



HAL
open science

Apport des mesures morphométriques vasculaires dans la prédiction du risque d'insuffisance hépatique post-opératoire après hépatectomies droites simples ou élargies

Nour Bou Saleh

► **To cite this version:**

Nour Bou Saleh. Apport des mesures morphométriques vasculaires dans la prédiction du risque d'insuffisance hépatique post-opératoire après hépatectomies droites simples ou élargies. Médecine humaine et pathologie. 2019. dumas-02436675

HAL Id: dumas-02436675

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02436675>

Submitted on 13 Jan 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITÉ CLERMONT AUVERGNE
UFR DE MÉDECINE ET DES PROFESSIONS PARAMÉDICALES

THÈSE D'EXERCICE
pour le
DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN MÉDECINE
par

BOU SALEH Nour

Présentée et soutenue publiquement le 18 Septembre 2019

Apport des mesures morphométriques vasculaires
dans la prédiction du risque d'insuffisance hépatique post-opératoire
après hépatectomies droites simples ou élargies

Directeur de thèse : Monsieur BUC Emmanuel, Professeur, CHU Clermont-Ferrand
(service de chirurgie viscérale et digestive).

Président du jury : Monsieur PEZET Denis, Professeur, CHU Clermont-Ferrand
(service de chirurgie viscérale et digestive).

Membres du jury : Monsieur CHABROT Pascal, Professeur, CHU Clermont-Ferrand
(service d'imagerie médicale et radiologie interventionnelle).

Monsieur GOLSE Nicolas, Docteur, Hôpital Paul Brousse Villejuif
AP-HP (Centre Hépto-Biliaire).

À NOTRE PRÉSIDENT DE THÈSE

Monsieur le Professeur Denis PEZET

Chef du service de Chirurgie Digestive et Hépatobiliaire du CHU de Clermont-Ferrand

Merci pour tout ce que vous nous avez enseigné au cours de l'internat : la chirurgie, la médecine, la rigueur, la ponctualité, mais aussi la diplomatie, l'organisation, et le pouvoir de se débrouiller dans toutes les situations.

Merci de connaître chacun d'entre nous : nos niveaux, nos caractères, nos projets, nos points forts, nos faiblesses, nos craintes, nos hésitations... À chaque étape, vous étiez là, pour me conseiller, m'orienter, par une simple réflexion, un trait de visage...qui ne duraient que quelques minutes en réalité mais que j'analysais pendant des jours !

Merci parce que vous êtes humble, accessible, et toujours disponible. Merci de toujours répondre « tu ne me déranges jamais » quand j'avais besoin de vous. Je suis fier de vous avoir comme maître, et d'avoir été formée par votre équipe.

À NOTRE JURY DE THÈSE

Monsieur le Professeur Pascal CHABROT

Je vous suis profondément reconnaissante d'avoir accepté de faire partie de ce jury. Merci pour votre implication dans ce travail : Grâce à vos conseils, à votre regard de radiologue sur le sujet, plusieurs données intéressantes ont été rajoutées. Merci d'être resté avec moi pour extraire les scanners nécessaires pour l'étude et pour les anonymiser. Votre intérêt pour mon travail n'a fait qu'amplifier ma motivation.

Monsieur le Professeur Emmanuel BUC

Mon cher Manu, je t'avais dit que j'avais le potentiel d'écrire une encyclopédie de remerciements pour les gens que j'aimais et qui m'ont aidé à en arriver là. Je pourrais commencer par toi, mais je vais quand même essayer de résumer mes idées en quelques phrases. Merci d'avoir été mon inspiration et mon modèle par ta dextérité, ta rigueur et ton humanité. Tu m'as transféré ta passion pour la chirurgie hépatique, cette soif de comprendre cette chirurgie complexe et très technique m'a poussé à te suivre, et je t'en remercie ! Merci de m'avoir laissé la main, même si la tension montait parfois (pas la tension portale, la tienne) j'ai appris beaucoup de choses : comment récupérer mon aiguille, comment faire les anastomoses vasculaires, biliaires, les échographies hépatiques. J'ai hâte de me retrouver de nouveau au bloc avec toi pour de nouvelles aventures chirurgicales.

