

1 Vision binoculaire normale

1.1 Anatomie et physiologie de l'orbite et de l'appareil locomoteur

H. Kaufmann, H. Steffen

1.1.1 Anatomie de l'orbite

L'orbite osseuse a la forme d'une pyramide irrégulière, dont le sommet est situé à l'extrémité du canal optique et dont la base est formée par les rebords de l'orbite (figure 1.1). L'axe passant par l'extrémité du canal optique et le milieu du diamètre de l'orbite est appelé l'**axe orbitaire**. Les deux axes de l'orbite convergent vers l'arrière et se croisent à peu près au niveau de la selle turcique (figure 1.2). On distingue quatre parois à peu près triangulaires, constituées de minces lamelles osseuses — parfois fines comme du papier. Elles sont recouvertes d'un périoste rugueux, la **péri-orbite**.

Le **plafond orbitaire** sépare l'orbite de la base du crâne et du sinus frontal. Le **plancher de l'orbite** contient le canal infraorbitaire et sépare l'orbite du sinus maxillaire sous-jacent.

L'épaisseur de sa paroi n'est parfois que d'environ 0,1 mm. La **paroi médiale** de l'orbite, en particulier la partie constituée par l'os ethmoïde, est très mince et sépare l'orbite des cellules ethmoïdales. La **paroi latérale** de

l'orbite est la plus épaisse et la plus résistante des quatre parois et n'est que rarement pneumatisée.

Le voisinage immédiat de l'orbite avec les *fosses nasales* et les *sinus* explique leur implication fréquente dans les processus inflammatoires et néoplasiques.

En raison de leur faible résistance, la paroi médiale et le plancher de l'orbite sont particulièrement vulnérables.

R!

Remarque

Rapports de l'orbite avec d'autres cavités :

- **canal optique** avec la fosse crânienne moyenne ↔ *nerf optique*, n. II; *artère ophtalmique*;
- **fissure orbitaire supérieure** avec la fosse crânienne moyenne ↔ n. oculomoteur, n. III; n. trochléaire, n. IV; n. abducens, n. VI; n. ophtalmique (première branche du n. trijumeau, n. V1) et v. ophtalmique supérieure;
- **fissure orbitaire inférieure** avec la fosse ptérygopalatine ↔ n. infraorbitaire (issu du n. maxillaire, n. V2), v. ophtalmique inférieure;
- **canal infraorbitaire** avec la joue ↔ *nerf infraorbitaire*;
- **canal nasolacrimal** avec la cavité nasale.

Plusieurs orifices naturels connectent l'orbite avec ses structures voisines. La petite aile du sphénoïde contient le canal optique. Entre la petite et la grande aile du sphé-

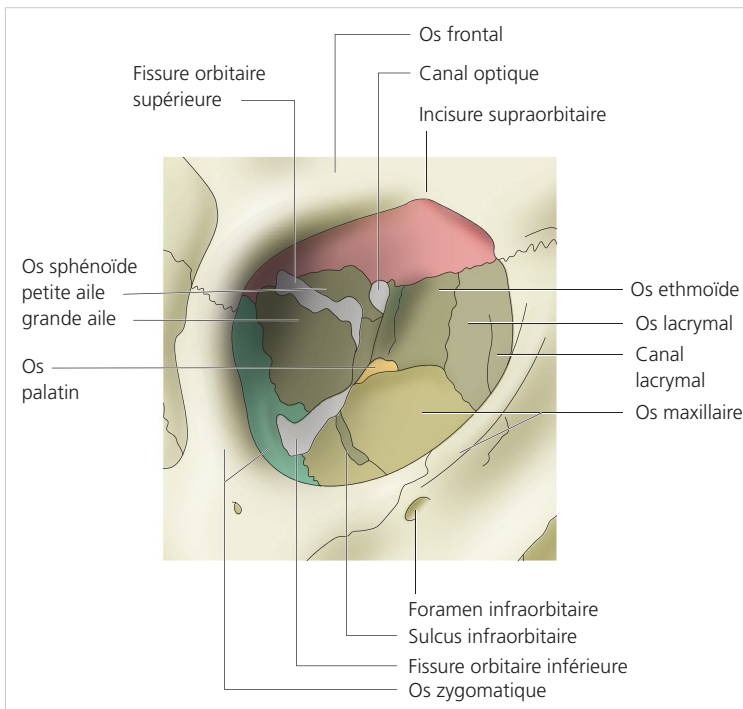


Fig. 1.1 Orbite droite, vue fronto-latérale.

En moyenne, la **profondeur** chez l'adulte est d'environ 42 mm, la **largeur** (diamètre horizontal au niveau de la crête de l'orbite) environ 40 mm et la **hauteur** (diamètre vertical) d'environ 35 mm pour un volume d'environ 27 cm³. Le **toit de l'orbite** est formé à l'avant par l'os frontal, en arrière par la petite aile de l'os sphénoïde. L'os frontal contient le sinus frontal. Le **plancher de l'orbite** est constitué de la partie supérieure de l'os maxillaire, à sa partie latérale de l'os zygomatique et à l'arrière d'un très petit prolongement de l'os palatin. La **paroi médiale** de l'orbite est constituée dans sa partie antérieure d'un prolongement de l'os maxillaire, de l'os lacrymal, de l'os ethmoïde et de la face antérieure du corps de l'os sphénoïde. La **paroi latérale** de l'orbite est formée de l'os zygomatique et de la grande aile du sphénoïde.

