, sous-papillaires et interpapillo-maculaires ; le retard circulatoire angiographique péripapillaire serait dû à la moindre rapidité du courant sanguin dans les artères ciliaires postérieures courtes paraoptiques.

La présence de ces artères ciliaires postérieures courtes paraoptiques, alimentant à la fois le nerf optique et la région péripapillaire, permet d'expliquer toute la pathologie ischémique ou inflammatoire, touchant à la fois le nerf optique et la région périoptique.

- *Artères ciliaires postérieures longues.*

Classiquement, elles naissent directement de l'artère ophtalmique. En fait, ce sont le plus souvent des branches de division des artères ciliaires postérieures nasales et temporales. Elles naissent souvent de bifurcations du troisième ou quatrième degré, quelques millimètres avant leur entrée sclérale. Seule leur position plus périphérique permet de les différencier des artères ciliaires postérieures courtes.

Elles cheminent d'arrière en avant sur les méridiens de 3 heures et 9 heures, sans donner de collatérales, avant d'atteindre l'ora serrata. Elles se divisent alors en deux branches, ascendante et descendante, qui rejoignent le grand cercle artériel de l'iris (fig 15).

Il semble exister très inconsciemment des anastomoses entre artères ciliaires postérieures courtes et longues.

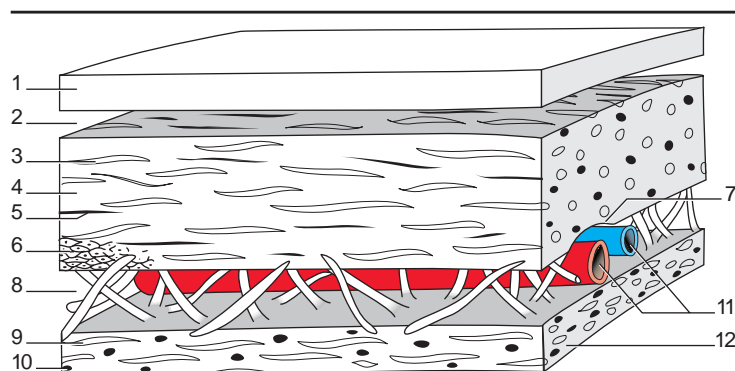
Il est possible d'observer cliniquement les artères ciliaires postérieures longues par ophtalmoscopie, diaphanoscopie, diaphanophotographie et rétinographie en lumière monochromatique.

Histologie

La sclérotique est un tissu conjonctif modelé, fibreux, dense, qui est formé, au sein d'une substance fondamentale, essentiellement de faisceaux de fibrilles de collagène mais aussi de fibres élastiques, tandis que les éléments cellulaires, fibrocytes (cellules conjonctives) et chromatophores (cellules pigmentaires), sont peu nombreux (fig 16). La sclère est donc un tissu pauvre en cellules, mais on y trouve néanmoins des fibroblastes et des fibrocytes.

FIBRILLES DE COLLAGÈNE

Le tissu de soutien scléral est essentiellement constitué de fibres de collagène, qui représentent 75 % du poids sec de la sclère.



16 Représentation schématique de la structure histologique de la sclère. 1. Capsule de Tenon ; 2. espace de Tenon ; 3. faisceaux de fibrilles (collagène) ; 4. sclère ; 5. fibres élastiques ; 6. cellules conjonctives ; 7. canal scléral ; 8. espace suprachoroïdien ; 9. lamelles protoplasmiques ; 10. chromatophores ; 11. artères ciliaire longue postérieure et nerf ciliaire long postérieur ; 12. lamina fusca (suprachoroïde).

Les faisceaux de fibrilles de collagène sont grossièrement parallèles à la surface sclérale. Elles sont disposées en lamelles rubanées, formant des bandes fibreuses de 10 à 16 µm d'épaisseur et de 100 à 140 µm de largeur. Elles s'entrecroisent dans toutes les directions. Certains faisceaux se dichotomisent, s'unissent à des faisceaux voisins, puis s'en séparent à nouveau.

■ Description

Le collagène appartient aux protéines structurales, comme l'élastine. Ces protéines constituent les protéines fibreuses de la matrice extracellulaire.

Molécule de collagène

Elle est hélicoïdale, rigide, à trois brins de longueur 300 nm et de diamètre 1,5 nm. Les trois chaînes polypeptidiques (chaînes alpha) sont constituées de 1 050 acides aminés, avec surtout de la proline et de la glycine, c'est-à-dire deux acides aminés structuraux. La glycine est disposée tous les trois résidus et permet aux chaînes alpha de s'enrouler. En fonction des chaînes alpha, il existe plusieurs types de collagène, avec des collagènes dans le tissu conjonctif surtout de type 1, 2 et 3.

Le type 1 constitue 90 % du collagène corporel. Les collagènes fibrillaires sont organisés en fibrilles, elles-mêmes agrégées en faisceaux.

Le collagène scléral est essentiellement un collagène de type 1^[8]. Le type de collagène est identifié grâce à l'immunofluorescence indirecte qui utilise des anticorps anticollagène spécifiques.

Dans la sclère, il n'existe que du collagène de type 1, sauf dans la lamina cribrosa où il existe des types 1 et 3.

Organisation des fibrilles de collagène en microscopie électronique (fig 16)

Les fibrilles ont une striation transversale tous les 67 nm en microscopie électronique. Les molécules sont décalées d'un quart de longueur avec les molécules environnantes.