Monsieur le Docteur Nicolas GOLSE

J'ai une envie intenable de te décrire de la même façon que tu commentes mes présentations : sur la forme, tu es une personne discrète, toujours submergée de travaux, de papiers, de conférences et un excellent chirurgien qui pratique aussi bien la greffe que les poses de TIPS. Sur le fond, tu es le scientifique le plus remarquable que j'ai jamais rencontré, et t'avoir pour tuteur de M2 était pour moi une opportunité incontestable de découvrir la rigueur et la précision dans chaque terme et chaque idée abordée. Je suis honorée par ta présence dans mon jury de thèse, et mon admiration pour toi a rendu ce choix intuitif. Je te souhaite de réaliser tous tes projets, parce que tu le mérites.

REMERCIEMENTS PERSONNELS

À ma famille : J'ai grandi dans un univers d'amour, de tendresse, où j'ai appris à être altruiste, sans jamais blesser les autres, et surtout, rester humble. Parfois dans le service, on m'appelle « princesse » pour rigoler. Mais en fait, j'ai été élevée comme une princesse par mes parents, c'est vrai ! C'est surtout grâce à toi, maman, qu'aujourd'hui, je soutiens ma thèse de médecine. Tu es à la fois une mère, une sœur, une amie, une confidente, une prof de français, de théâtre, de chimie. Tu es tout pour moi. J'ai surmonté la P1 grâce à toi, je n'oublierai jamais comment vous vous êtes relayés avec papa pour que tout se passe au mieux : tes petits repas, le planning de révisions, le chronomètre pour la douche, les heures de marche obligatoires, les résumés de chimie et de physiologie ! Tu es mon idole. Je t'aime.

Merci papa ! Tu es un vrai papa-poule. On a de la chance d'avoir un cerveau multi-tâches dans la famille. Prof de maths en terminal, de biophysique en P1, et même d'histoire de la médecine (vive la PTH !!). Merci pour tous ces sacrifices, tout cet amour, toute cette attention. Merci de me rassurer quand je suis inquiète, et de me renforcer quand je me sens faible. Tu es mon porte-bonheur.

Mes jumeaux adorés, quelle joie de vous avoir. Mohamed et Bilal, mes deux petits frères, la prune de mes yeux. Merci de m'avoir accompagné pendant toutes ces années et d'avoir été présents quand j'avais besoin de soutien. Mon amour pour vous ne se limite pas à quelques remerciements, je serai toujours là pour vous, et l'avenir en sera la preuve. Merci d'avoir choisi deux magnifiques femmes pour agrandir notre belle famille : Fatima et Rayane. Et quel plaisir d'avoir une année « trop chargée » par vos soutenance de thèse et le mariage de Bilal !

À ma famille au Liban, ma grand-mère adorée « téta Fariha », ma tante « Nariman », mes oncles « Ali, Zaher, Nassib » et leurs familles. À mes tantes « Nahed, Noha, Manal » et leurs enfants : Votre joie de vivre et votre amour me font revenir tous les ans au Liban pour me ressourcer.

À mes cousines, « Rime », « Dalia » et « Noura ». Je suis tellement contente de t'avoir attiré à Clermont ma petite Rime. Tu vas illuminer nos journées par ta bonne humeur et ton optimisme, et bientôt, ce sera à ton tour d'être Docteur ! Quelle fierté ! Ma « Dalia », notre jolie pharmacienne, prépare-toi parce que j'aurai besoin d'une aide dans mes futures prescriptions. Ma lili, mon petit rayon de soleil, bon courage pour ton bac, tu es la meilleure !

À mon petit Samo, qui remplit nos cœurs de joie !

À ma belle-famille qui m'a ouvert les bras et qui m'a soutenue pendant mon internat : Merci « Nawwar », « Saada », « Suzanne », « Racha », « Nada », « Ziad », « Omar », « Loubna », « Brahim », « Zahiya ».