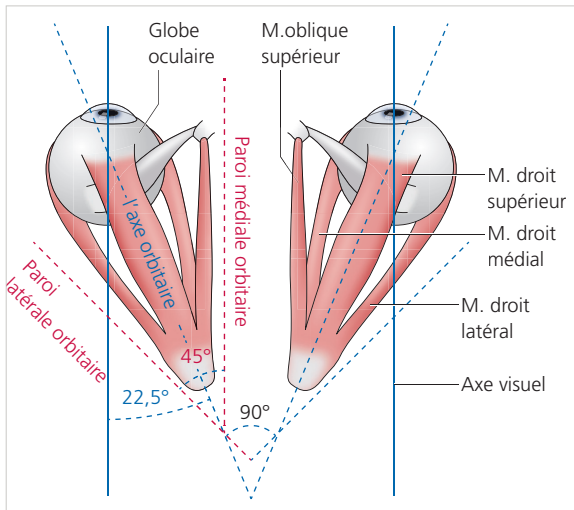


Fig. 1.2 Angles entre les parois latérales et médiales de l'orbite, l'axe de l'orbite et l'axe visuel.

noïde, on retrouve une fente qui est la fissure orbitaire supérieure (figure 1.1). Elle mesure environ 20 mm de longueur et jusqu'à 6 mm de largeur. L'anneau tendineux commun (anciennement appelé anneau de Zinn) la divise en plusieurs étages (figure 1.3). La **fissure orbitaire inférieure** (figure 1.1), une fente d'environ 30 mm de longueur et jusqu'à 5 mm de largeur, est située entre la grande aile du sphénoïde et l'os maxillaire, et connecte l'orbite avec la fosse ptérygopalatine (fossa pterygopalatina) et la fosse temporale. Elle est couverte par le **muscle orbitaire** en forme de filet dont les fibres musculaires lisses stabilisent la pression intraorbitaire lors de la contraction des paupières et des muscles oculaires; le contenu de l'orbite est poussé vers l'arrière.

Au niveau de la fissure orbitaire inférieure commence une gouttière ouverte qui se dirige vers l'avant dans le plancher de l'orbite et se referme pour former le **canal infraorbitaire** qui passe en dessous du rebord inférieur de l'orbite pour déboucher dans le **foramen infraorbitaire** (figure 1.1), point de sortie du n. infraorbitaire qui va rejoindre la joue (*point de pression* pour la *deuxième branche du trijumeau*). Le rebord orbitaire supérieur présente une encoche ou un foramen (**incisure supraorbitaire** ou **foramen frontal**, *point de pression* pour la *première branche du trijumeau*) pour le trajet des branches terminales du n. frontal vers le front. Dans la partie nasale inférieure, derrière le rebord de l'orbite, on retrouve une fosse (dans laquelle se trouve le sac lacrymal) qui se prolonge vers le bas par le **canal nasolacrymal**.

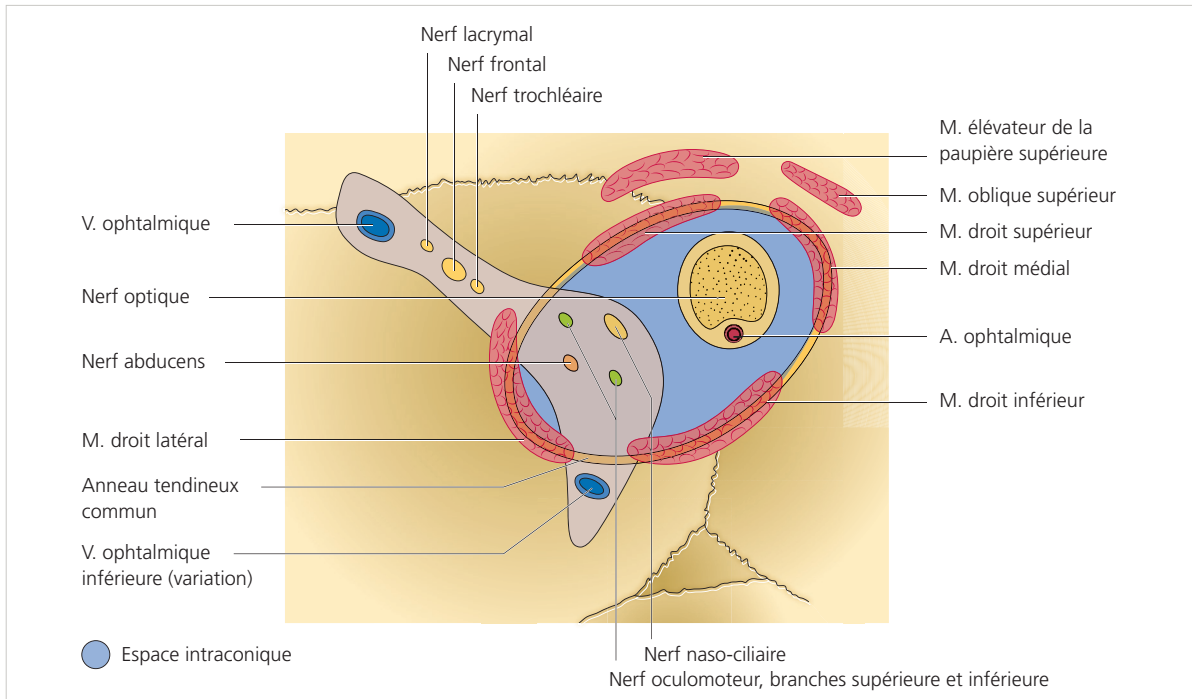


Fig. 1.3 Apex orbitaire. Représentation schématique des conditions topographiques dans la région du canal optique et de la fissure orbitaire supérieure.

1.1.2 Anatomie topographique du contenu de l'orbite

L'orbite peut être divisée en trois étages qui sont bien visibles sur des coupes frontoparallèles. Au sommet de l'orbite (figure 1.3), un anneau de tissu conjonctif, l'**anneau tendineux commun**, est fermement attaché à l'os et enjambe à deux endroits la fissure orbitaire supérieure.

