

UNIVERSITÉ DE LILLE
FACULTÉ DE MÉDECINE HENRI WAREMBOURG
Année : 2021

THÈSE POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT
DE DOCTEUR EN MÉDECINE

**Prédiction de l'énophtalmie tardive post-traumatique par la
volumétrie orbitaire**

Présentée et soutenue publiquement le 13/09/2021 à 18h
au Pôle Formation
par **Benjamin BOUET**

JURY

Président :

Monsieur le Professeur Joël FERRI

Asseseurs :

Monsieur le Docteur Alexis VEYSSIERE

Monsieur le Docteur Matthias SCHLUND

Directeur de thèse :

Monsieur le Docteur Romain NICOT

Avertissement

La Faculté n'entend donner aucune approbation aux opinions émises dans les thèses : celles-ci sont propres à leurs auteurs.

Sigles :

VO : Volume orbitaire

RVO : Ratio de volume orbitaire

VH : Volume (de tissu) hernié

RVH : Ratio de volume hernié

Sommaire :

Sigles	2
Résumé	4
Introduction	5
Matériels et méthode	8
Patients et recueil des données.....	8
Figure 1.....	9
Mesure du volume orbitaire.....	10
Mesure du volume du tissu hernié.....	11
Figure 2.....	12
Figure 3.....	13
Calcul du ratio de volume orbitaire et du ratio de volume hernié.....	14
Analyse statistique.....	14
Résultats	16
Tableau 1.....	16
Comparaison des deux groupes en fonction de l'énophtalmie.....	17
Tableau 2.....	17
Corrélation entre le degré d'énophtalmie et les mesures volumétriques	17
Figure 4.....	18
Modèles de régression linéaire pour étudier la relation entre le degré	
d'énophtalmie et les mesures de volume.....	19
Figure 5A.....	19
Figure 5B.....	20
Figure 5C.....	21
Figure 5D.....	22
Discussion	23
Conclusion	28
Références	29

Résumé :

Prédiction de l'énophtalmie tardive post-traumatique par la volumétrie orbitaire

Introduction : L'énophtalmie est une complication fréquente des fractures orbitaires. Plusieurs paramètres ont été utilisés pour tenter de prédire sa survenue tardive tels que le volume orbitaire (VO), le ratio de volume orbitaire (RVO), ou le volume de tissu hernié (VH). Le but de notre étude était de comparer ces facteurs de risque volumétriques avec la survenue d'une énophtalmie à 2 mois et d'étudier un nouveau paramètre : le ratio de volume hernié (RVH). L'objectif secondaire était d'évaluer le taux d'énophtalmie post-traumatique.

Matériels et méthodes : Ont été inclus des patients présentant une fracture orbitaire unilatérale non opérée. Les paramètres volumétriques ont été mesurés à partir de la segmentation de la tomodensitométrie initiale. L'énophtalmie a été mesurée à partir de la tomodensitométrie réalisée à 2 mois. La population a été divisée en deux groupes : avec énophtalmie et sans énophtalmie. Des corrélations et un modèle de régression linéaire multiple ont été réalisées pour étudier le lien entre les paramètres volumétriques et l'énophtalmie tardive.

Résultats : 17 patients sur 45 ont présenté une énophtalmie tardive de 1 mm ou plus. Ils présentaient un RVO (107,02% (3,76) ; $p < 0,0001$), un VH (0,84 cm³ (0,47) ; $p < 0,0001$) et un RVH (3,33% (1,82) ; $p < 0,0001$) significativement plus élevés dans le groupe avec énophtalmie. Une très forte corrélation linéaire entre l'énophtalmie et le RVO ($r_s = 0,806$), le VH ($r_s = 0,948$) et le RVH ($r_s = 0,951$) a été trouvée.

Discussion : Le RVH est le paramètre le mieux corrélé avec la survenue d'une énophtalmie tardive.

Introduction :

Les fractures de l'orbite sont fréquentes en traumatologie maxillo-faciale. Leur prise en charge dépend des conséquences esthétiques et fonctionnelles, comme l'énophtalmie (1). Il est admis que les symptômes cliniques précoces, tels que la diplopie ou les troubles oculomoteurs, sont une indication de prise en charge chirurgicale. D'autre part, la guérison spontanée sans complications est obtenue dans la majorité des cas (2) (3) (4) (5) (6).

L'énophtalmie, autre complication des fractures orbitaires, est généralement considérée comme cliniquement significative au-delà de 2 mm. Elle n'est pas seulement associée à des conséquences morphologiques, mais peut également provoquer des symptômes visuels, comme la diplopie. Malheureusement, elle n'est souvent détectée que plus tard dans le suivi en raison de l'œdème initial. Plusieurs hypothèses expliquent son apparition, comme l'augmentation du volume orbitaire suite au déplacement des parois orbitaires (7), mais la fibrose et la rétraction des tissus mous orbitaires peuvent également jouer un rôle important (8) (9). En outre, la mesure de l'énophtalmie peut être réalisée cliniquement avec l'exophtalmomètre de Hertel ou radiologiquement avec l'imagerie par tomographie assistée par ordinateur. Cependant, l'exophtalmomètre de Hertel sous-estime l'énophtalmie (10) et présente une plus grande variabilité inter-observateur que l'imagerie, qui est plus précise et reproductible (11) (12). Malheureusement, le scanner n'est pas utilisé pour mesurer l'énophtalmie dans certaines publications. Enfin, le moment de l'évaluation de l'énophtalmie est différent selon les études, allant de moins d'un mois à 6 mois, ce qui peut induire un biais de sélection, certains cas d'énophtalmie pouvant être perdus (13). Ce sont les

raisons pour lesquelles l'énophtalmie est actuellement un défi. En effet, une prédiction précise permettrait une prise en charge adéquate : chirurgicale ou pas.

Le développement de la mesure tridimensionnelle du volume orbitaire, qu'il s'agisse de méthodes automatiques, semi-automatiques ou planimétriques, est associé à la conception de divers paramètres utilisés pour prédire l'énophtalmie post-traumatique, tels que le volume orbitaire (VO), le ratio de volume orbitaire (RVO), le volume de tissu hernié (VH) ou la surface fracturée par exemple. Cependant, les protocoles de mesure et les résultats sont variables. La planimétrie est actuellement considérée comme le gold-standard (14). Néanmoins, elle est très chronophage et difficile à appliquer en pratique clinique car elle nécessite une mesure coupe par coupe (15). Le VO a été le premier paramètre décrit ; il est reconnu que son augmentation entraîne l'apparition d'une énophtalmie (7) (16) (17) (13). Cependant, la relation précise entre le VO et l'énophtalmie est très variable (13), certaines études n'ayant même trouvé aucun lien entre le VO et le développement de l'énophtalmie (18) (19) (20). En outre, le VO étant variable entre les deux orbites d'un même individu et entre deux individus, le RVO a été développé comme un paramètre standardisé. Il a été décrit comme mieux corrélé au développement de l'énophtalmie (21) (22). Cependant, il existe toujours une variabilité dans la relation entre RVO et énophtalmie selon les études (23) (13).

Le VH est le volume des tissus mous hors des limites orbitaires normales et faisant hernie dans le sinus maxillaire ou l'ethmoïde. Ce paramètre a été décrit comme moins corrélé avec la survenue d'une énophtalmie que le RVO (23). Le ratio de volume herniaire (RVH) permettrait donc théoriquement la standardisation de ce paramètre. Cependant, il n'a pas encore été décrit.

L'objectif de cette étude rétrospective était d'évaluer la corrélation entre les multiples facteurs de risque volumétriques orbitaires, y compris le RVH nouvellement décrit, avec l'énophtalmie post-traumatique tardive. L'objectif secondaire était de calculer le taux de patient présentant une énophtalmie lors du suivi à 2 mois.

Matériels & Méthode :

Patients et recueil des données :

Nous avons inclus dans cette étude rétrospective tous les patients consécutifs présentant une fracture de type blow-out unilatérale non opérée, de novembre 2018 à mars 2020, dans un centre régional spécialisé en traumatologie cranio-faciale (CHU de Lille, France). Le diagnostic de fracture de type blow-out était systématiquement posé par le scanner.