Et par-dessus tout, merci à toi, Ahmed, mon tendre mari. Tu as toujours été là pour moi, dans les moments difficiles et dans les bons moments. Malgré la distance, cela ne faisait que nous rapprocher encore plus. Merci pour les longs trajets depuis le Nord pour venir me voir quelques heures à Clermont. Merci pour ton soutien omniprésent, depuis le premier jour où je t'ai rencontré. Tu me combles de bonheur, et nous allons enfin pouvoir réaliser nos rêves et nos projets, ensemble, main dans la main. Et promis, je mets ma vie de nomade en off, on est à Clermont pour deux ans c'est énorme !!

À mes amis :

À ma meilleure amie, Hanna. Je t'ai rencontré sur les bancs de la fac, et depuis, nous sommes devenues inséparables. Je me souviens de nos révisions pour l'ECN, qui commençaient à 23h, et qui ne se terminaient jamais, surtout « quand le train du sommeil était passé ». Et oui, cette expression est ancrée dans mon esprit, une part de nostalgie m'envahit quand je nous revoie réviser les cas cliniques, en étant presque jamais d'accord avec les corrections. J'étais là quand tu as été nommée Docteur, et quand tu t'es installée dans ton cabinet. Et toi, tu étais là pour mon mariage, et aujourd'hui tu es encore à mes côtés. Merci sœur. Merci à tata « Houda » de s'être occupée de moi comme si j'étais sa propre fille. Et merci pour les délicieux petits plats qui me remontaient le moral en période de révisions !

À mes amis du Liban, « Tarek », « Awwad », « Zarzour », « Toufic », « Ali », « Dina », « Lina », « Sara », « Farhan », « Ahmad Nazir », « Anis », « Rola », « Nisrine ». Nous avons grandi ensemble, et les contraintes de la vie font que ne nous voyons qu'une fois par an. Mais à chaque fois, j'ai l'impression que toutes les années de distance disparaissent, comme si nous ne nous étions jamais quittés. Vous êtes des amis en or.

À mes cointernes

Ophélie et Adeline, vous avez été mes cointernes puis mes chefs. Mais je voulais vous remercier ici, parce que vous avez été mes premiers coachs en début d'internat. Merci pour tout ce que vous m'avez appris, pour votre patience. Grâce à toi Ophélie, je ne charge plus trop mes diapos ; et grâce à toi Adeline, je libère les deux gouttières pariétocoliques pour faire des anastomoses sur le transverse sans tension ! sinon, fistuuuuuule.

Guillaume, tu m'as toujours impressionné par tes connaissances en chirurgie colorectale. Et on s'est bien éclatée pendant nos semaines de service à regarder tes vidéos pourries sur YouTube et à écouter Maître Gims (et oui on est tous les deux fans de ce type !!). J'espère qu'on se croisera bientôt. Pleins de bisous à ta petite famille.

Marie Selvy et son accent si chaleureux du Sud. Catherine et son caractère révolutionnaire « non mais allo ». Anissa la combattante, notre petite panthère noire de l'équipe ! Je suis contente de vous retrouver l'année prochaine. Prêtes pour de nouvelles aventures chirurgicales !

François Prunel, le mec le plus cool en chirurgie. Jamais stressé, seul signe en cas de surmenage : les cheveux mal coiffés. Je garde de très bons souvenirs de notre internat, et je suis contente quand des internes qui passent à Cochin confirment que tu es quelqu'un de génial.

Karine Poirot, tu es une warrior ! Bravo pour ta rigueur, ton endurance et ta passion pour la chirurgie, je suis trop contente qu'on fasse partie de la même équipe !

Ahmed Daouadji, quel plaisir d'avoir un garçon aussi consciencieux dans l'équipe. Même si en chirurgie les choses vont parfois trop vite, tu es la preuve qu'on peut faire les choses bien, même si ça prend plus de temps. Merci d'avoir été là avec Capucine pour mon mariage, je vous adore et je vous attends quand vous voulez au Liban on n'a pas eu le temps de visiter ensemble. Et j'ai une très bonne mémoire, sélective certes, mais j'attends que vous ayez un bébé pour l'appeler nour (c'est un prénom mixte pour info).