Cet anneau tendineux est l'origine de tous les muscles droits de l'œil, du releveur de la paupière et du muscle oblique supérieur. Les muscles oculaires droits et la membrane intermusculaire forment un **cône musculaire** qui s'élargit vers l'avant et sépare l'orbite en un espace intraconique et un espace extraconique (figures 1.3 et 1.4). L'étage supérieur (**extraconique**) contient le nerf trochléaire et le nerf frontal (figure 1.5) et l'étage inférieur (également extraconique) dans le canal infraorbitaire ne contient que le nerf infraorbitaire. Tous les autres nerfs et vaisseaux passent par l'étage moyen **intraconique** (figure 1.6).

Le territoire du n. trijumeau au niveau de la face est illustré dans la figure 1.7.

Remarque

- Les nerfs trochléaire, frontal et lacrymal traversent l'étage supérieur de la fissure orbitaire supérieure et prennent un trajet extraconique.
- Le nerf oculomoteur, le nerf nasociliaire et le nerf abducens se retrouvent à l'étage moyen et accompagnent le nerf optique et l'artère ophtalmique avec un trajet intraconique.

La délimitation tendineuse de ces deux groupes de nerfs explique le tableau clinique différent de certains syndromes (syndrome de l'apex de l'orbite, syndrome de la fissure orbitaire supérieure).

Par ailleurs, le contenu de l'orbite est divisé par des **fascias de tissu conjonctif** qui s'étendent des muscles oculaires à la péri-orbite [48–50]. Dans la partie antérieure de l'orbite, les tissus conjonctifs entre les muscles oculaires (*membranes intermusculaires*) ainsi que les connexions entre les muscles oculaires et la péri-orbite s'épaississent. Les fascias fibreux les plus épais sont

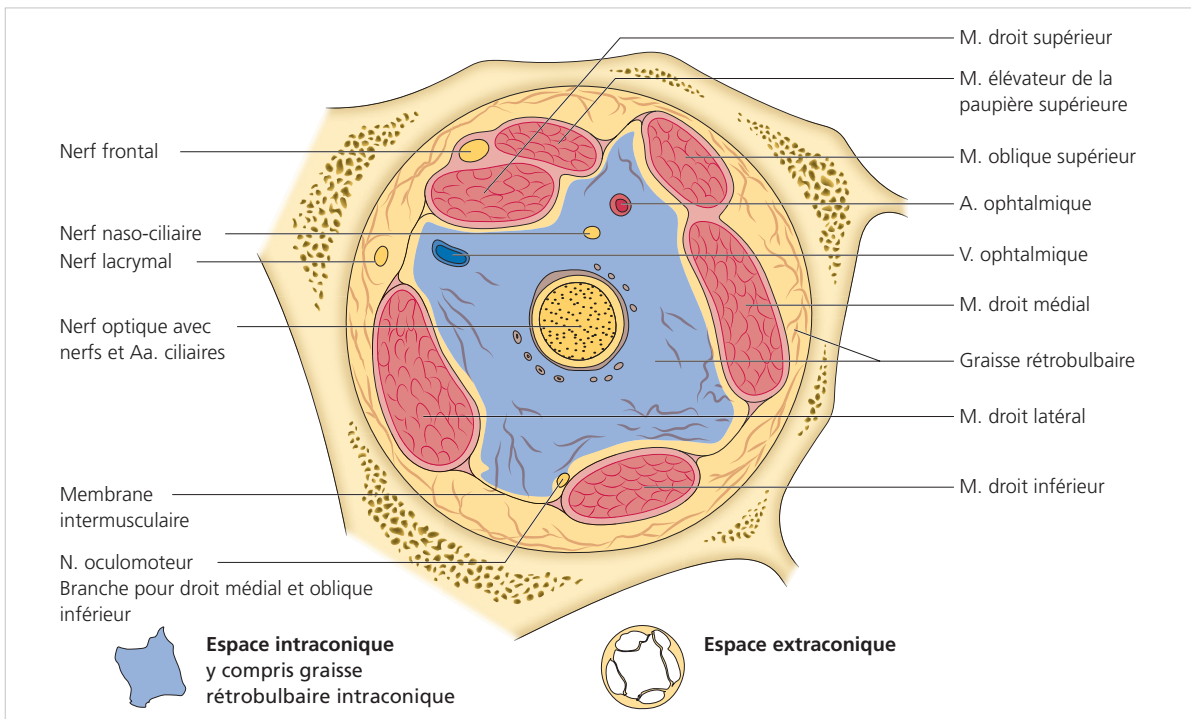


Fig. 1.4 Orbite. Coupe frontale à travers la partie postérieure de l'orbite droite.