Synthèse dans le fibroblaste

Les chaînes polypeptidiques sont sécrétées à partir des ribosomes et intégrées dans la lumière du réticulum endoplasmique : ce sont des prochaînes alpha. Elles possèdent, en plus du peptide signal, obligatoire au passage de la membrane, des acides aminés supplémentaires. Ce sont des propeptides.

Après hydroxydation, les prochaînes s'assemblent en molécules tricaténaïres pour former le procollagène. La molécule tricaténaïre est stabilisée grâce à des liaisons hydrogène qui sont elles-mêmes dues à l'hydroxydation de la proline et de la lysine.

Après passage dans l'espace extracellulaire, les collagènes fibrillaires I, II et III perdent leur propeptide, formant le tropocollagène. Les molécules peuvent ainsi s'agencer en fibrilles.

Rôle des propeptides

Les propeptides sont nécessaires à la formation des molécules tricaténaïres. Ils empêchent la formation intracellulaire de fibrilles de collagène.

Gènes

Les gènes codant les chaînes alpha des collagènes fibrillaires sont très longs, de 30 à 40 kilobases, et contiennent 50 exons. Ces collagènes ont pour origine de multiples duplications d'un gène primordial de 54 nucléotides.

Cellules du tissu conjonctif

Elles adaptent l'organisation fibrillaire au besoin du tissu. Elles peuvent exprimer les gènes pour les différents types de molécules et régler la disposition extracellulaire des fibrilles. L'assemblage des fibrilles se fait selon la résistance à la tension nécessaire. Les cellules peuvent aussi réguler l'organisation spatiale du collagène en se déplaçant sur les fibres elles-mêmes, exerçant une tension sur la matrice, tirant sur le support.

Normalement, il existe un gradient dans le diamètre des fibrilles collagènes de la sclère, de la surface vers la profondeur, maximal dans les couches externes de la tunique sclérale (en moyenne 125 nm), minimal dans les couches internes de la sclère (62 nm à 70 nm en moyenne).

Normalement, le diamètre des fibrilles collagènes va de 40 à 180 nm (couches internes : 96 nm ; couches moyennes : 148 nm ; couches externes : 161 nm).

Les fibres collagènes sont formées de fibrilles, elles-mêmes provenant de l'alignement d'unités moléculaires de tropocollagène dont le décalage régulier donne une striation périodique de 67 nm en ultrastructure. La périodicité, c'est-à-dire la distance qui sépare chaque strie, est donc de 67 nm. Cette périodicité est celle de toutes les fibres collagène. Il existe en outre une micropériodicité de 21 nm. La substance fondamentale constitue une matrice chimique complexe, enrobant ces fibres. Elle est formée de protéines et de mucopolysaccharides (glycosaminoglycanes) : chondroïtine sulfates, acides polymérisés à des degrés variables, conditionnant leur solubilité, la consistance et la résistance du tissu, et pouvant s'unir à des protéines pour former des mucoprotéines. L'anabolisme du collagène (fibrillogenèse) et son catabolisme seraient conditionnés par l'interaction des protéines (collagène soluble) et des mucopolysaccharides.

La richesse en collagène insoluble, avec de grandes fibrilles et des mucopolysaccharides très polymérisés, caractérise l'état mature. Alors que la substance fondamentale est constamment renouvelée, le collagène mature paraît très peu actif, avec un renouvellement métabolique faible. Le complexe glycosaminoglycanes-substance fondamentale est soumis cependant à l'influence de nombreuses enzymes, d'inhibiteurs d'enzymes, de vitamines, d'hormones, d'électrolytes et de nutriments.

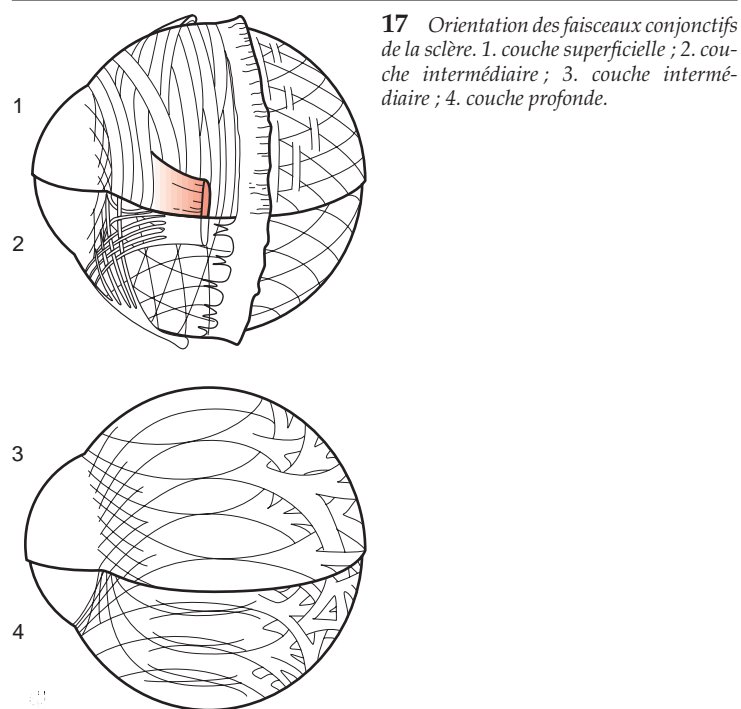
Les glycosaminoglycanes sont moins abondants que dans la cornée ; c'est pourquoi la sclère n'a pas tendance à s'œdématiser.

Chez les sujets jeunes, les fibres collagènes sont lâches et ondulées, tandis qu'avec l'âge elles deviennent plus serrées, formant un tissu compact ayant une meilleure cohésion.

Différents rôles

Aux différentes parties de la sclère incombent des rôles différents liés à l'orientation des faisceaux (fig 17, 18).