Mathieu Ribeiro et Laurence Gau : jeunes, pleins de dynamisme, rigoureux, sympas. Rien de mieux pour apporter la bonne ambiance au service, et pour continuer à propulser le service vers l'avant grâce à des gens motivés.

Flora Badon, la lyonnaise speed qui voulait déjà faire des Bouilly Volkman au premier jour d'internat. Je te souhaite de faire pleins de chirurgies passionnantes.

Delphine, la chirurgienne la plus organisée que j'ai rencontré.

Thomas Tabourin, mon toto, l'urologue qui laisse traîner ces cuillères pleines de yaourt sur le bureau des internes. Je suis sûre que tu feras un excellent urologue. Et je me prépare déjà pour le plus beau mariage de la saison avec la belle Nihade. Merci d'être venu au Liban, mais la prochaine fois, je vous conseille une voiture avec chauffeur !

Adrien, le professionnel des pontages fem-pop, expert en abord de scarpas, sa passion : les redux, et tredux... Bref je serai ravie de partager un macdo avec toi comme au bon vieux temps à mon retour à Clermont.

Anthony Brouat, le colonel. Une âme de dirigeant, la finesse d'un chirurgien.

Laura Filaire, j'ai adoré notre semestre en vasculaire. Merci pour les chocolats chauds et shopping en ligne entre filles, en speed entre 2 blocs, c'était génial !

Alban Chapuy, la classe internationale.

Pierre Gayrel, la science tranquille.

Ludivine Cambou, ma lulu, qui comme toute fille qui se respecte, a besoin de se plaindre, et d'ailleurs ça nous a tellement rapproché, « et je ne sais même pas pourquoi on dose encore les sels biliaires, comme si on savait les interpréter ». Efficace, drôle, intelligente, je t'adore ma petite râleuse !

Estelle, Célia et Callyane, Dalila, mes cointernes gynécologues. Merci pour les moments qu'on a passé ensemble. Callyane je garde quelques déchirures musculaires post-entraînements de Moulins c'est pour cela que j'ai le regret de t'annoncer que je ne pourrai plus t'accompagner dans tes exercices. Dommage vraiment.

Kevin et Nadia, mes anesthésistes adorés. Vous m'avez trop manqué bientôt les retrouvailles à Clermont-city !

Mourad, moumou on n'a jamais été cointernes mais ça me fait tellement du bien de parler en libanais avec un compatriote chirurgien c'est génial.

Fanny, quel bonheur d'apprendre que tu as eu ton concours de PH en Biologie médicale. Je te souhaite le meilleur à toi et ta jolie famille.

À mes cointernes de Paul Brousse, Sara, Massimo, Thomas Delayre (le marseillais), Raphaëla (ma brésilienne), Hungyyyyyy (mon vietnamien adoré et mon meilleur ami chirurgien !), Laura.

À Damien, mon cointerne toulousain qui a partagé avec moi les passions de l'année recherche.

À Bruno Pereira

Comment aurais-je pu faire ce travail sans ton aide? Merci pour ta gentillesse, ta disponibilité permanente, tes explications.

À ma famille de l'hôpital

Grâce à vous, je me suis sentie chez moi, dans le service. Votre présence a été primordiale pendant toutes ces années et je vous remercie de former une équipe aussi formidable : Merci Didier, Maryse, Eliane, Louise, Aurélie, Vanessa, Alice, Mihane, Julie, Alexia, Marion, Sisi, Axelle, Camille, Madalina, Mallaury, Catherine (la catoch), Martine, Stéphanie, Sophie, Sandra, Patricia, Alice(chaton), Ombeline, Mercedes, Laeticia. Chacun d'entre vous à contribuer à notre épanouissement pendant notre travail. Merci d'être là. Et merci à ma famille du Bloc ! Marie, Dalinda, France, Celine, Sandrine, Caro, Jojo, Laurence, Fafa, Martineee (merci pour ma boîte remplie de boucles d'oreille je les garde précieusement pour les belles occasions)...