Les patients pédiatriques (moins de 15 ans et 3 mois), ayant une fracture du processus zygomatique de l'os frontal (ou colonne externe) associée, n'ayant pas effectués un suivi d'au moins 2 mois, ou sans contrôle tomodensitométrique après 2 mois, ont été exclus de l'étude.

L'âge, le sexe, la localisation de la fracture et le côté affecté ont été recueillis.

L'énophtalmie a été définie comme une variable qualitative et quantitative.

Le scanner réalisé 2 mois après le traumatisme a été utilisé pour réaliser la mesure quantitative de l'énophtalmie tardive. En coupe axiale dans le plan neuro-oculaire, on trace une droite passant par les processus zygomatiques de l'os frontal, une droite perpendiculaire à cette dernière est tracée jusqu'à la partie postérieure du cristallin pour comparer la position des deux globes oculaires et définir la taille de l'énophtalmie en mm (Figure 1).

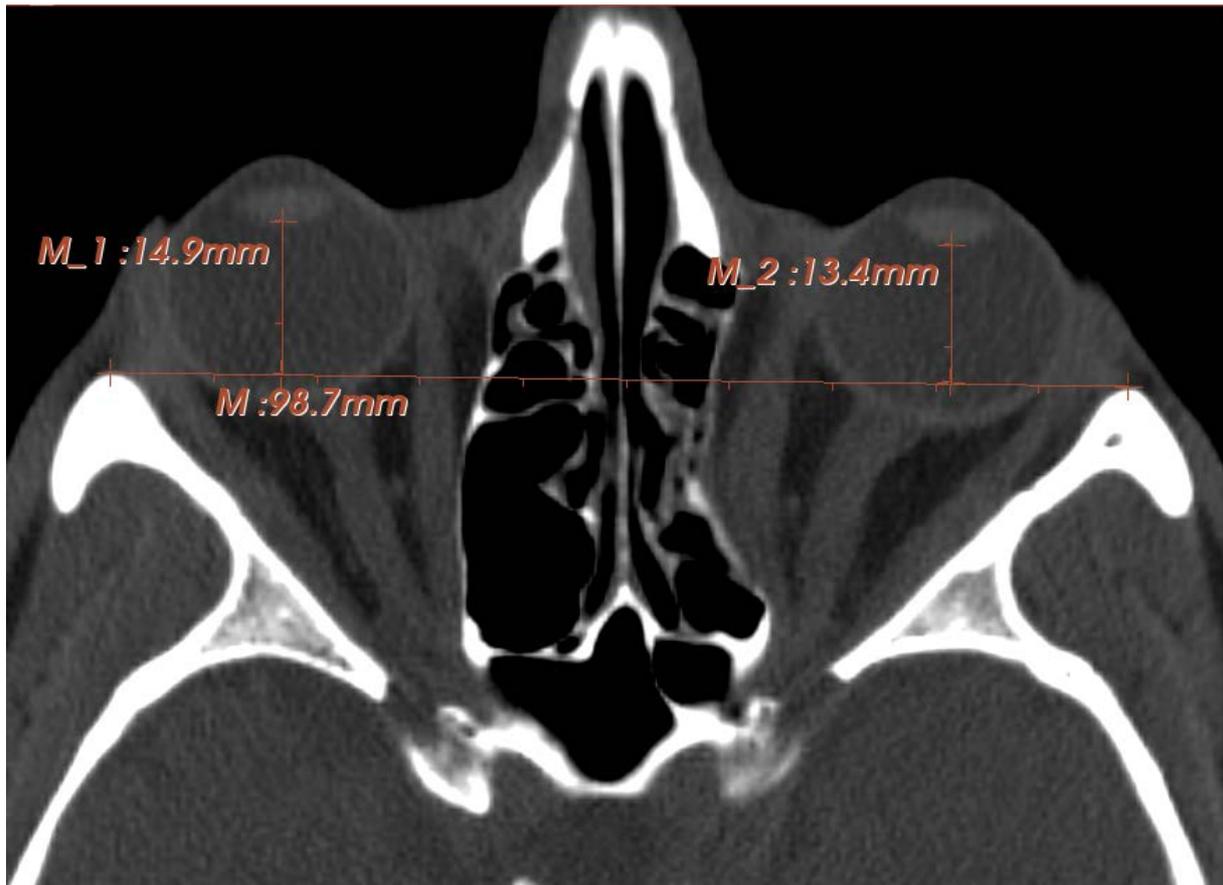


Figure 1 : mesure scannographique de l'énophtalmie chez un patient présentant une fracture de paroi médiale de l'orbite gauche. On retrouve ici une énophtalmie mesurée de 1,5 mm.

L'énophtalmie a ensuite été considérée comme une variable qualitative en utilisant un seuil de 1 mm. Les patients ayant une énophtalmie ≥ 1 mm ont été classés dans le groupe énophtalmie alors que ceux ayant une énophtalmie < 1 mm ont été classés dans le groupe sans énophtalmie. L'énophtalmie a également été considérée comme une variable quantitative.

Les mesures de volume ont été obtenues, à l'aide d'une segmentation manuelle, comme décrit ci-dessous, après avoir importé les données DICOM du scanner initial de chaque patient dans le logiciel gratuit 3D Slicer version 4.10.2.

Mesure du volume orbitaire :

Les coupes axiales ont été placées selon le plan neuro-oculaire. Les plans sagittal et frontal ont été placés perpendiculairement aux coupes axiales. Ensuite, l'orbite a été mesurée coupe par coupe sur le plan axial de haut en bas, en utilisant le curseur pour délimiter la surface à calculer. Les limites des orbites ont été déterminées selon la méthode de mesure de Shuy et al. (24) : le processus zygomatique de l'os frontal latéralement, la crête lacrymale antérieure dans la partie inféro-interne, le processus nasal dans la partie supéro-interne et le bord supérieur et inférieur de l'orbite. Le canal lacrymal a été exclu de la mesure au niveau de son orifice supérieur. Les limites postérieures correspondent au foramen optique et aux fissures orbitaires supérieures et inférieures qui sont exclus de la mesure. Au niveau de la fracture, les tissus mous herniés ont également été inclus dans la mesure. Les coupes sagittales et frontales ont été utilisées pour vérifier la qualité de la mesure. L'outil « statistique » du logiciel fournit finalement le volume orbitaire en cm³. La procédure a été répétée pour obtenir le VO des deux côtés.

Mesure du volume du tissu hernié :

Le VH a été défini par le volume de tissu orbitaire dépassant le trait de la fracture en cm^3 . Coupe par coupe, dans le plan axial pour une fracture de la paroi médiale et dans le plan frontal pour une fracture du plancher orbitaire, une droite a été tracée d'un bord à l'autre du côté de la fracture. Le curseur a ensuite été utilisé pour délimiter le tissu hernié. La modification du contraste nous a permis de visualiser les limites de la mesure en évitant d'inclure, par exemple, un hématome dans la mesure. (Figures 2&3)