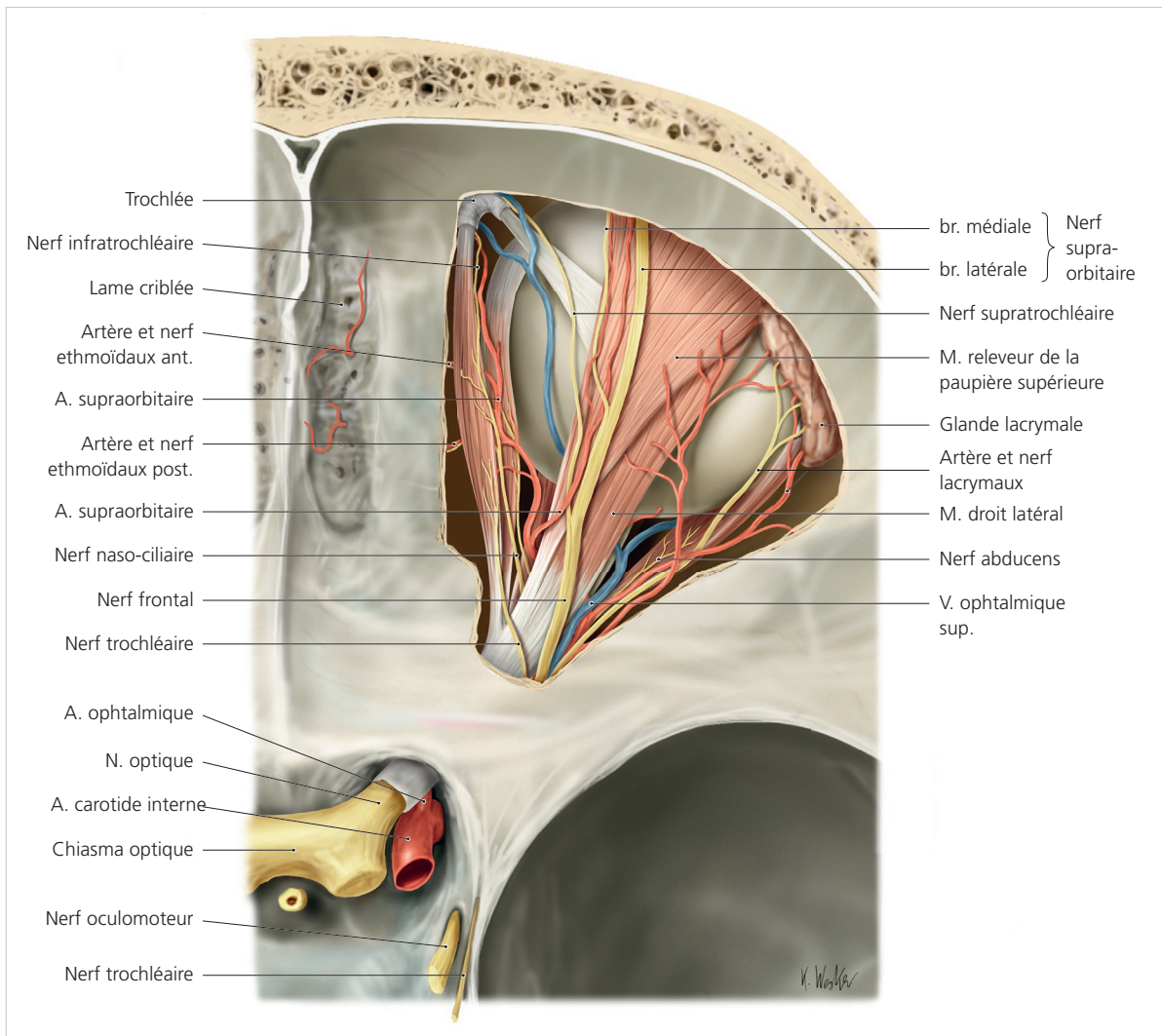


Fig. 1.5 Étage supérieur de l'orbite droite après ablation du toit de l'orbite. Dans la fissure orbitaire supérieure, le **nerf trochléaire** provenant de la paroi latérale du sinus caverneux passe dans la partie médiale et entre avec trois ou quatre branches par le haut dans le muscle oblique supérieur. Plus latéralement suivent les branches supérieures du **n. ophtalmique** (n. V1), qui se divise avant ou dans la fissure orbitaire supérieure en ses trois branches, le nerf frontal, le nerf lacrymal, le nerf nasociliaire. Ce dernier se dirige encore dans la fissure orbitaire supérieure vers le bas, dans l'étage moyen de l'orbite (cf. figure 1.6). Le **nerf frontal** se dirige vers l'avant sur le muscle élévateur de la paupière supérieure et assure l'innervation sensitive du front, de la paupière supérieure et de l'angle médial palpébral. Le plus latéral est le **nerf lacrymal**, qui passe au-dessus du muscle droit latéral pour se diriger vers la glande lacrymale, où il forme une anastomose avec le nerf zygomatique et innerve la glande lacrymale. Parmi ces nerfs et les artères qui les accompagnent, on retrouve en médial le **muscle oblique supérieur**, à peu près au milieu le muscle élévateur de la paupière supérieure, qui recouvre le muscle droit supérieur, et le plus latéralement, le **muscle droit latéral** et la **glande lacrymale**. (Source : Schünke M, Schulte E, Schumacher U. Prometheus. Atlas d'apprentissage de l'anatomie. Tête, cou et neuroanatomie. Illustrations de M. Voll et K. Wesker. 5^e éd. Stuttgart: Thieme; 2018.)

appelés *ligaments*. Ce réseau tridimensionnel de tissus conjonctifs dans l'orbite peut être à l'origine des troubles de l'oculomotricité même si les muscles eux-mêmes ne sont pas altérés, soit dans leur trajet soit sans leur motricité. Une telle condition peut se produire lors d'une inflammation, un hématome, un processus néoplasique ou une fracture de l'orbite.