À mes chefs du CHGE

Professeur Karem Slim : merci pour votre confiance et ce que vous m'avez appris pendant cet internat.

Docteur Adnan Aboukassem : enfin est venu le moment où je peux te remercier de tout ce que tu m'as enseigné. Merci de m'avoir soutenu pendant mes premiers remplacements, et d'avoir été une source de savoir inépuisable. Tu es un artiste, comme Rodin !

Docteur Olivier Antomarchi : Merci pour ta gentillesse, ta bonne humeur, et ta dextérité chirurgicale qui me sert de modèle. J'ai hâte de revenir te confisquer le bistouri pour m'en servir, sous ta surveillance, bien sûr.

Docteur Johan Gagnière : La dernière année de mon internat m'a permis de découvrir en toi une personne remarquable : toujours disponible, prêt à voir les dossiers avec nous, et surtout à nous transmettre tes connaissances. Merci de m'avoir laissé ma première splénectomie qui faisait près de 3 kg ! Merci pour les conseils pendant la colectomie coelio (je vais m'améliorer sur l'exposition promis).

Docteur Julie Veziant : Merci pour ton soutien et tes conseils, et merci de m'avoir laissé la main pendant nos gardes ensemble !

Docteur Sophie Perret : Ta bonne humeur est un moteur qui nous a manqué pendant ta grossesse. Mais tu es de retour ! Je suis trop contente de retravailler avec toi, tu as tellement de choses à m'apprendre.

Docteur Anne Dubois : C'est en partie grâce à ta motivation que la chirurgie colorectale se développe à grands pas à Clermont. J'espère que tu auras la motivation et la patience de m'enseigner tout ce que tu sais faire, je compte bien te suivre partout.

Docteur Abdullah El Rawahi : Merci de m'avoir lâché mon premier colon gauche coelio ! tes conseils m'ont beaucoup aidé. J'espère qu'on aura l'occasion de rebosser ensemble.

Docteur Florent Genty : Merci pour tes conseils et surtout pour la bonne ambiance que tu apportes.

Docteur Bertrand Le Roy : Merci de m'avoir offert l'opportunité d'écrire un article. En espérant qu'il soit bientôt accepté.

À toutes les équipes chirurgicales qui ont participées à ma formation :

Merci à Mr Varga, chirurgien à l'hôpital de Thiers, de m'avoir pris sous son aile pendant mon premier semestre. Merci de m'avoir appris comment faire des nœuds sur des poignets de tiroirs, jusqu'à me laisser faire des colectomies !

Merci à l'équipe chirurgicale de Moulins pour tous ces blocs passionnants.

Merci à l'équipe de chirurgie vasculaire : le Professeur Rosset, Marie, Stéphanie, Caroline, Edouard et Sabrina pour m'avoir appris la dextérité et la minutie nécessaires à votre spécialité sont un modèle pour l'apprentissage de la rigueur chirurgicale.

Merci à l'équipe de chirurgie thoracique : le Professeur Filaire, Géraud, Jean-Baptiste, Marie, Monsieur Kauffman, qui m'ont limité fait aimer la chirurgie thoracique autant que la chirurgie digestive.

Merci à Mr Adel Naamee, qui est mon modèle de réussite dans la vie personnelle et professionnelle. Merci à tante Diana qui nous a très vite accueilli dans son cœur avec Ahmed.

Merci au Docteur Antoine Soprani, sans qui je n'aurai jamais cru m'intéresser un jour à la chirurgie de l'obésité (ni à la Tesla d'ailleurs).