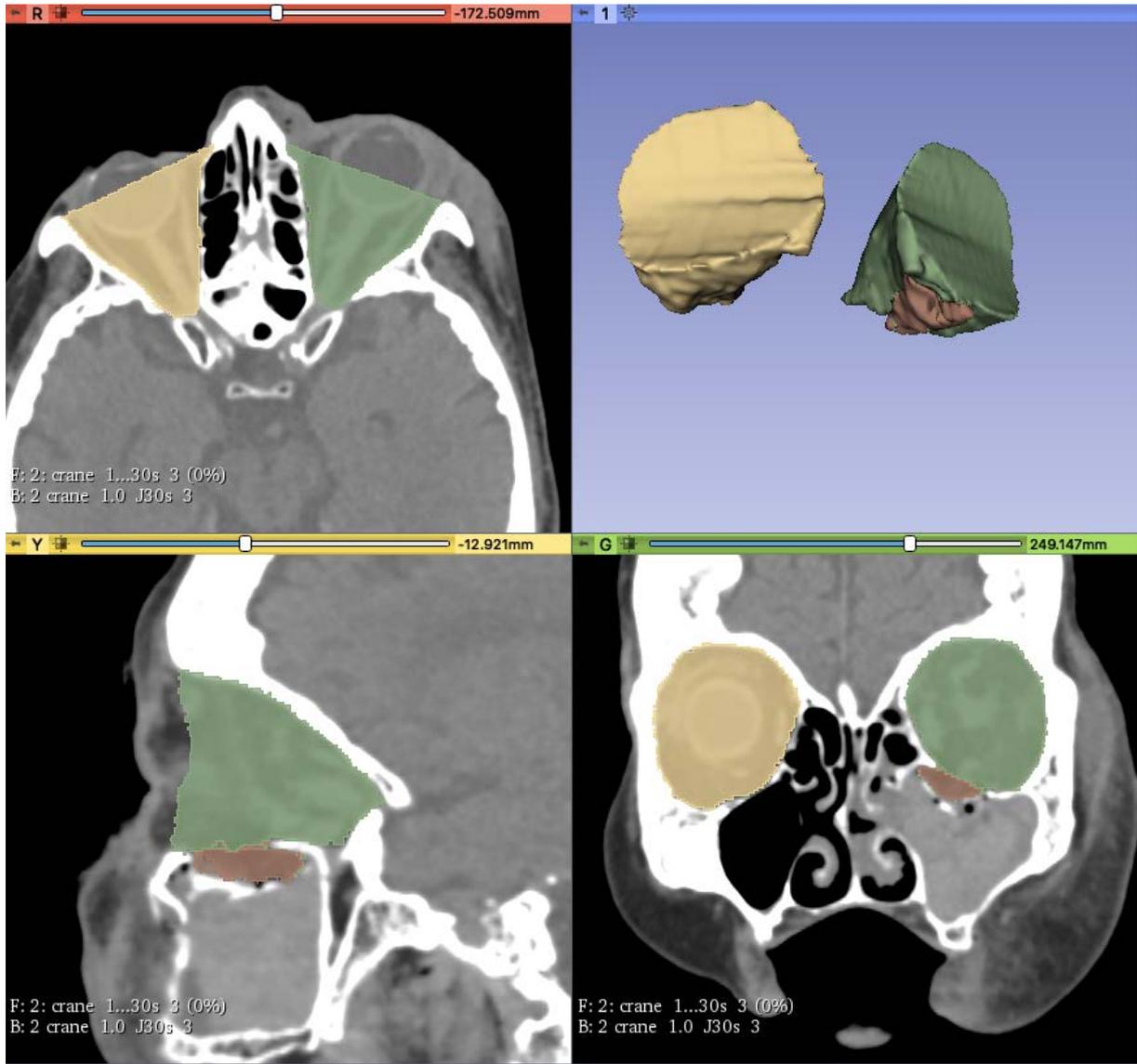


Figure 2 : Mesure du VO et du VH à travers l'exemple d'une fracture du plancher orbitaire. Le VH est représentée en marron.

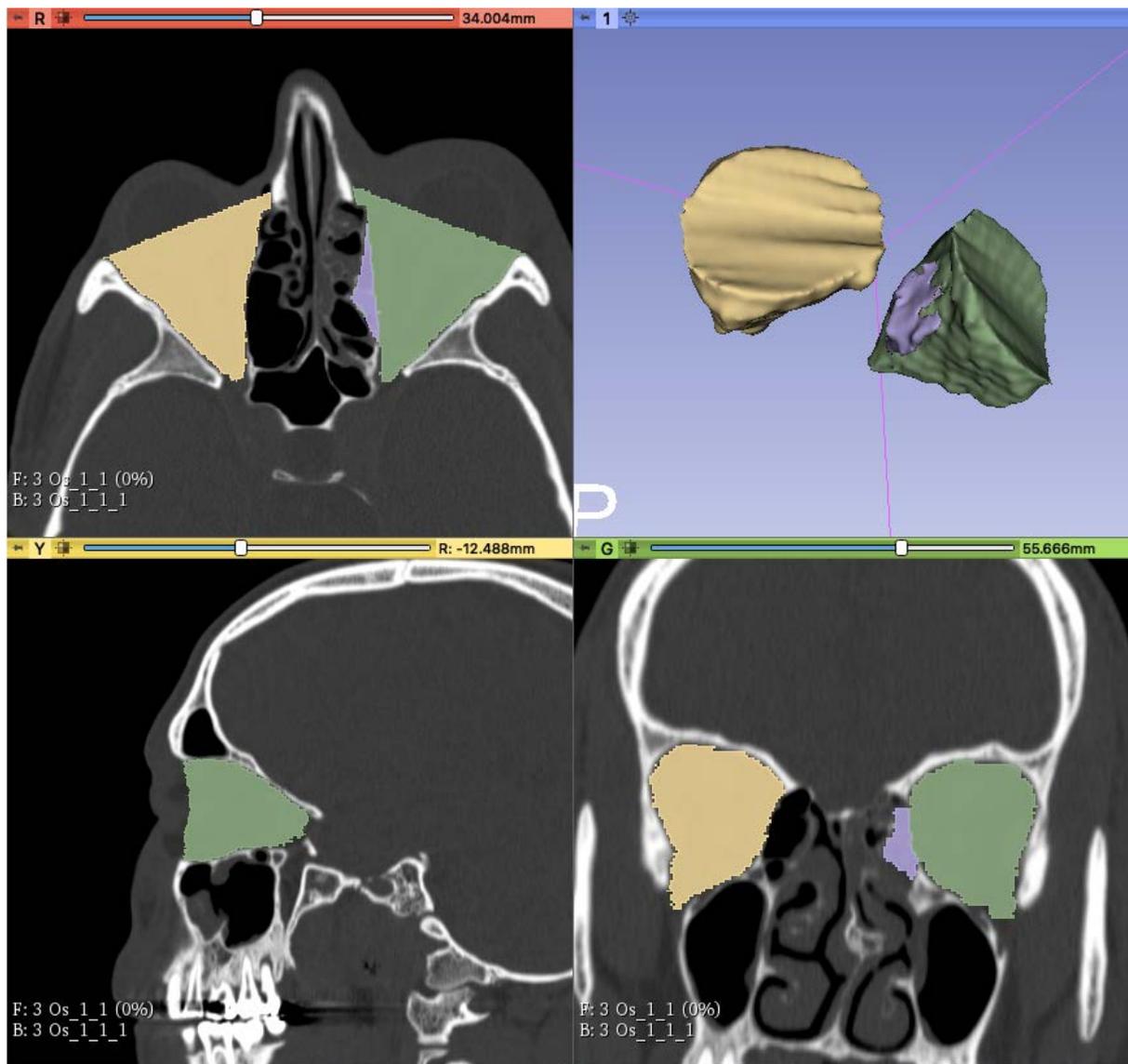


Figure 3 : Mesure du VO et du VH à travers l'exemple d'une fracture de la paroi médiale. Le VH est représentée en violet.

Calcul du ratio de volume orbitaire et du ratio de volume hernié :

Les RVO et RVH ont été définis par l'équation suivante :

$$\text{RVO} = (\text{volume de l'orbite traumatisée} / \text{volume de l'orbite saine}) \times 100$$

$$\text{RVH} = (\text{volume hernié de l'orbite traumatisée} / \text{volume de l'orbite saine}) \times 100$$

Analyse statistique :

Des statistiques descriptives ont été calculées pour les variables d'intérêt. Les variables continues sont présentées sous forme de moyennes et d'écart types. Les variables discrètes sont exprimées sous forme de fréquences et de pourcentages. La normalité des distributions a été évaluée à l'aide d'histogrammes et du test de Shapiro-Wilk.

Ensuite, la population analysée a été séparée en deux groupes selon que les patients présentaient ou non une énoptalmie tardive. Toutes les variables disponibles ont été utilisées pour évaluer la comparabilité des deux groupes. L'objectif primaire a été évalué en comparant toutes les mesures de volume entre les deux groupes. Le test du chi-2 a été utilisé pour comparer les variables catégorielles. Le test U de Mann-Whitney a été appliqué pour comparer les moyennes à distribution non normale. La corrélation de Spearman a été utilisée pour déterminer les corrélations entre les variables à distribution non normale, et une valeur P de 0,05 a été considérée comme statistiquement significative.