À la calotte antérieure, dans la région juxtalimbique, les fibres sclérales ont une disposition strictement circulaire, donnant à cette région la rigidité nécessaire à l'insertion des muscles droits et du muscle ciliaire. La présence de cet anneau rigide, voisin de la cornée, plus malléable, explique le changement de rayon de courbure au limbe sous l'impulsion de la pression intraoculaire. Cette disposition circulaire des fibres juxtalimbiques ne fait qu'accentuer la béance d'une plaie sclérale, surtout si elle est perpendiculaire au limbe.



17 Orientation des faisceaux conjonctifs de la sclère. 1. couche superficielle ; 2. couche intermédiaire ; 3. couche intermédiaire ; 4. couche profonde.

À la calotte postérieure, les bandes fibreuses ont une disposition méridienne en deux plans ; les rubans externes s'écartent en réseau de ballon, c'est-à-dire en croisillons, tandis que les rubans internes divergent en éventail. Dans ces conditions, ils cèdent graduellement à une hypertonie oculaire majeure.

L'arrangement des faisceaux de fibres varie en fonction de la région. Au limbe, la disposition des fibres est relativement circonférencielle,

comme au nerf optique. Les fibres sont grossièrement parallèles à la surface (les bandes sont à peu près à la même profondeur sur toute leur longueur).

Près des canaux (orifice vasculaire), les fibres deviennent parallèles à la direction du canal. Les parois de ces canaux ne sont pas bordées de cellules.

Au niveau des insertions des muscles, les fibres tendineuses de collagène, orientées parallèlement entre elles, sont continues avec les fibres sclérales externes. Autour de ces insertions, les paquets de fibres sclérales se disposent en arches incurvées, à concavités dirigées vers l'avant.

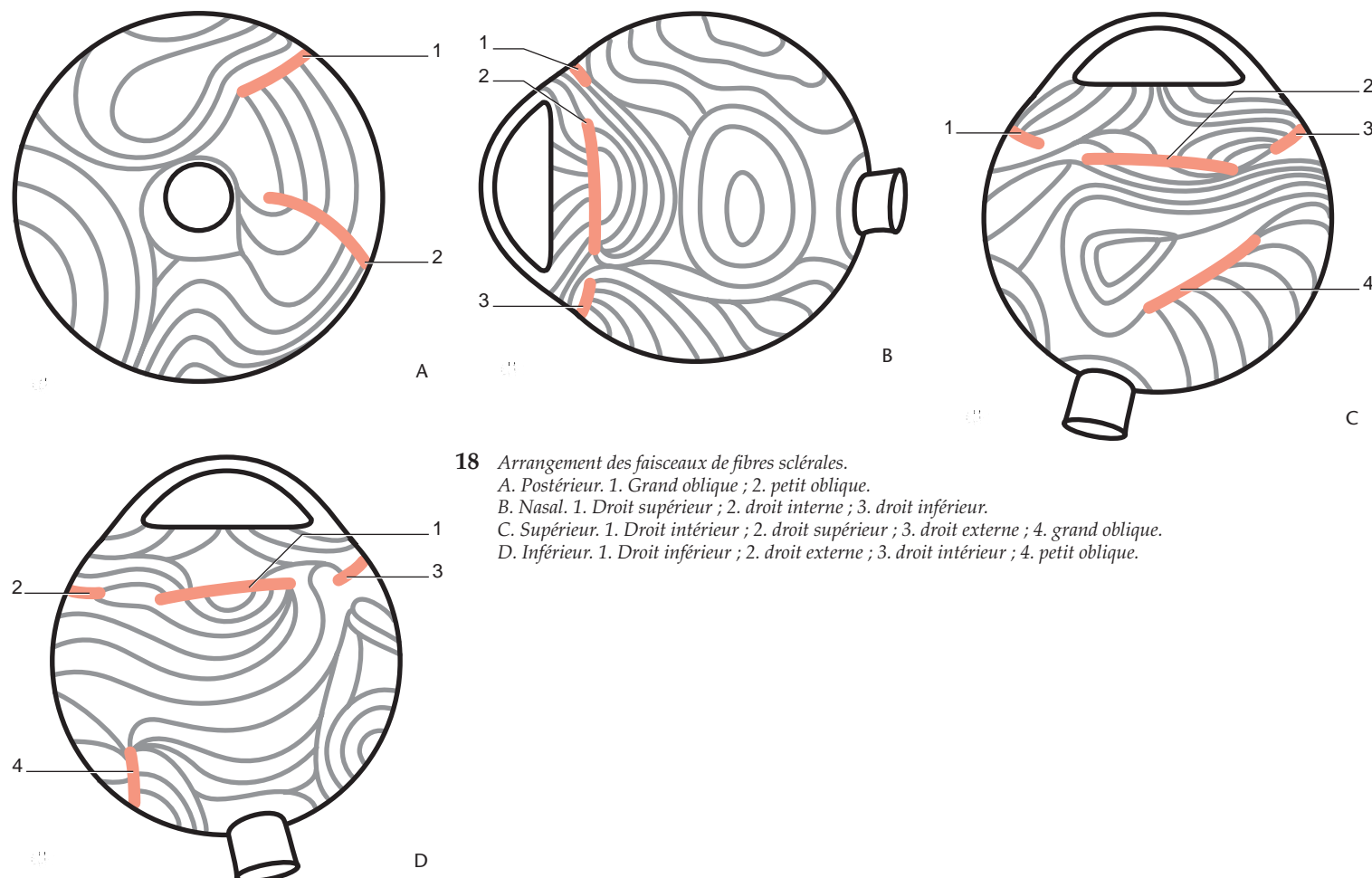
Autour du nerf optique, les fibres sclérales prennent aussi une direction en arche.