Merci à l'équipe de chirurgie Hépatobiliaire de Paul Brousse. Ce temple du savoir en chirurgie hépatique ne cessera jamais de m'attirer : Merci au Professeur Adam (« toujours commencer par la CLINIQUE !!! »), au Professeur Cherqui (« si on ne pousse pas les indications on ne pourra pas s'améliorer »), au Professeur Sa Cunha (les SPG coelio sont devenus une passion depuis que je comprends tous les repères, et le plus beau bloc de ma vie était avec vous : une hépatectomie G coelio pour donneur vivant, j'avoue avoir lâché une petite larme de bonheur à la fin c'était trop beau), au Professeur Vibert (Merci d'avoir cru en moi, et d'avoir été la première personne à me dire que je dois viser haut et loin et que j'en suis capable, ces mots resteront dans mon esprit pour toujours même si je ne suis pas encore très sûre de faire une thèse de sciences, je laisserai la vie décider pour moi comme d'habitude), à Marc-Antoine, Michele, Boris, Oriana et Gabriella (et oui des femmes en chirurgie hépatique avec une vie de famille ça existe !!!). Merci de m'avoir autorisé à accéder aux données de vos patients et au logiciel Myrian pour faire ce travail. Et merci à Mr Castaing qui m'a aidé à accéder à la base de données du CHB. C'est impressionnant mais vous êtes toujours au bon endroit, au bon moment !

Table des matières

Résumé.....	13
I. Introduction.....	14
II. Matériels et Méthodes.....	17
1. Sélection des patients.....	17
2. Définition de l'insuffisance hépatique post-opératoire.....	17
3. Techniques chirurgicales.....	19
4. Réalisation des mesures scannographiques.....	22
a) La segmentation.....	23
b) La chirurgie virtuelle.....	26
5. Analyses statistiques.....	28
III. Résultats.....	29
1. Analyse des données clinico-biologiques et relatives au foie.....	29
2. Analyse des données peropératoires.....	30
3. Analyse des caractéristiques morphométriques.....	31
a) Résultats de l'analyse univariée.....	31
b) Résultats de l'analyse multivariée après ajustement sur les critères préopératoires (Modèle 1).....	32
c) Résultats de l'analyse multivariée après ajustement sur les critères peropératoires (Modèle 2).....	33
4. Morbi-mortalité de l'IHPO.....	33
IV. Discussion.....	35
1. Interprétation des résultats.....	35
2. Limitations de l'étude.....	37
3. Perspectives.....	38
V. Conclusion.....	39
VI. ANNEXES.....	40
1. Annexe 1.....	40
2. Annexe 2.....	42
3. Annexe 3.....	43
4. Annexe 4 :.....	45
5. Annexe 5 :.....	48
Références bibliographiques :.....	51

Résumé

Contexte: La chirurgie hépatique est l'un des rares traitements curatifs de la plupart des tumeurs du foie et des voies biliaires, primitives ou secondaires. C'est une chirurgie lourde, nécessitant des résections complexes et étendues, itératives et souvent sur foie pathologique (cirrhose ou polychimiothérapie). La principale cause de décès est le risque d'insuffisance hépatique post-opératoire (IHPO) liée à une insuffisance de parenchyme restant. Plusieurs scores prédictifs ont été proposés afin d'estimer le risque d'IHPO dans des pathologies précises (CHC sur cirrhose, cholangiocarcinome) mais aucun n'est assez sensible et spécifique pour être utilisé en pratique. L'objectif de ce travail est d'étudier l'éventuelle influence de différents paramètres morphométriques hépatiques réalisés sur des scanners préopératoires dans la prédiction du risque d'IHPO, quelle que soit l'indication chirurgicale.

Matériels et méthodes: Quarante et un patients opérés d'une hépatectomie droite +/- élargie ont été inclus à partir des bases de données du centre hépatobiliaire Paul Brousse (28 patients) et du CHU Estaing de Clermont-Ferrand (13 patients) entre janvier 2016 et mars 2017. Les volumétries hépatiques et spléniques, ainsi que les mesures de volumes vasculaires (portal total, portal restant, sus-hépatique total, sus-hépatique restant), de diamètres vasculaires (diamètre de la veine porte gauche [VPG], du tronc porte, des veines sus-hépatiques médiane [VSHM] et gauche [VSHG] et de leur tronc commun, et de la veine splénique, rapportés au poids, à l'indice de masse corporelle et aux volumes hépatiques total et restant), de densités parenchymateuses (foie et rate rapportés à la densité des muscles para-vertébraux) et de sections vasculaires (veine porte gauche et tronc porte) ont été réalisées sur les scanners préopératoires. Le risque d'IHPO était basé sur les critères de l'ISGLS (*International Study Group of Liver Surgery*). Ainsi, 2 groupes ont été comparés en fonction de la sévérité de l'IHPO (groupe [0-A] : pas d'IHPO ou IHPO sans retentissement clinique pertinent, groupe [B-C] : IHPO avec retentissement clinique pertinent). Les données clinico-biologiques, peropératoires et postopératoires ont été recueillies en plus des mesures morphométriques hépatiques scannographiques. Les 2 groupes ont ensuite été comparés par le biais d'une analyse multivariée.