Les forces des corrélations ont été décrites comme suit : très faible (0- 0,19), faible (0,20-0,39), modérée (0,40-0,59), forte (0,60-0,79), et très forte (0,80-1,0). Un modèle de régression linéaire multiple a été utilisé pour expliquer la relation entre le degré d'énophtalmie et le RVO, entre le degré d'énophtalmie et le VH, entre le degré d'énophtalmie et le RVH, et entre le degré d'énophtalmie et toutes les mesures de volume.

Les tests étaient bilatéraux, et les valeurs p inférieures à 0,05 étaient considérées comme significatives. L'analyse a été réalisée à l'aide du logiciel statistique R.

Résultats :

Quarante-cinq patients présentant une fracture de type blow-out unilatérale non opérée et ayant un scanner à 2 mois de suivi ont finalement été inclus. Les caractéristiques de la population étudiée sont listées dans le tableau 1.

Characteristics of analysis population	N=45
Age means (SD)	47 (28;63)
Females n (%)	20 (44.44)
Volume measurements:	
Healthy OV means (SD)	24.51 (2.44)
Traumatized OV means (SD)	25.78 (2.72)
OVR median (Q1;Q3)	103.77 (101.76;105.68)
HV median (Q1;Q3)	0.22 (0.03;0.56)
HVR median (Q1;Q3)	1.06 (0.16;2.16)
Enopthalmos n (%)	17 (37.77)
Degree of enopthalmos median (Q1;Q3)	0.70 (0.16;1.20)

Tableau 1 : Caractéristiques de la population étudiée.

Notre population d'analyse comprenait 25 hommes et 20 femmes. L'âge moyen était de 47,533 ans (22,43%). 28 (62,22%) patients avaient une énoptalmie inférieure à 1 mm, 12 (26,66%) patients entre 1 et 2 mm, et 5 (11,11%) patients avaient une énoptalmie supérieure à 2 mm. La cause principale était la chute (18 cas, 40,00%) suivie d'une agression (17 cas, 37,78%).

Comparaison des deux groupes en fonction de l'énophtalmie :

Il n'y avait pas de différence significative entre les deux groupes concernant l'âge ($p=0,550$) et le sexe ($p=0,731$) des patients, ce qui suggère que les deux populations étaient similaires. Il existait des RVO ($p<0,0001$), VH ($p<0,0001$) et RVH ($p<0,0001$) significativement plus élevés dans le groupe énoptalmie que dans le groupe non énoptalmie (Tableau 2).

	Enophthalmos	Absence of enophthalmos	p
	N=17	N=28	
OVR mean (SD)	107.02 (3.76)	101.90 (2.60)	<0.0001*
HV mean (SD)	0.84 (0.47)	0.12 (0.14)	<0.0001*
HVR mean (SD)	3.33 (1.82)	0.48 (0.56)	<0.0001*

Tableau 2 : Comparaison des deux groupes en fonction de l'énophtalmie.

Corrélation entre le degré d'énophtalmie et les mesures volumétriques :

Il y avait une corrélation significativement très forte entre le degré d'énophtalmie, et le RVO ($r_s = 0,806$), le VH ($r_s = 0,948$) et le RVH ($r_s = 0,951$) (Figure 4).

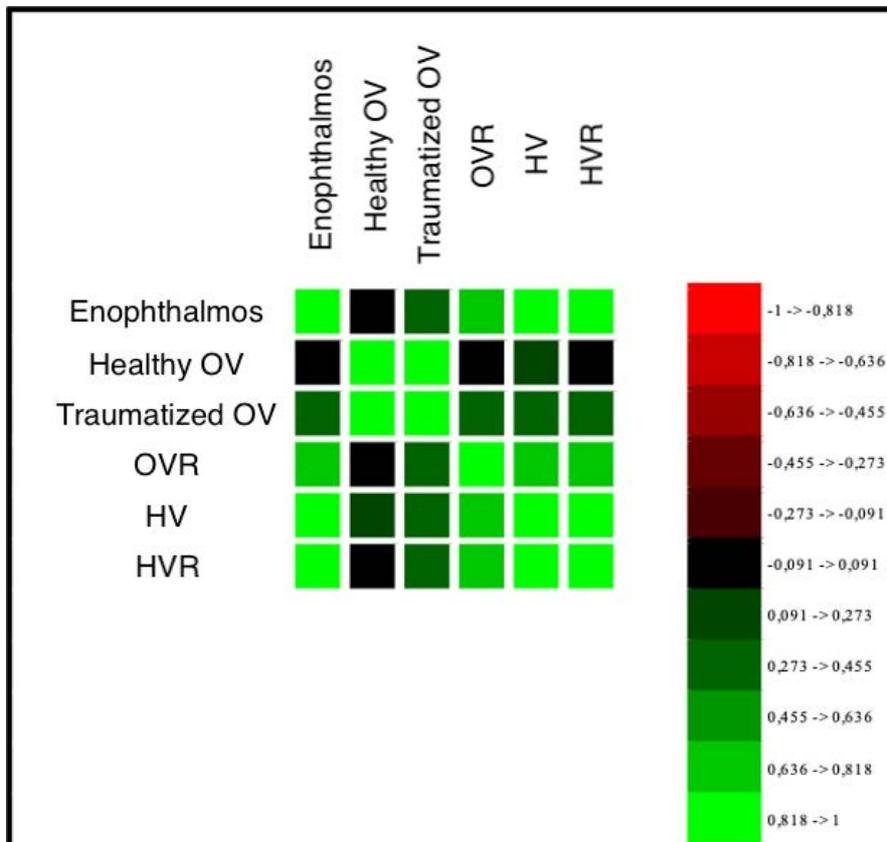


Figure 4 : Matrice de corrélation entre le degré d'énophtalmie et les paramètres volumétriques selon le test de Spearman. Une couleur noire indique une absence de corrélation, une couleur verte indique une corrélation très forte (proche de 1). A l'inverse, une couleur rouge indique une corrélation négative (proche de -1). Les VH et RVH ont une meilleure corrélation que les VO et RVO traumatisés.

Modèles de régression linéaire pour étudier la relation entre le degré d'énophtalmie et les mesures de volume :

Une régression linéaire simple a été calculée pour prédire le degré d'énophtalmie en fonction du RVO. Une équation significative a été trouvée ($F(1,43) = 116,860$; $p < 0001$), avec un R^2 de 0,731. Le degré d'énophtalmie prédit est égal à $-20,3888196983471 + 0,204660106039328 * RVO$. Ce modèle indique que chaque fois que le RVO augmente de 1%, l'énophtalmie augmente de 0,2 mm (figure 5A).