■ Fonctions

La sclère présente donc une véritable structure fonctionnelle déterminée par les efforts que subit la coque fibreuse ainsi constituée.

L'architecture sclérale est réglée par la traction exercée sur elle. Elle supporte la pression intraoculaire et la pression extérieure dépendant de la contraction musculaire. Elle intervient dans la stabilisation du tonus oculaire grâce à son extensibilité relative et à son élasticité.

Elle peut s'adapter aux différentes tractions exercées sur elle grâce à la disposition des rubans fibreux, à l'ondulation des fibres connectives et à l'abondance des fibres élastiques. En cas de traction importante, les fibres ondulées sont étirées par la tension de fibres élastiques. Si la traction diminue, les fibres élastiques se relâchent et les fibres connectives reprennent leur forme ondulée primitive. Tout se passe comme si la sclérotique se comportait à la façon d'un ressort.



18 Arrangement des faisceaux de fibres sclérales.
A. Postérieur. 1. Grand oblique ; 2. petit oblique.
B. Nasal. 1. Droit supérieur ; 2. droit interne ; 3. droit inférieur.
C. Supérieur. 1. Droit intérieur ; 2. droit supérieur ; 3. droit externe ; 4. grand oblique.
D. Inférieur. 1. Droit inférieur ; 2. droit externe ; 3. droit intérieur ; 4. petit oblique.

Avec l'âge, les faisceaux se condensent. La condensation est particulièrement importante autour des veines vortiqueuses, formant un véritable anneau scléral. En même temps, le tissu périvasculaire s'atrophie.

En cas d'éclatement scléral, la rupture sclérale se fait à 2-3 mm du limbe et en arrière dans la région circumpédonculaire, en raison des changements de courbure du globe et des modifications d'orientation des fibres collagènes et élastiques à ce niveau.

En cas de myopie forte, l'amincissement scléral porte surtout sur la sclère en arrière de l'insertion des muscles droits. Les fibres collagènes et élastiques sont raréfiées et étirées. Le staphylome postérieur de la myopie forte se développe sur le versant temporal de la papille.

FIBRES ÉLASTIQUES

Elles constituent moins de 25 % du poids sec de la sclère.

L'élastine est le composant principal des fibres élastiques. Cette protéine non glycosylée, hydrophobe, comporte 830 acides aminés. Elle est riche en proline et en glycine, mais ne contient pas d'hydroxylysine. Les molécules d'élastine forment des filaments ou feuilletés dans l'espace extracellulaire. Ces filaments sont reliés par des liaisons transversales covalentes (lysine). Ces molécules se replient au hasard, adoptant des conformations aléatoires leur permettant de se tendre et de se détendre comme un élastique.

La sclérotique est très riche en fibres élastiques^[17]. Fines et rectilignes, elles s'entrecroisent souvent à la surface des faisceaux de collagène sans s'anastomoser. Elles sont parallèles aux fibrilles de collagène auxquelles elles sont entrelacées. Les longues fibrilles de collagène inextensibles limitent l'ampleur de l'étirement de la sclère et empêchent ainsi sa déchirure. Elles sont plus nombreuses au pourtour du limbe, à l'équateur et autour du canal optique.

Elles apparaissent après la naissance, se multiplient chez l'adulte, pour diminuer chez le sujet âgé.

En cas de plaie sclérale, la rétraction des fibres élastiques explique que les lèvres d'une plaie sclérale aient tendance à rester écartées.

Les maladies du système élastique comme la maladie d'Ehlers-Danlos ou le syndrome de Marfan peuvent entraîner des staphylomes.

FIBROBLASTES

Les fibroblastes sont des cellules immatures constituant la charpente du tissu scléral. Leur cytoplasme comprend de larges citernes de réticulum endoplasmique et leurs noyaux ont plusieurs vacuoles. Ces cellules sont capables de se diviser. Les fibroblastes fabriquent diverses fibres et composants intercellulaires. Les fibroblastes synthétisent la matrice extracellulaire qui constitue l'espace extracellulaire.

FIBROCYTES

Les fibrocytes correspondent à des cellules matures. Elles siègent à l'entrecroisement des faisceaux de fibrilles de collagène. Ce sont des cellules rameuses à noyau allongé. Elles émettent de fins prolongements qui paraissent anastomosés entre eux. Leur noyau est plus irrégulier que celui des kératocytes cornéens. Les fibrocytes scléraux sont orientés parallèlement à la surface. Le réticulum endoplasmique est moins abondant que dans les fibroblastes. Les fibrocytes ont une faible capacité de synthèse mais pourraient dans certaines circonstances se différencier en fibroblastes pour reprendre une activité de synthèse.

Cette pauvreté de la sclère en cellules et l'absence de vaisseaux nourriciers font que la sclère n'a pas les moyens d'assurer elle-même sa cicatrisation.

Les fibromes scléraux, exceptionnels, se développent à partir des fibroblastes fusiformes.

MÉLANOCYTES (CHROMATOPHORES)

Les cellules pigmentaires sont rares, provenant d'une migration de l'uvée (mélanocytes uvéaux). Elles sont rencontrées le plus souvent autour des orifices de pénétration vasculaire.

Les mélanocytes forment une fine couche irrégulière sur la sclère interne. La surface interne de la sclère est pigmentée. C'est la lamina fusca. Elle est constituée d'une ou deux couches cellulaires.