Tous les tissus conjonctifs, les muscles oculaires, les nerfs et les vaisseaux sont intégrés dans le **corps adipeux rétrobulbaire** qui s'étend à la fois en intraconique et en extraconique (figures 1.4 et 1.8) et qui assure le déplacement des muscles oculaires, du n. optique, d'autres nerfs et vaisseaux lors des mouvements oculaires. La limite antérieure du corps adipeux rétrobulbaire est

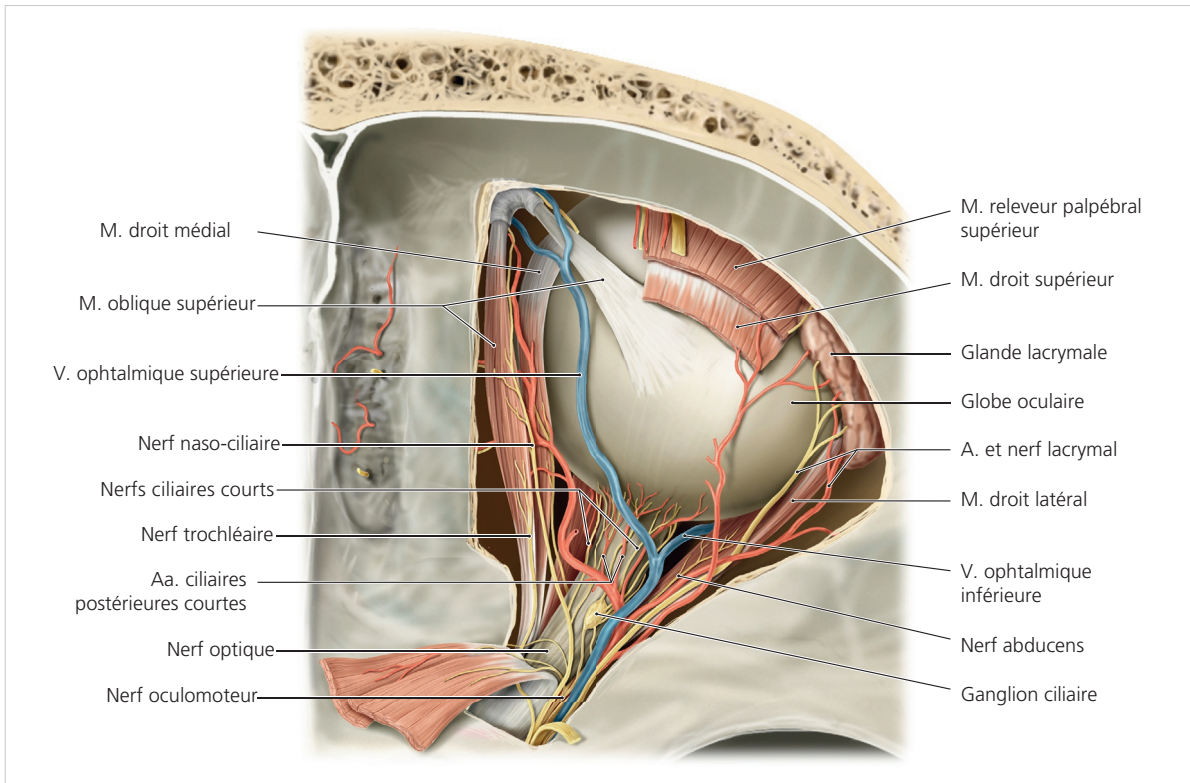


Fig. 1.6 Étage moyen de l'orbite droite après ablation partielle du releveur de la paupière supérieure, du muscle droit supérieur et du n. ophtalmique. Le **nerf nasociliaire** (issu du n. ophtalmique) passe dans l'entonnoir musculaire vers l'angle interne palpébral et fournit des branches pour le ganglion ciliaire et les nerfs ciliaires longs qui, avec le nerf optique, atteignent le globe et l'innervent sur le plan sensitif. Le **nerf oculomoteur** (n. III) arrive dans l'entonnoir musculaire à partir de la paroi latérale du sinus caverneux et se divise en 2 branches, dont la supérieure mène au M. droit supérieur et au releveur de la paupière supérieure, la branche inférieure se dirige vers l'avant entre le nerf optique pour innervier les muscles droit inférieur, droit médial et oblique inférieur. Le plus latéral, à côté du muscle droit latéral sur sa face latérale se trouve le **nerf abducens** (n. VI). (Source : Schünke M, Schulte E, Schumacher U. Prometheus. Atlas d'apprentissage de l'anatomie. Tête, cou et neuroanatomie. Illustrations de M. Voll et K. Wesker. 5^e éd. Stuttgart: Thieme; 2018.)

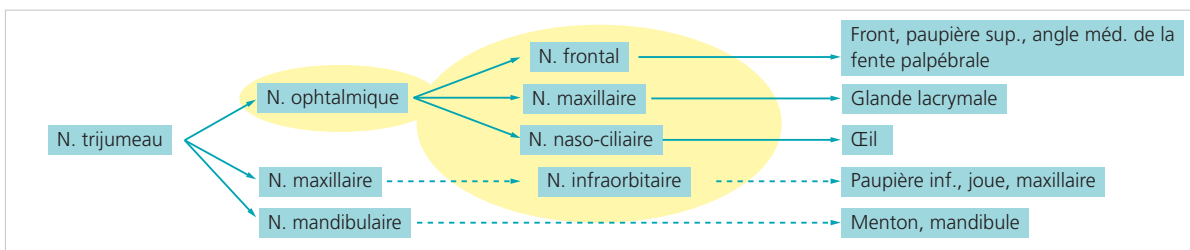


Fig. 1.7 Innervation sensitive du visage (zones d'innervation du n. trijumeau). Le trajet intraorbitaire est marqué en jaune.

constituée de la **capsule de Tenon** et le **septum orbitaire** (figure 1.9). La **limite antérieure de l'orbite** est formée par les **paupières** (figure 1.9), dont la stabilité est assurée par une plaque cartilagineuse, le **tarse**. Le tarse a une largeur d'environ 25 mm, une épaisseur d'environ 1 mm et une hauteur de 10 mm dans la paupière supérieure et de 5 mm dans la paupière inférieure. Entre la péri-orbite et le tarse s'étend derrière le muscle orbiculaire le tissu conjonctif du **septum orbitaire**.