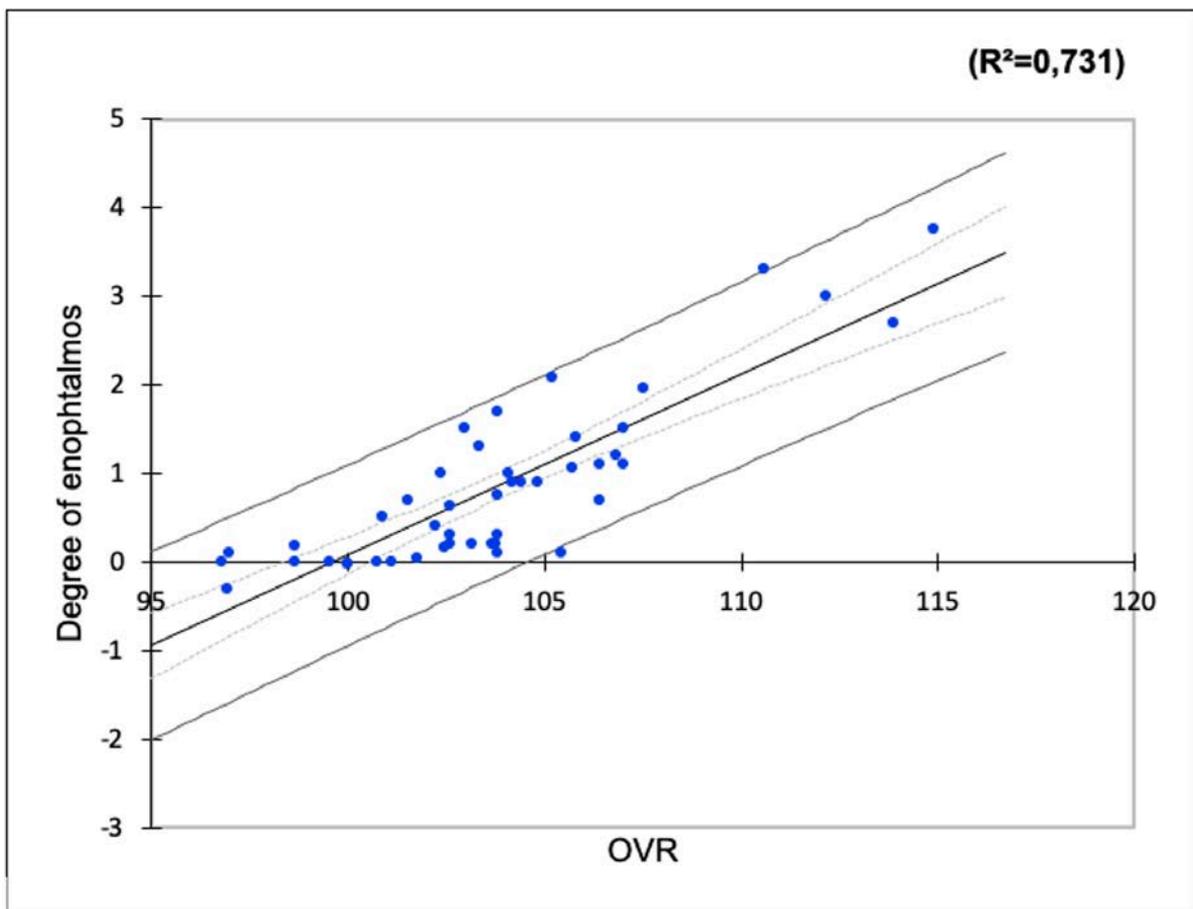


Figure 5A : Relation entre le degré d'énophtalmie en mm et le RVO en %.

Une régression linéaire simple a été calculée pour prédire le degré d'énophtalmie en fonction du VH. Une équation significative a été trouvée ($F(1,43) = 858,414$; $p < 0001$), avec un R^2 de 0,952. Le degré d'énophtalmie prédit est égal à $0,0914277987034025 + 1,97449101789862 \cdot \text{VH}$. Ce modèle indique que chaque fois que le VH augmente de 1 cm^3 , l'énophtalmie augmente de 2 mm (figure 5B).

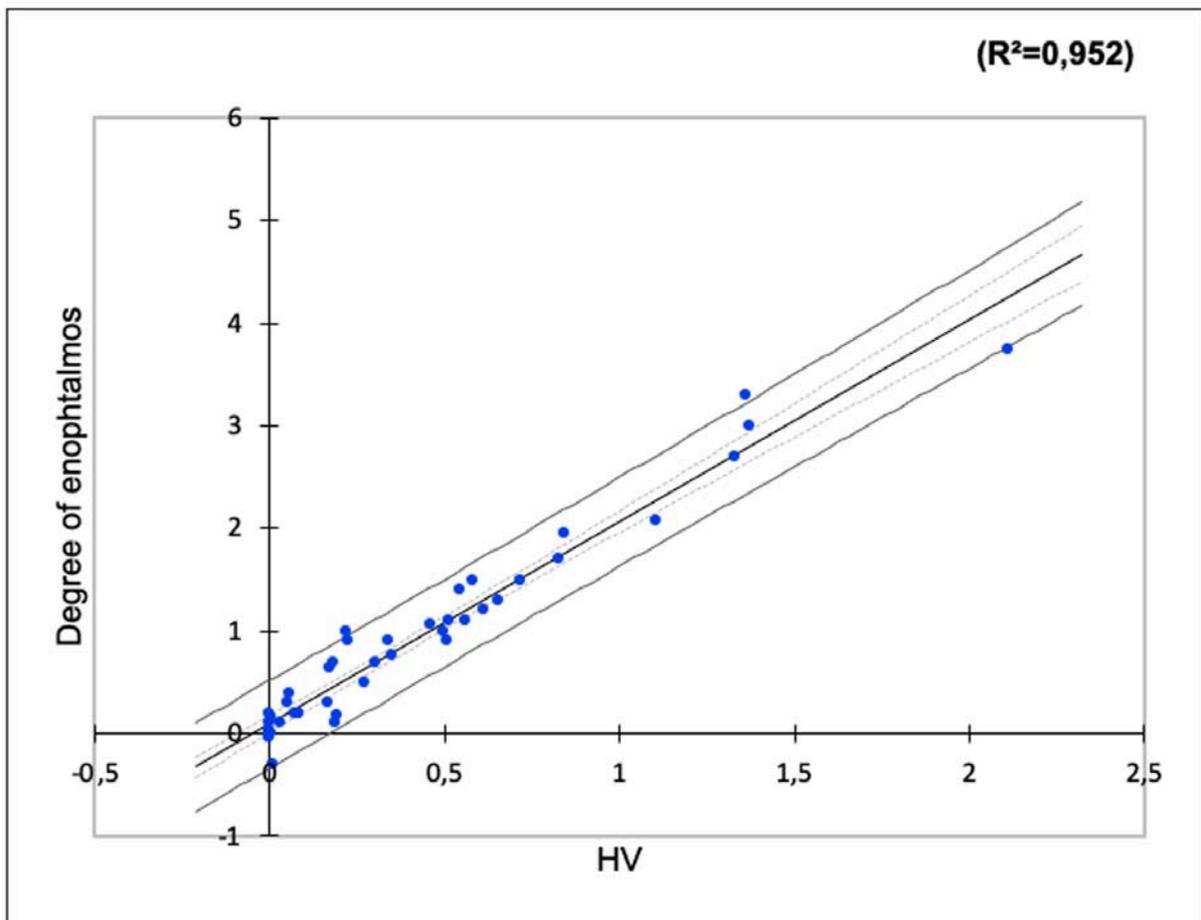


Figure 5B : Relation entre le degré d'énophtalmie en mm et le VH en cm^3 .

Une régression linéaire simple a été calculée pour prédire le degré d'énophtalmie en fonction du RVH. Une équation significative a été trouvée ($F(1,43) = 1379,014$; $p < 0,001$), avec un R^2 de 0,970. Le degré d'énophtalmie prédit est égal à $0,0697596003066009 + 0,508782581038962 * RVH$. Ce modèle indique que chaque fois que le RVH augmente de 1%, l'énophtalmie augmente de 0,5 mm (figure 5C).