Les mélanocytes sont des cellules étoilées ou fusiformes, similaires aux fibrocytes. Les fibres de collagène sont au contact des cellules au niveau du corps cellulaire ou des expansions cytoplasmiques. Les mélanocytes sont des cellules fixes avec un cytoplasme riche en granules de pigments qui contiennent de la mélanine nature. Il existe également dans la cellule des mélanosomes qui sont des précurseurs mélaniques.

Au biomicroscope, on peut ainsi percevoir chez les sujets pigmentés une traînée noirâtre sur le trajet des artères ciliaires antérieures et d'un nerf intrascléral (mélanose physiologique de la sclère).

La présence dans la sclère de mélanocytes fortement pigmentés est à l'origine de la mélanose oculaire congénitale.

ÉLASTINE EXTRACELLULAIRE OU SUBSTANCE FONDAMENTALE

Cet espace possède des polysaccharides (ou glycosaminoglycane) qui constituent le gel hydratant dans lequel se trouvent des fibres de collagène et des protéines (protéoglycane). Les protéoglycane sont de longues chaînes polysaccharidiques très hydrophiles. Il en existe quatre types. La sclère est surtout riche en chondroïtine-sulfate. Les polysaccharides constituent de 0,7 à 0,9 % du poids sec de la sclère, mais ils occupent un volume important par rapport à leur masse en se gonflant d'eau par charge osmotique. Dans la sclère, il existe une répartition des différents glycosaminoglycane en fonction du site. La sclère postérieure est plus riche en chondroïtine-sulfate et en dermatane-sulfate. À l'équateur, on retrouve plus d'acide hyaluronique. Les protéoglycane et leur contenu en glycosaminoglycane jouent un rôle-clé dans la régulation et l'assemblage des fibrilles de collagène et dans la résistance biochimique des fibrilles.

Propriétés biochimiques et biophysiques

PARTICULARITÉS BIOCHIMIQUES

Le collagène de la sclère est représenté par des scléroprotéines formées d'acides aminés : glycine, proline, hydroxyproline. Il est pauvre en soufre.

La non-transparence de la sclérotique s'oppose à la transparence paradoxale de la cornée, en raison notamment de l'orientation et de la taille différente des fibrilles. D'autre part, si la cornée se trouble par imbibition d'eau, la sclérotique, elle, gagne de la transparence par imbibition, ainsi que par dessiccation. Ceci s'explique par l'existence en plus grande quantité dans le tissu conjonctif de la cornée, par rapport à celui de la sclérotique, d'un mucopolysaccharide : le mucoïde.

Ce taux plus élevé de mucoïde explique que la cornée gonfle jusqu'à deux fois son poids quand on la plonge dans l'eau tandis que la sclérotique ne le fait pas. Les affinités tinctoriales différentes pour l'argent entre la sclérotique et la cornée sont en rapport avec un métabolisme différent des mucopolysaccharides, les fibres sclérales ayant une plus grande argyrophilie que les fibres cornéennes.

Ainsi, le mucoïde, par son rôle de fixateur d'eau, joue un rôle important dans la non-transparence de la sclère :

– déshydratée, la sclérotique est aussi transparente que la cornée, dont elle est difficile à différencier, surtout chez le jeune ; chez le vieillard, la sclère se calcifie ;

– réhydratée, elle récupère sa blancheur en 3 minutes, et en un quart d'heure son épaisseur et sa souplesse.

Ces possibilités de déshydratation de la sclère ont permis la conservation post mortem de globes énucléés :

- soit par lyophilisation, c'est-à-dire par congélation et dessiccation ;
- soit par « silicodessiccation », selon Payran, c'est-à-dire dessiccation simple douce avec un sel de silice microporeux et réhydratation lors de l'emploi.

PROPRIÉTÉS BIOPHYSIQUES

La sclérotique, du fait de sa structure conjonctivoélastique, assure :

- une certaine rigidité au globe ;
- un rôle de protection contre les chocs et les rayons lumineux ;
- un rôle de soutien contre la pression atmosphérique et les contractions musculaires.

Cette structure explique sa rétraction lors d'une diathermocoagulation.

IMMUNOLOGIE

De nombreuses maladies du collagène peuvent être responsables de sclérites.

Au plan pathogénique, il y aurait un dépôt de complexes immuns.

Après activation, les lymphocytes B se différencient en plasmocytes sécrétant des anticorps spécifiques de l'antigène. Le complément recouvre le complexe immun, permettant sa captation par les macrophages et les polynucléaires. La production des anticorps serait soit locale, par auto-immunité, soit générale, apportés par la vascularisation locale. Le complément C1 aurait une distribution plus importante dans la sclère antérieure, ce qui indiquerait une activité immunologique plus importante.

Vascularisation

La sclérotique est une membrane, sinon avasculaire, du moins très faiblement vascularisée. Elle est nourrie par imbibition à partir des couches voisines. Sa vascularisation est assurée cependant par un réseau artérioveineux.

RÉSEAU ARTÉRIEL

La sclère est faiblement vascularisée. L'apport nutritionnel se fait par les couches tissulaires adjacentes. Les mouvements transscléraux de substance, qui restent faibles, résultent d'une différence de pression entre l'espace suprachoroïdien et le tissu épiscléral.

Un réseau artériel, à larges mailles, assure en partie la vascularisation de la sclère. Il est formé par des branches :

- des artères ciliaires courtes postérieures ;
- des artères ciliaires antérieures, qui constituent les plexus profonds et superficiels.

Mais son rôle nourricier apparaît accessoire par rapport à celui joué par la conjonctive et la choroïde ^[22].