Dans la paupière supérieure, le tendon du muscle releveur de la paupière forme une plaque tendineuse, **l'aponévrose du releveur**, qui va irradier dans le septum orbitaire et la surface extérieure du tarse. Ici, une partie du corps adipeux permet les mouvements de l'aponévrose par rapport à la péri-orbite. Le septum orbitaire, le tarse et l'aponévrose du releveur dans la partie supérieure de la paupière forment le plan conjonctif de fermeture antérieure de l'orbite. Cette plaque conjonctivale

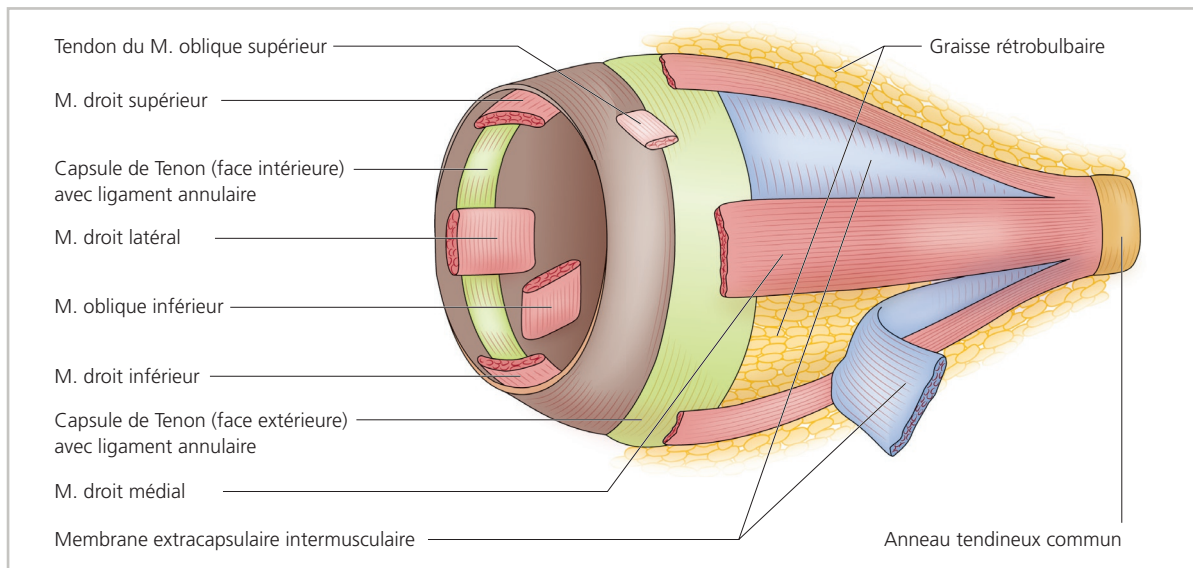


Fig. 1.8 Appareil moteur et suspenseur de l'œil droit, vue médiale.

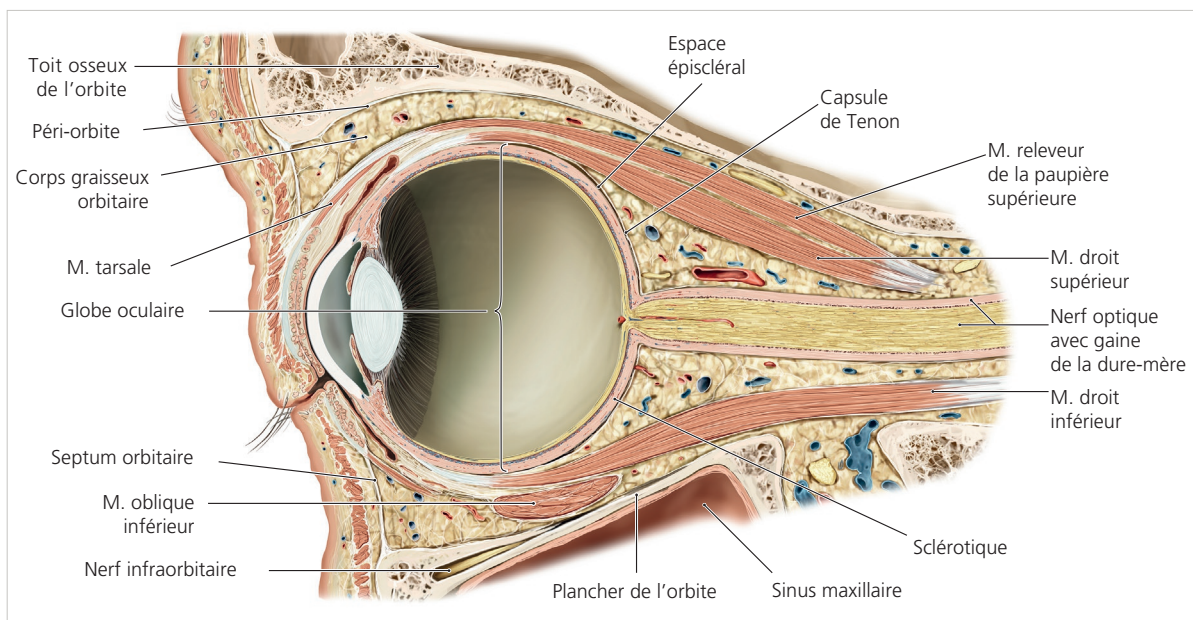


Fig. 1.9 Orbité. Coupe sagittale à travers l'orbite droite. (Source : Schünke M, Schulte E, Schumacher U. Prometheus. Atlas d'apprentissage de l'anatomie. Tête, cou et neuroanatomie. Illustrations de M. Voll et K. Wesker. 5^e éd. Stuttgart: Thieme; 2018.)

est fixée avec le **ligament palpébral** médial et latéral au niveau du bord interne et externe de l'orbite. La face interne du **releveur de la paupière** est le lieu d'origine du **muscle tarsal** (muscle palpébral de Müller) qui se dirige vers l'avant pour s'insérer au niveau du bord supérieur du tarse de la paupière supérieure (figure 1.9). En cas de contraction, il raccourcit le tendon du muscle releveur de la paupière. Le releveur de la paupière et le muscle tarsal sont ainsi connectés « en série ».