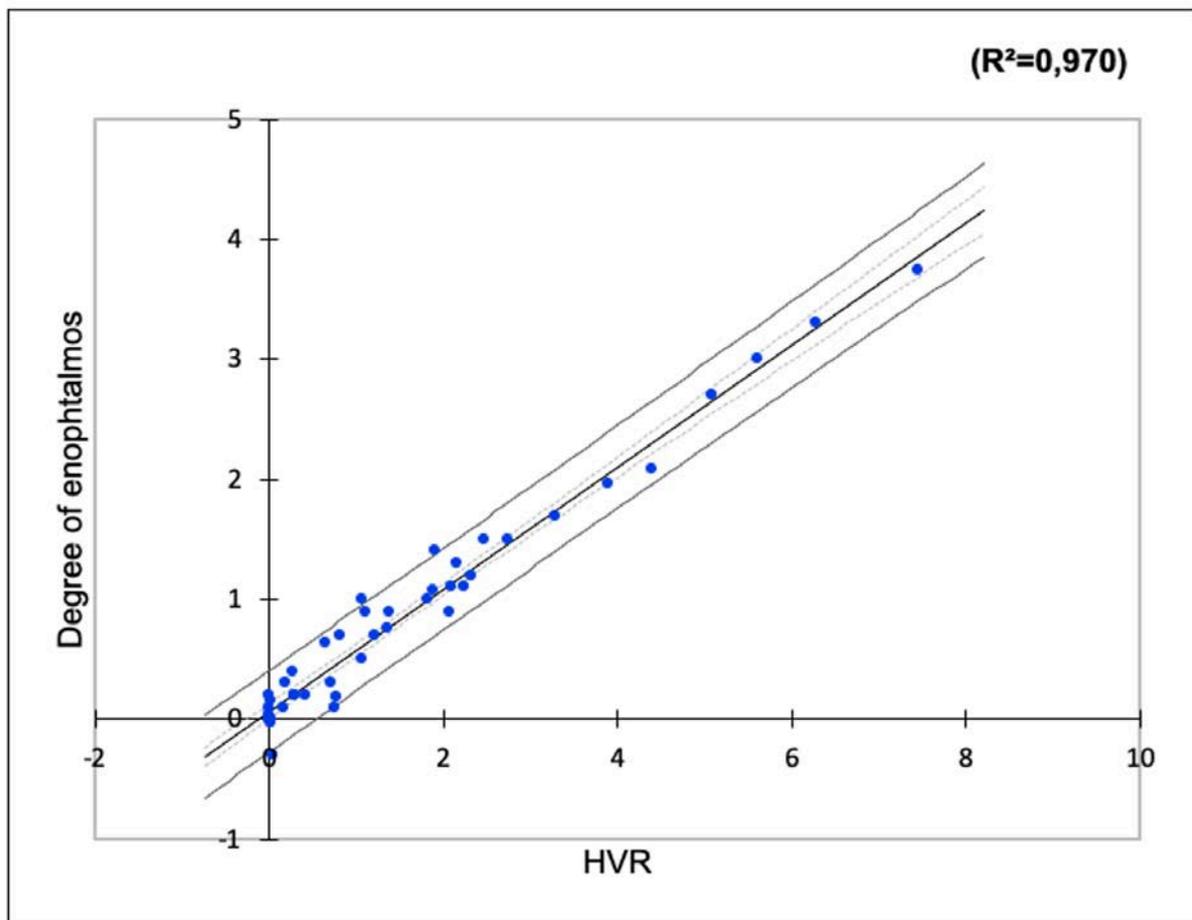


Figure 5C : Relation entre le degré d'énophtalmie en mm et le VRH en %.

Une régression linéaire multiple a été calculée pour prédire le degré d'énophtalmie en fonction du RVO, du VH et du RVH. Une équation significative a été trouvée ($F(3,41) = 558,301$; $p < 0,001$), avec un R^2 de 0,976. Le degré d'énophtalmie prédit est égal à $-3,31381875987608 + 0,0334691736701233 \cdot RVO - 0,207189400514629 \cdot VH + 0,501818139603203 \cdot RVH$. Ce modèle indique que chaque fois que le RVH augmente de 1%, l'énophtalmie augmente de 0,5 mm, et chaque fois que le RVO augmente de 1%, l'énophtalmie augmente de 0,033 mm (figure 5D).

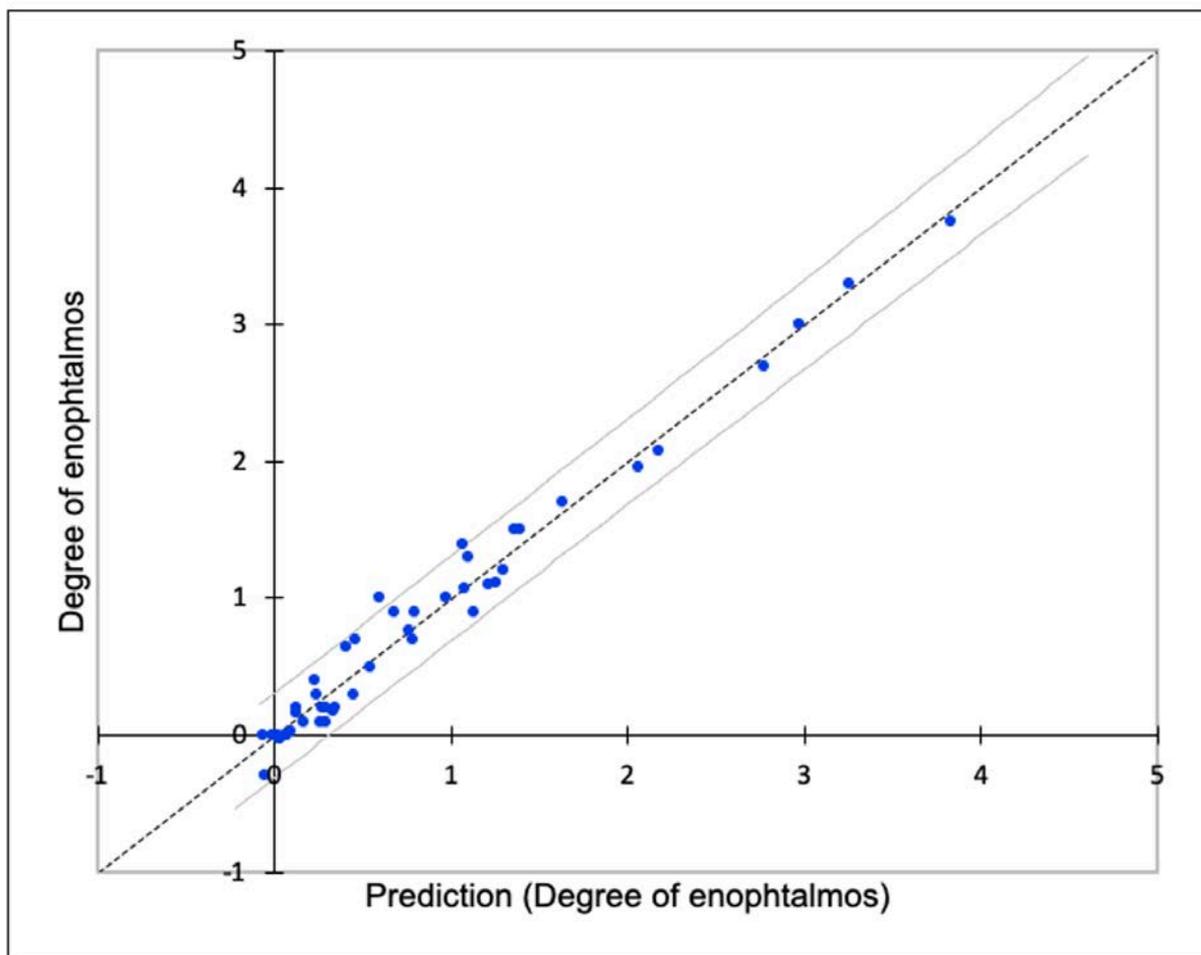


Figure 5D : Relation entre le degré d'énophtalmie en mm et la mesure des volumes conjointement (avec RVO en %, VH en cm^3 et RVH en %).

Discussion :

Nous avons démontré une corrélation très forte et linéaire entre l'énophtalmie et les RVO, VH et RVH. Cette corrélation est plus importante pour le RVH et le VH que pour le RVO. La régression linéaire nous a permis de prédire avec précision le degré d'énophtalmie tardive, en utilisant le RVO, le VH, le RVH ou ces trois variables conjointement.

L'énophtalmie est une complication fréquente des fractures orbitaires et est considérée par la plupart des auteurs comme significative lorsqu'elle est ≥ 2 mm (1) (13). L'évaluation initiale est difficile en raison de l'œdème mais elle conditionne le risque de séquelles esthétiques ou fonctionnelles à long terme. Il existe plusieurs hypothèses sur la survenue de l'énophtalmie : une augmentation du VO modifiant la relation entre le contenu et le contenant pour certains auteurs et la rétraction des tissus mous pour d'autres (8).

Il est communément admis qu'une augmentation du VO s'accompagne de l'apparition d'une énophtalmie (7). Nous avons vu dans une étude précédente qu'une augmentation du VO de 1 cm³ s'accompagne d'une énophtalmie de 0,8 mm en moyenne (13). Cependant, le VO est variable d'un individu à l'autre. En effet, pour Andrades et al., le VO moyen est de 24,5 + ou - 3,08 cm³ et suit une distribution normale (25).

Le RVO est un paramètre permettant de standardiser cette variabilité interindividuelle. Il est décrit comme meilleur pour prédire l'apparition d'une énophtalmie (23).