La vascularisation est assurée cependant par :

- en avant, le plexus péricornéen profond, intrascléral, formé par les artères perforantes des artères ciliaires antérieures ; de ce plexus naissent des artérioles destinées au canal de Schlemm ; en superficie, le réseau artériel est dense près du limbe, où les artères conjonctivales antérieures situées dans le tissu épiscléral se dirigent radialement vers la cornée, pour former le plexus péricornéen superficiel ;

- en arrière, le cercle artériel de Zinn-Haller, au pourtour du nerf optique, creusé dans la sclérotique, formé par des branches anastomotiques des artères ciliaires courtes postérieures.

Le réseau vasculaire épiscléral s'appauvrit en arrière de l'équateur avant de s'anastomoser avec le réseau périoptique et le plexus épiscléral postérieur, issu des branches des artères ciliaires courtes postérieures.

RÉSEAU VEINEUX

Sa disposition est identique.

- En avant, il existe :

- un réseau veineux profond ou plexus veineux intrascléral péricornéen, recevant de 20 à 30 veinules efférentes du canal de Schlemm, ainsi que les veinules ciliaires ; ce réseau se déverse par des veines perforantes communicantes dans le réseau épiscléral superficiel ; ce réseau profond est à l'origine de l'injection périkeratique d'origine iridociliaire ;

- un réseau veineux superficiel ou réseau épiscléral péricornéen, sus-jacent, peu serré, drainant en partie le réseau marginal péricornéen de Leber ; il donne naissance aux veines ciliaires antérieures ; ce réseau est à l'origine de l'injection périkeratique d'origine cornéenne.

- En arrière, le feuillet viscéral de la capsule de Tenon sert de lame porte-vaisseaux au réseau épiscléral postérieur que drainent les veines ciliaires courtes postérieures.

Innervation

NERFS CILIAIRES COURTS

Ils assurent l'innervation de la sclère, après leur pénétration dans la sclérotique, pendant leur trajet dans l'espace suprachoroïdien. Ces nerfs donnent des rameaux scléraux parmi lesquels on distingue :

- des nerfs vasomoteurs ;
- des nerfs trophiques, dont les terminaisons entrent en rapport avec les cellules interfasciculaires ;
- des nerfs sensitifs, qui possèdent des ramifications terminales en forme de massue, de bouton ou de plaquette.

Certains nerfs décrits par Redshob ont un aspect spécial. Ils traversent la sclérotique de dehors en dedans et, après avoir atteint la surface, se recourbent pour y pénétrer à nouveau, formant une boucle. Le biomicroscope peut permettre d'observer ces aspects au pourtour du limbe.

À leur terminaison, les nerfs ciliaires courts forment un riche plexus à la face externe du corps ciliaire. De ce plexus naissent :

- des rameaux récurrents destinés à l'orbiculus ciliaris ;
- des rameaux internes destinés à l'iris et au corps ciliaire ;
- des rameaux externes destinés à la cornée, qui perforent la sclérotique de dedans en dehors, en général à l'équateur et à 3 ou 4 mm en arrière du limbe ; arrivés en surface, ces rameaux se subdivisent, s'anastomosent, formant un plexus péricornéen d'où se détachent des fibres cornéennes ; ce réseau s'anastomose avec le réseau épiscléral sus-jacent.

Rôle physiologique de la sclère

La sclère protège les milieux intraoculaires contre les traumatismes. Elle est peu extensible mais se laisse distendre car c'est un tissu viscoélastique. Elle s'adapte aux différentes tractions exercées par une double réponse :

- réponse par un allongement rapide et bref dû à la composante élastique ;
- réponse secondaire lente due à la composante visqueuse.

La sclère peut s'étirer proportionnellement davantage si les pressions intraoculaires sont élevées. Il existe une première phase de rigidité oculaire immédiate durant laquelle l'augmentation de volume intraoculaire est suivie par une augmentation de la pression intraoculaire. Cette rigidité immédiate est en rapport avec les fibres sclérales. Ces fibres vont permettre au globe de retrouver une fermeté après étirement momentané. Si la pression oculaire est

maintenue à un niveau élevé plus longtemps, la sclère se distend et la pression oculaire va diminuer. Cette extensibilité est due à sa composante visqueuse.

Ainsi, la sclère permet de maintenir le tonus oculaire et de s'adapter aux traumatismes.

Sclère et myopie

Parmi les hypothèses concernant la myopie forte, une théorie ancienne, mécanique, attribue la cause de l'étirement myopique à des tractions mécaniques sur une sclère affaiblie.

L'affaiblissement de la sclère serait en rapport avec différents facteurs :

- congestion veineuse de la circulation choroïdienne entretenue par la position de la tête penchée en avant pendant la lecture, qui augmenterait la pression intraoculaire (de 5 à 15 mmHg) par contraction des droits internes ;
- déficit nutritionnel en calcium, qui intervient dans le métabolisme du collagène ; ainsi, l'hypercalciurie idiopathique infantile, syndrome d'origine rénal, s'associe souvent à une forte myopie congénitale ;
- déficits protéiniques, déficits en vitamine A, D ou E ;
- facteurs hypophysaires ;
- hyperthermie (on a noté des aggravations de la myopie au cours des poussées thermiques des maladies infantiles) ;
- facteurs héréditaires surtout (ainsi, certaines maladies systémiques du collagène s'accompagnent d'une forte myopie).

Les études biomécaniques de la sclère ont recherché les relations tension-déformation de la sclère postérieure.

Les études chez l'embryon ont montré que la sclère postérieure était la dernière à se former.

Pour certains auteurs, la myopie forte serait en relation avec une sclérectasie fœtale postérieure qui fragiliserait cette zone.