Le muscle tarsal, innervé par le système sympathique, a une influence sur la largeur involontaire de la fente palpébrale, alors que le muscle releveur palpébral, innervé par le nerf oculomoteur, détermine de manière volontaire la largeur de la fente palpébrale et assure les mouvements de la paupière supérieure pendant les mouvements oculaires. Au niveau de la paupière inférieure, on ne retrouve qu'un seul muscle tarsal, innervé par le système sympathique. La musculature lisse du muscle

tarsal peut relever la paupière supérieure de 2 à 3 mm et abaisser la paupière inférieure de 0,5 à 1 mm, tandis que le releveur de la paupière, qui est nettement plus puissant peut soulever la paupière supérieure d'environ 20 mm. L'antagoniste de cette musculature d'ouverture de la paupière est le **muscle orbiculaire** qui est innervé par le nerf facial (n. VI). En raison de sa suspension aux ligaments palpébraux médial et latéral, il ne se contracte pas comme un muscle circulaire mais provoque la fermeture des paupières sans les raccourcir.

1.1.3 Anatomie de l'appareil ligamentaire

Le globe oculaire est suspendu par un système de ligaments, qui forme avec la musculature une unité fonctionnelle. Cet appareil ligamentaire est un réseau complexe de tissus conjonctifs élastiques et tendus qui se délimitent et se densifient à certains endroits qu'on appelle *ligament*, *retinaculum* (ligament de maintien), *fascia* (en général, l'enveloppe conjonctive d'un ou plusieurs muscles) ou *membrane*. La nomenclature de l'appareil oculaire ligamenteux semble confuse car, à côté des termes descriptifs anatomiques (par exemple, le rétinaculum bulbi latéral), d'autres expressions sont définies de manière fonctionnelle (par exemple, le ligament de Lockwood, dont la formation implique plusieurs ligaments).

Capsule de Tenon et foramens ténoniens (poulies, pulleys)

La sclère est séparée du tissu adipeux orbitaire par la **capsule de Tenon** (figure 1.8). À environ 2 mm en arrière du limbe, ce fascia entoure tout le globe oculaire jusqu'au nerf optique. Alors que dans la région du limbe et à l'émergence du n. optique, le fascia est fermement attaché à la sclérotique, il peut être facilement en être séparé entre le

limbe et l'insertion des muscles droits. Dans la zone d'insertion des muscles, les fibres entre le fascia et la sclère se raréfient pour créer un espace en forme de fente jusqu'au nerf optique. Alors que la surface intérieure (côté bulbaire) de la capsule de Tenon est lisse, des fibres émergeant de la partie extérieure (orbitaire) pénètrent le corps adipeux rétrobulbaire de l'espace extracapsulaire. Tous les nerfs, vaisseaux et muscles atteignant le globe passent à travers la capsule de Tenon. Alors que les veines vortiqueuses et notamment les vaisseaux ciliaires sont en grande partie fixés par la capsule de Tenon, des **orifices de la Tenon** se forment au passage des muscles oculaires, leur permettent une motricité suffisante dans la direction de la traction musculaire, mais les stabilisent contre les déplacements transversaux.

Ces orifices, ou foramens de la Tenon, sont également appelés «poulies» en français ou «*pulleys*» en anglais [22, 61]. Le terme anglais de «*pulley*» correspond en mécanique à la poulie (boucle de renvoi, poulie de renvoi) et indique que ces orifices de la Tenon permettent de stabiliser la trajectoire d'un muscle. En effet, des études chez l'homme [82] et chez le singe [60] ont montré que la position des muscles oculaires droits dans l'orbite reste plus au moins stable pendant les changements de direction du regard et que seule la partie antérieure du tendon accompagne les excursions du globe [15, 16]. Même après une chirurgie de transposition musculaire, on note uniquement un déplacement des parties antérieures des muscles, tandis que les ventres musculaires restent en place [64, 76].

Ces observations, ainsi que le développement de modèles biomécaniques pour simuler la position oculaire et calculer le dosage d'une intervention de strabisme [59, 62, 63, 72, 74, 86, 88] ont mis en évidence que la fonction d'un muscle oculaire n'est pas déterminée par son origine, son insertion et sa contractilité — dont le témoin est son diamètre en coupe transversale. Au contraire, chaque muscle passe dans son trajet par une poulie, ou foramen de la Tenon, qui se retrouve au niveau de l'équateur du

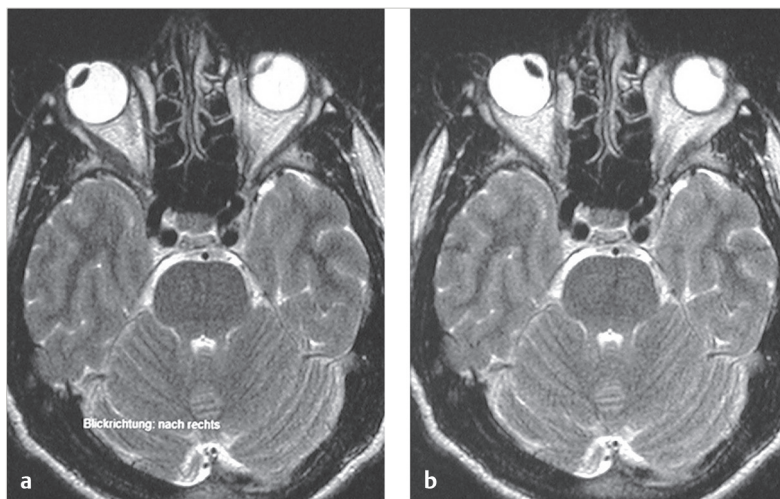


Fig. 1.10 IRM : coupe horizontale des orbites d'une personne normale en bonne santé. On reconnaît le tracé courbé des muscles oculaires droits dans le regard à droite (a) et à gauche (b).