Cependant, pour McGurk et al, il existe également une variabilité intra-individuelle avec une différence de VO entre les deux orbites pouvant atteindre 0,6 cm³ (26). Dans notre étude, nous avons montré que chaque fois que le RVO augmente de 1%, l'énophtalmie augmente de 0,2 mm. En d'autres termes, une énophtalmie significative de plus de 2 mm est trouvée pour un RVO de plus de 110 %. Yang et al. ont montré un RVO de 106,85% pour une énophtalmie de 2 mm, tandis que Choi et al. ont trouvé un RVO de 112,28% et 112,18% (22) (27) (23). Dans ces trois études, l'énophtalmie a été mesurée avec un exophtalmomètre de Hertel. Le RVO trouvé dans notre étude est une moyenne des résultats précédemment rapportés.

En ce qui concerne la mesure du degré d'énophtalmie, nous avons choisi d'utiliser la mesure par scanner. Comme discuté dans une revue systématique précédente, la mesure de l'énophtalmie est une source potentielle de biais (13). L'utilisation traditionnelle d'un exophtalmomètre, comme celui de Naugle, de Hertel ou de Mourits, nécessite de l'expérience, a une faible reproductibilité et sous-estime l'énophtalmie (28) (12). Ceci peut expliquer pourquoi notre RVO est plus faible que celle trouvée par Choi et al. Le scanner a l'avantage d'offrir une mesure plus objective avec une variabilité inter-observateur plus faible (10). Nous avons choisi d'utiliser la méthode la plus décrite : en coupe axiale dans le plan neuro-oculaire, on trace une droite passant par les processus zygomatiques de l'os frontal, une droite perpendiculaire à cette dernière est tracée jusqu'à la partie postérieure du cristallin pour comparer la position des deux globes oculaires. Cependant, cette méthode nécessite l'absence de fracture du processus zygomatique de l'os frontal pour obtenir un résultat fiable, c'est pourquoi nous avons décidé d'exclure les patients présentant une fracture du rebord latéral de l'orbite.

Le volume du tissu hernié est moins décrit dans la littérature. Il est défini comme le tissu orbitaire dépassant le trait de fracture. Pour certains auteurs, il n'était pas corrélé avec l'apparition de l'énophtalmie (18), pour d'autres il était moins corrélé que le RVO (23). Dans notre étude, nous avons trouvé une très forte corrélation entre le VH et le degré d'énophtalmie. Jin et al. ont trouvé une énophtalmie de 2 mm ou plus pour un VH de 0,9 cm³, ce qui est très proche de nos résultats (29).

Nous avons décidé d'introduire un nouveau paramètre consistant à calculer le rapport de volume herniaire. En effet, tout comme le RVO, nous sommes partis du principe théorique qu'en raison d'une distribution normale du VO, le VH pouvait également être impacté par la taille de l'orbite. Ce paramètre, qui n'est pas décrit dans la littérature, nous permettrait de standardiser le VH par rapport à l'orbite saine. Ainsi, nous avons montré une très forte corrélation entre le RVH et le degré d'énophtalmie, plus importante que celle trouvée entre le RVO et le degré d'énophtalmie. Le principal avantage de l'utilisation du RVH est qu'il nécessite moins de temps pour être évalué. Il suffit en effet de mesurer le VO de l'orbite saine dans le plan axial et le VH dans le plan frontal pour une fracture du plancher ou dans le plan axial pour une fracture de la paroi médiale. Cela prend moins de temps que d'utiliser la mesure du VO de l'orbite fracturée car la mesure du VH nécessite moins de coupes et parce que dans le plan axial, en particulier dans les fractures du plancher, la mesure du VO de l'orbite fracturée peut être rendue difficile par la faible résolution du scanner, la présence d'un hématome, d'une fracture comminutive ou d'un emphysème.

Notre étude présente cependant un certain nombre de biais. La première limite est l'absence d'analyse de sous-groupes en fonction de la localisation de la fracture (plancher orbitaire ou paroi médiale). Cependant, nous n'avons pas trouvé de différence significative dans les volumes orbitaires entre ces sous-groupes, suggérant que ces deux groupes étaient similaires. De plus, aucune conclusion n'a pu être tirée, à ce jour, concernant l'effet de la localisation de la fracture sur la relation entre le volume orbitaire et l'énophtalmie post-traumatique dans une revue systématique récente sur la prédiction de l'énophtalmie (13).

Deuxièmement, il existe un biais de sélection car 172 des 217 patients éligibles ont été exclus. 21,6% de ses patients ont été opérés précocement en raison de la symptomatologie (énophtalmie, diplopie persistante objectivée par le test de Lancaster ou trouble oculomoteur). 78,3% des patients ont été perdus de vue ou n'ont pas effectué de scanner de suivi. Globalement, il y avait deux pics d'âge et de mécanisme dans la survenue des fractures orbitaires : le jeune adulte se présentant après une agression et la personne âgée après une chute. Ces patients présentaient un taux élevé de perte de suivi. Les patients ont été perdus de vue probablement parce que les fractures étaient pauci- ou asymptomatiques et que la guérison est complète sans séquelles dans la majorité des cas (6). Le taux d'énophtalmie a donc probablement été surestimé. Cependant, aucune étude n'a estimé le taux d'énophtalmie chez les patients présentant une fracture de l'orbite non opérée. D'autre part, cette étude est représentative des patients se présentant en consultation de suivi à 2 mois du traumatisme.

Enfin, il existe un biais de mesure. Les volumes, ainsi que l'énophtalmie, ont été mesurés par un seul opérateur. Cependant, les volumes ont été obtenus sur la base de reliefs anatomiques osseux afin d'augmenter la reproductibilité de la mesure selon la méthode précédemment décrite (24). Gomes de Oliveira et al. ont également utilisé cette méthode d'évaluation sur une population de patients après chirurgie. Selon eux, cette méthode est parfaitement reproductible et précise malgré la présence de matériel de reconstruction dans l'orbite (30). Par ailleurs, Jansen et al. ont démontré une variabilité intra-observateur de 0,09 cm³ et une variabilité inter-observateur de 0,03 cm³ dans la mesure des volumes orbitaires par la méthode de planimétrie. Selon eux, la difficulté de la mesure est due à l'absence de consensus sur la limite antérieure de l'orbite (31). Alors que nos limites postérieures sont les mêmes (le foramen optique et les fissures orbitaires supérieure et inférieure), nous avons opté pour une limite antérieure simple et reproductible, qui est la droite entre le processus zygomatique de l'os frontal et la crête lacrymale antérieure.

Conclusion :

Les paramètres volumétriques peuvent aider le chirurgien à prendre la décision d'une prise en charge chirurgicale dans les fractures orbitaires de type blow-out car leur mesure est simple et reproductible. Néanmoins, la planimétrie étant encore très chronophage, il serait intéressant d'évaluer cette méthode de mesure avec des méthodes semi-automatiques ou automatiques, ce qui permettrait une utilisation plus fréquente de la volumétrie dans la pratique clinique.

Références :

1. Cruz AAV, Eichenberger GCD. Epidemiology and management of orbital fractures. *Curr Opin Ophthalmol.* oct 2004;15(5):416-21.
2. Gart MS, Gosain AK. Evidence-based medicine: Orbital floor fractures. *Plast Reconstr Surg.* déc 2014;134(6):1345-55.
3. Boyette JR, Pemberton JD, Bonilla-Velez J. Management of orbital fractures: challenges and solutions. *Clin Ophthalmol.* Nov 2015;9:2127-37.
4. Alafaleq M, Roul-Yvonnet F, Schouman T, Goudot P. A retrospective study of pure medial orbital wall fracture management. *J Fr Ophtalmol.* juin 2019;42(6):592-6.
5. Kholaki O, Hammer DA, Schlieve T. Management of Orbital Fractures. *Atlas Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* sept 2019;27(2):157-65.
6. Jansen J, Dubois L, Maal TJJ, Mourits MP, Jellema HM, Neomagus P, et al. A nonsurgical approach with repeated orthoptic evaluation is justified for most blow-out fractures. *J Craniomaxillofac Surg.* juin 2020;48(6):560-8.