Or, la sclère postérieure a une capacité d'élongation quatre fois plus importante que la sclère antérieure ou équatoriale.

Il y a par ailleurs absence d'hystérésis de la sclère postérieure après traction, celle-ci restant étirée après plusieurs tractions et ne revenant pas à sa taille normale.

La pression intraoculaire serait le principal facteur mécanique pouvant provoquer l'allongement de la sclère.

Ceci se vérifie dans les glaucomes congénitaux.

Mais il n'existe pas d'argument décisif de relation entre myopie et glaucome chronique. La fréquence de la myopie dans le glaucome chronique est discutée. Ainsi, plus de 11 % de forts myopes (myopie axiale supérieure à 26,5 mm) de plus de 40 ans sont glaucomateux. Cette proportion passe à plus de 23 % si la longueur axiale dépasse 30 mm.

Chez l'enfant anisométrope, l'œil le plus long est celui qui a la plus forte tension oculaire.

Plus la myopie est forte, plus la réponse à la corticothérapie locale est importante.

Mais toutes les tentatives pour contrôler la croissance du globe en abaissant la pression oculaire ont été des échecs.

C'est le pôle postérieur qui s'allonge dans la myopie forte. Cette paroi est soumise normalement à une tension de 1,2 G/mm², mais cette tension peut augmenter fortement sous l'action des muscles obliques, et la tension est plus forte sur le bord temporal du nerf optique, d'où la localisation des staphylomes myopiques. L'orientation des fibres de la sclère est parallèle aux lignes de tension auxquelles la zone proche du nerf optique peut être soumise (fig 18) et cette orientation préférentielle est un argument en faveur de la réalité des tensions développées à ce niveau de la sclère.

La théorie biologique de la myopie forte s'oppose à la théorie mécanique. L'étirement de la sclère n'est que secondaire à une

pathologie de l'épithélium pigmentaire de la rétine d'origine héréditaire. Les expérimentations tendent à montrer que la myopie serait liée à une croissance anormale, à un remodelage actif, plutôt qu'à un étirement passif.

Des anomalies histologiques sclérales sont retrouvées dans la myopie forte :

- aplatissement et amincissement des faisceaux de collagène ;
- arrangement parallèle des faisceaux méridiens dans lesquels les fibres croisées sont absentes, donnant une apparence cornéenne à la sclère du myope ; ces faisceaux méridiens ont trois anomalies :
 - un amincissement des faisceaux de fibres longitudinales, dont les diamètres sont inférieurs à la normale ;
 - une réduction de la réfringence (absence du reflet normal le long des fibres collagènes) ;
 - une perte des striations sombres longitudinales ;
- anomalies des fibres croisées, à disposition équatoriale ou méridienne ;
- séparation, espacement anormal des fibres, avec perte de l'alignement compact et longitudinal ;
- réduction de la taille des fibres, qui deviennent très petites (à peine visibles) ;
- modification de l'architecture des fibres avec dispersion et éparpillement des fibres.

Ainsi, la myopie forte entraîne une désorganisation architecturale et une dispersion des fibres sclérales, surtout au pôle postérieur. Il y aurait diminution des cellules du stroma scléral et des mélanocytes et une altération de la substance fondamentale.

Il existerait trois altérations essentielles :

- une disposition lamellaire des faisceaux de fibres de collagène ; cette structure serait quasi exclusive dans les yeux myopes forts, avec un amincissement considérable des lamelles ;
- une réduction du diamètre moyen des fibres collagène (à 83 nm, soit 13 nm de moins que le diamètre moyen normal des fibrilles de la courbe interne), avec des zones où les fibrilles ont un calibre extrêmement réduit ; il existe une grande dispersion du diamètre des fibrilles (de 30 à 200 nm) ;
- une structure particulière des fibrilles, en étoile.

La sclère du myope serait ainsi anormale et déformable sans hystérésis, c'est-à-dire sans mémoire de forme, et son expansion progressive produirait une déformation définitive de la sclère. Il existe une faiblesse sclérale postérieure chez le myope. Il existerait un déficit de la fibrillogenèse, d'où une faiblesse sclérale, et/ou une destruction d'une sclère normale mais immature.

Quel que soit le mécanisme exact de déficience ou de blocage de la fibrillogenèse avec apparition de fibrilles anormales (dysfonctionnement de l'épithélium pigmentaire, anomalies métaboliques, enzymes protéolytiques), la sclère anormale de la myopie pourrait céder même sous une pression intraoculaire normale.

Sclère et chirurgie

L'orientation des fibres sclérales doit être prise en compte dans le passage des points scléraux (en cas de décollement de rétine, de chirurgie oculomotrice...).

Plusieurs types de sutures sont utilisés.

- Les points parallèles à l'indentation sont faciles à placer, notamment en cas de décollement de rétine et quel que soit le type de l'indentation, radiaire ou parallèle. Ces points ont quelques inconvénients, notamment un risque d'arrachement des fibres sclérales au niveau :

- du passage antérieur, du fait de la finesse de la sclère à l'insertion des muscles, et de l'orientation des fibres sclérales ;

- du passage postérieur car les forces de traction exercées pour serrer une indentation sont perpendiculaires au passage intrascléral et sont des forces d'arrachement ;
 - pas d'effet pli.
 - Les *points perpendiculaires à l'indentation*, ou points en U, sont réalisés, au mieux, à l'aide d'un porte-aiguille à verrou avec une aiguille ronde à pointe triangulaire. Le premier passage est perpendiculaire à la ligne d'insertion des muscles. Le deuxième passage postérieur, plus long, est passé dans le même axe que le premier, bien radiaire. La distance entre les deux passages postérieurs est plus grande que celle entre les deux passages antérieurs.
- Dans ce type de points :
- les forces de traction sont tangentielles, voire parallèles au passage intrascléral ; ce sont des forces de plissement sans risque d'arrachement scléral ;
 - le nœud est réalisé sur la sclère par une triple boucle, ce qui permet d'ajuster le serrage facilement, après contrôle de l'indentation ;
 - une aiguille spatulée ne peut pas être utilisée dans le passage postérieur, car il est souvent nécessaire de l'incliner pour passer

le point ; une aiguille ronde diminue les risques de lacération de la sclère.
Ces points sont de réalisation délicate dans les déchirures postérieures, d'où l'intérêt d'un point mixte.