globe et qui est fixée à la paroi de l'orbite [61, 63]. Ces poulies sont constituées de tissu collagène circulaire dense et contiennent abondamment de l'élastine ainsi que des muscles lisses [22]. La musculature lisse de ces poulies présente à la fois une innervation sympathique noradrénergique et une innervation cholinergique parasymphatique, qui ont leur origine dans le ganglion cervical supérieur ou dans le ganglion ptérygopalatin [23, 25, 26].

Les poulies stabilisent le trajet des muscles lors des mouvements oculaires et, après des interventions musculaires, ont pour conséquence que le trajet musculaire s'écarte du chemin le plus court entre l'origine et l'insertion (figures 1.10 et 1.11). Des études récentes ont montré que seule la couche bulbaire d'un muscle oculaire va directement s'insérer au niveau de la sclérotique, alors que la couche orbitaire termine sur la poulie où elle s'insère [24–26]. Ces données anatomiques aboutissent à l'hypothèse de ce qu'on appelle des « poulies actives ».

Remarque



Les **foramens de la Tenon** ont la fonction de poulies (*pulleys*), qui permettent une motricité musculaire suffisante dans la direction de la traction musculaire mais qui stabilisent le trajet musculaire pendant les *excursions du globe*.

Dans la région de l'équateur du globe, la capsule de Tenon est condensée en une **bande annulaire** entourant le globe comme une ceinture (figure 1.8). Les muscles oculomoteurs droits traversent 10 mm en arrière de leur insertion la capsule de Tenon et sont enveloppés sur plusieurs millimètres aussi bien en avant qu'en arrière de cet orifice de Tenon par le fascia ténonien. L'excursion du globe par rapport à l'orbite est répartie sur plusieurs surfaces de déplacement, de sorte qu'il se déplace certes à l'intérieur de la capsule, mais aussi avec la capsule à l'intérieur des tissus environnants.

Gaines musculaires et fibres intracapsulaires

Dans le tiers postérieur de l'orbite, les muscles ne sont enveloppés que par un **pérимysium** fragile, qui s'épaissit à l'avant et forme une **gaine musculaire** (fascia muscularis).

Des fibres de tissu conjonctif relient les muscles oculaires droits dès leur origine au niveau de l'anneau tendineux commun (figures 1.3, 1.4 et 1.8) et forment ainsi la **membrane intermusculaire** (septum intermusculaire), qui stabilise la distance entre deux muscles voisins pendant les mouvements oculaires. La **gaine du muscle droit supérieur** est reliée sur sa face externe (côté orbitaire) avec le fascia du muscle releveur palpébral, de sorte que les deux muscles agissent ensemble lors de l'élévation de la paupière et du globe.

La gaine musculaire du **muscle oblique supérieur** se transforme en « gaine tendineuse » dans la région de la trochlée.

Le **muscle oblique inférieur** est le seul de tous les muscles oculaires qui est enveloppé de tissu conjonctif dense sur toute sa longueur.

Des connexions de tissu conjonctif entre les muscles oculaires et le ligament annulaire empêchent la motricité totalement illimitée des muscles par rapport à la capsule de Tenon. Même au niveau intracapsulaire des connexions de tissu conjonctif beaucoup plus fines forment une **membrane intermusculaire**. Du point de vue fonctionnel, on peut encore distinguer des **ligaments de suspension** (admiculum en nomenclature latine : « support », « suspension ») de Merkel et Kallius [58], qui s'étendent autour de la face bulbaire du muscle jusqu'à la capsule de Tenon. Les liaisons avec l'épisclère sont très lâches et peuvent facilement être séparées lorsque la capsule de Tenon est soulevée du bulbe.

Ligaments de fixation

Le **ligament annulaire** est fixé à la péri-orbite par des fibres de tissu conjonctif tendues, les ligaments de fixation (retinacula bulbi). Le plus large et le plus solide de ces ligaments est le **rétinaculum latéral** qui s'insère 5 mm en arrière de la crête orbitaire latérale. Puis, il a un trajet

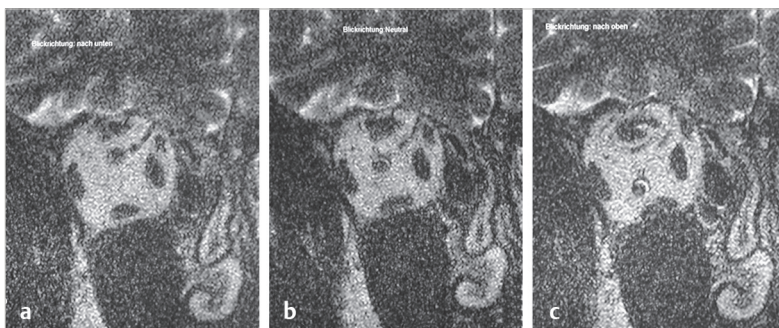


Fig. 1.11 IRM : coupe coronale juste avant l'entrée du n. optique dans la sclérotique chez la même personne qu'en figure 1.10. En cas de mouvements accentués vers le bas (a) ou vers le haut (c), seul le nerf optique change sa position relative dans l'orbite par rapport au regard droit devant (b), tandis que les ventres musculaires ne suivent pas les excursions bulbiaires. Les clichés illustrent la stabilité des trajets musculaires lors des mouvements oculaires.