7. Whitehouse RW, Batterbury M, Jackson A, Noble JL. Prediction of enophthalmos by computed tomography after « blow out » orbital fracture. Br J Ophthalmol. août 1994;78(8):618-20.
8. Kim SM, Jeong YS, Lee IJ, Park MC, Park DH. Prediction of the development of late enophthalmos in pure blowout fractures: delayed orbital tissue atrophy plays a major role. Eur J Ophthalmol. janv 2017;27(1):104-8.
9. Cohen LM, Habib LA, Yoon MK. Post-traumatic enophthalmos secondary to orbital fat atrophy: a volumetric analysis. Orbit. oct 2020;39(5):319-24.
10. Ebrahimi A, Kalantar Motamedi MH, Rasouli HR, Naghdi N. Enophthalmos and Orbital Volume Changes in Zygomaticomaxillary Complex Fractures: Is There a Correlation Between Them? J Oral Maxillofac Surg Off. 2019;77(1):134.e1-134.e9.
11. Delmas J, Loustau J-M, Martin S, Bourmault L, Adenis J-P, Robert P-Y. Comparative study of 3 exophthalmometers and computed tomographic biometry. Eur J Ophthalmol. mars 2018;28(2):144-9.

12. Nightingale CL, Shakib K. Analysis of contemporary tools for the measurement of enophthalmos: a PRISMA-driven systematic review. *Br J Oral Maxillofac Surg.* Nov 2019;57(9):904-12.
13. Schlund M, Lutz J-C, Sentucq C, Bouet B, Ferri J, Nicot R. Prediction of Post-Traumatic Enophthalmos Based on Orbital Volume Measurements: A Systematic Review. *J Oral Maxillofac Surg.* Nov 2020;78(11):2032-2041.
14. Kim H, Son T, Lee J, Kim HA, Cho H, Jeong WS, et al. Three-dimensional orbital wall modeling using paranasal sinus segmentation. *J Craniomaxillofac Surg.* juin 2019;47(6):959-67.
15. Sentucq C, Schlund M, Bouet B, Garms M, Ferri J, Jacques T, Nicot R. Overview of tools for the measurement of the orbital volume and their applications to orbital surgery. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2021 Mar;74(3):581-591.
16. Fan X, Li J, Zhu J, Li H, Zhang D. Computer-assisted orbital volume measurement in the surgical correction of late enophthalmos caused by blowout fractures. *Ophthalmic Plast Reconstr Surg.* mai 2003;19(3):207-11.

17. Sugiura K, Yamada H, Okumoto T, Inoue Y, Onishi S. Quantitative assessment of orbital fractures in Asian patients: CT measurement of orbital volume. J Craniomaxillofac Surg. déc 2017;45(12):1944-7.

18. Alinasab B, Beckman MO, Pansell T, Abdi S, Westermark AH, Stjärne P. Relative difference in orbital volume as an indication for surgical reconstruction in isolated orbital floor fractures. Craniomaxillofac Trauma Reconstr. déc 2011;4(4):203-12.

19. Zhang Z, Zhang Y, He Y, An J, Zwahlen RA. Correlation between volume of herniated orbital contents and the amount of enophthalmos in orbital floor and wall fractures. J Oral Maxillofac Surg. janv 2012;70(1):68-73.

20. Schönegg D, Wagner M, Schumann P, Essig H, Seifert B, Rucker M, Gander T. Correlation between increased orbital volume and enophthalmos and diplopia in patients with fractures of the orbital floor or the medial orbital wall. J Craniomaxillofac Surg. sept 2018;46(9):1544-9.

21. Oh SA, Aum JH, Kang DH, Gu JH. Change of the Orbital Volume Ratio in Pure Blow-out Fractures Depending on Fracture Location. J Craniofac Surg. juill 2013;24(4):1083-7.

22. Choi SH, Kang DH, Gu JH. The Correlation between the Orbital Volume Ratio and Enophthalmos in Unoperated Blowout Fractures. Arch Plast Surg. nov 2016;43(6):518-22.

23. Yang J-H, Hwang SB, Shin JY, Roh S-G, Chang SC, Lee N-H. 3-Dimensional Volumetric Analysis of Relationship Between the Orbital Volume Ratio and Enophthalmos in Unoperated Blowout Fractures. J Oral Maxillofac Surg. sept 2019;77(9):1847-54.

24. Shyu VB-H, Hsu C-E, Chen C-H, Chen C-T. 3D-assisted quantitative assessment of orbital volume using an open-source software platform in a Taiwanese population. PLoS One. Mars 2015;10(3):e0119589.

25. Andrades P, Cuevas P, Hernández R, Danilla S, Villalobos R. Characterization of the orbital volume in normal population. J Craniomaxillofac Surg. avr 2018;46(4):594-9.

26. McGurk M, Whitehouse RW, Taylor PM, Swinson B. Orbital volume measured by a low-dose CT scanning technique. Dentomaxillofac Radiol. mai 1992;21(2):70-2.

27. Choi SH, Kang DH. Prediction of Late Enophthalmos Using Preoperative Orbital Volume and Fracture Area Measurements in Blowout Fracture. *J Craniofac Surg.* oct 2017;28(7):1717-20.

28. Musch DC, Frueh BR, Landis JR. The reliability of Hertel exophthalmometry. Observer variation between physician and lay readers. *Ophthalmology.* sept 1985;92(9):1177-80.

29. Jin HR, Shin SO, Choo MJ, Choi YS. Relationship between the extent of fracture and the degree of enophthalmos in isolated blowout fractures of the medial orbital wall. *J Oral Maxillofac Surg.* juin 2000;58(6):617-621.

30. Gomes de Oliveira P, Perry da Câmara C, Valejo Coelho P. Intra- and interreader variability of orbital volume quantification using 3D computed tomography for reconstructed orbital fractures. *J Craniomaxillofac Surg.* juill 2019;47(7):1060-4.

31. Jansen J, Schreurs R, Dubois L, Maal TJJ, Gooris PJJ, Becking AG. Orbital volume analysis: validation of a semi-automatic software segmentation method. *Int J Comput Assist Radiol Surg.* janv 2016;11(1):11-8.

AUTEUR : Nom : Bouet

Prénom : Benjamin

Date de soutenance : 13/09/2021

Titre de la thèse : Prédiction de l'énophtalmie tardive post-traumatique par la volumétrie orbitaire

Thèse - Médecine - Lille « 2021 »

Cadre de classement : Chirurgie Maxillo-faciale

DES + spécialité : Chirurgie générale et Chirurgie Maxillo-faciale

Mots-clés : énophtalmie, fractures orbitaires, orbite, volumétrie

Résumé :

Introduction : L'énophtalmie est une complication fréquente des fractures orbitaires et leur prise en charge est difficile. Plusieurs paramètres ont été utilisés pour tenter de prédire la survenue d'une énophtalmie tardive tels que le volume orbitaire (VO), le rapport de volume orbitaire (RVO), ou le volume de tissu hernié (VH), avec des méthodes de mesure et des résultats variables. Le but de cette étude était de comparer ces facteurs de risque volumétriques avec la survenue d'une énophtalmie à 2 mois et d'étudier un nouveau paramètre : le ratio de volume hernié (RVH). L'objectif secondaire était d'évaluer le taux d'énophtalmie post-traumatique.

Matériels et méthodes : Les patients présentant une fracture orbitaire unilatérale non opérée ont été inclus. Les paramètres volumétriques ont été mesurés à partir des images du scanner initial. Le scanner réalisé à 2 mois a été utilisé pour réaliser la mesure de l'énophtalmie. La population a été divisée en deux groupes selon leur statut d'énophtalmie. Des corrélations et un modèle de régression linéaire multiple ont été utilisés.

Résultats : 17 patients sur 45 ont présenté une énophtalmie tardive de 1 mm ou plus. Ils présentaient un RVO (107,02% (3,76) ; $p < 0,0001$), un VH (0,84 cm³ (0,47) ; $p < 0,0001$) et RVH (3,33% (1,82) ; $p < 0,0001$) significativement plus élevée dans le groupe énophtalmie. Une très forte corrélation linéaire entre l'énophtalmie et le RVO ($r_s = 0,806$), le VH ($r_s = 0,948$) et le RVH ($r_s = 0,951$) a été trouvée.

Discussion : Le RVH est le paramètre le mieux corrélé avec la survenue d'une énophtalmie tardive.

Composition du Jury :

Président : Monsieur le Pr. FERRI

Assesseurs :

Monsieur le Dr. VEYSSIERE

Monsieur le Dr. SCHLUND

Directeur de thèse : Monsieur le Dr. NICOT