- Les *points scléaux mixtes* sont utilisés si l'on ne recherche pas un effet de plissement scléral (Aubry-Quenet). Le premier passage est perpendiculaire à l'indentation, le plus souvent à l'insertion musculaire, ce qui supprime tout risque d'arrachement des fibres sclérales antérieures. Le passage postérieur est long et parallèle à l'implant. Le dernier passage est placé perpendiculairement à l'implant, grâce à un porte-aiguille classique et une aiguille quart de cercle spatulée. Les forces exercées sur la sclère postérieure ne sont pas des forces d'arrachement du fait du passage antérieur perpendiculaire, à condition de tirer sur les deux brins de façon simultanée. Le nœud serré sur la sclère permet un réglage aisé de l'indentation. Une fermeture de la conjonctive en deux plans est préférable, pour diminuer le risque d'extériorisation. Dans certaines déchirures de rétine très antérieures, type dialyse, il faut passer un point antérieur perpendiculaire avec le même type d'aiguille doublement montée, le serrage des nœuds se faisant sur la sclère en arrière de l'implant. Ce point permet ainsi un effet de plissement antérieur qui renforce le caractère antérieur de l'indentation.

Références

- | | | |
|---|---|---|
| <p>[1] Arciniegas A, Amaya LE. Mechanical behavior of the sclera. <i>Ophthalmologica</i> 1986 ; 193 : 45-55</p> <p>[2] Bernasconi M et al. Modification to the classic concept of oblique muscle global insertions. 4^e symposium ISA, Asilomar, 1982</p> <p>[3] Bonnet M, Villon JC. La sclère. <i>Arch Ophthalmol</i> 1973 ; 33 : 67-72</p> <p>[4] Ducournau D. Anatomie de la vascularisation choroïdienne. <i>Bull Soc Ophthalmol Fr</i> 1981 ; 81 : 7-27</p> <p>[5] Ducournau D. Systématisation vasculaire de la choroïde. [thèse médecine], Lyon, 1979</p> <p>[6] Flament J. De la valeur de la méthode ultrasonique dans la mesure de l'épaisseur de la sclérotique. <i>Bull Soc Ophthalmol Fr</i> 1970 ; 70 : 911-917</p> <p>[7] Hayreh SS. The choriocapillaris. <i>Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol</i> 1974 ; 192 : 165-179</p> <p>[8] Keeley FW, Morin JD. Characterization of collagen from normal human sclera. <i>Exp Eye Res</i> 1984 ; 39 : 553-542</p> | <p>[9] Laibson PR. Cornea and sclera. <i>Arch Ophthalmol</i> 1970 ; 83 : 637-657</p> <p>[10] Laibson PR. Cornea and sclera. <i>Arch Ophthalmol</i> 1971 ; 85 : 738-762</p> <p>[11] Laibson PR. Cornea and sclera. <i>Arch Ophthalmol</i> 1972 ; 88 : 553-574</p> <p>[12] Lemp MA. Cornea and sclera. <i>Arch Ophthalmol</i> 1973 ; 90 : 408-421</p> <p>[13] Lemp MA. Cornea and sclera. <i>Arch Ophthalmol</i> 1974 ; 92 : 158-170</p> <p>[14] Lemp MA. Cornea and sclera. <i>Arch Ophthalmol</i> 1976 ; 94 : 473-490</p> <p>[15] Norn M. Topography of scleral emissaries and sclera-perforating blood vessels. <i>Acta Ophthalmol</i> 1985 ; 63 : 320-322</p> <p>[16] Offret G, Dhermy P, Brini A, Bec P. Anatomie pathologique de l'œil et de ses annexes. Rapport de la société française d'ophtalmologie. Paris : Masson, 1974</p> | <p>[17] Otto J, Zimmermann E. Über Variationen der Muskelansätze des Muskelverl und der Muskelelastizität bei schiel Patienten. <i>Klin Mbl Augenheik</i> 1979 ; 175 : 418-427</p> <p>[18] Riu R, Darleguy P, Blade J, Rigal J. Anatomie de la sclère - Questions d'anatomie n° 43. Monte-Carlo : Laboratoire Dulcis, 1967</p> <p>[19] Spitznas M. Development of the human sclera. <i>Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol</i> 1988 ; 226 : 89-100</p> <p>[20] Trier K, Olsen EB, Ammitzboll T. Regional glycosaminoglycans composition of the human sclera. <i>Acta Ophthalmol</i> 1990 ; 68 : 304-306</p> <p>[21] Weiter JJ, Ernest JT. Anatomy of the choroïdal vasculature. <i>Am J Ophthalmol</i> 1974 ; 78 : 583-590</p> <p>[22] Wibar KC. A study of the choroïdal circulation of the eye in man. <i>J Anat</i> 1954 ; 88 : 94-98</p> |
|---|---|---|