Résultats: Trente-deux patients (78%) ont été inclus dans le groupe [0-A] et 9 patients (22%) dans le groupe [B-C]. Sur l'ensemble des mesures morphométriques réalisées, le rapport des diamètres VPG /VSHM était significativement plus élevé dans le groupe avec IHPO (1.8mm vs. 1.36mm pour le groupe [0-A]) en analyse univariée ($p=0.001$) mais également en analyse multivariée après appariement sur les critères préopératoires ($p=0.011$), et peropératoires ($p=0.031$). De même, le rapport VSHM/poids corporel était significativement plus bas dans le groupe avec IHPO cliniquement pertinente (0.08 mm/kg vs. 0.1 mm/kg pour le groupe [0-A]), en analyse univariée ($p=0.05$) et multivariée ($p=0.04$). Enfin, le rapport entre le volume portal et le volume sus-hépatique restant (VolPr/VolHr) était significativement plus élevé dans le groupe avec IHPO cliniquement pertinente (0.64 cm³ vs. 1.54 cm³, $p=0,04$), mais seule une tendance persistait en analyse multivariée ($p=0.08$).

Conclusion : Cette étude suggère que les mesures morphométriques vasculaires préopératoires sont plus prédictives du risque d'IHPO que la volumétrie hépatique standard. Le rapport entre l'inflow (VPG et VolPr) et l'outflow (VSH et VolHr) pourrait constituer un reflet d'une congestion excessive du foie restant, entravant ses capacités de régénération. Ces paramètres pourraient donc constituer un complément intéressant dans la prédiction du risque d'IHPO.

Mots clés : IHPO, hépatectomies droites, mesures morphométriques

I. Introduction

La chirurgie hépatique est l'un des rares traitements curatifs de la plupart des tumeurs du foie et des voies biliaires, primitives ou secondaires. C'est une chirurgie répandue (incidence = 13,2 pour 100000 adultes en France) [1], lourde (morbidité à 22.5%, mortalité à 3%) [2] et nécessitant des résections de plus en plus complexes et étendues [3], itératives et souvent sur foie pathologique (stéatose, cirrhose ou hépatopathie de polychimiothérapie) [4]. Cette attitude est rendue possible grâce à une meilleure sélection et une meilleure gestion péri-opératoire des patients, ainsi qu'à la capacité de régénération du foie. Cependant, même si des résections étendues (hépatectomies majeures ≥ 3 segments) sont effectuées de façon courante, la limite reste le risque d'insuffisance hépatique post-opératoire (IHPO), principale cause de décès après cette chirurgie [5], avec un taux de mortalité qui varie de 10% [6] à 50% en cas de cirrhose [7].

La réduction de la masse hépatique et du lit vasculaire hépatique après résection ont deux conséquences : une augmentation de la pression portale, et une élévation du débit portal massique, c'est-à-dire par gramme de foie restant [7]. Ces variations hémodynamiques, associées au stress chirurgical, entraînent un afflux de cytokines et de facteurs de croissance vers le foie, nécessaires au processus de régénération [8]. Une prolifération hépatocytaire et endothéliale est ainsi amorcée, permettant le maintien de la fonction hépatique. Lorsque l'hépatectomie est trop importante, la redistribution du débit dans le foie restant provoque un barotraumatisme [9] par l'augmentation excessive des forces de cisaillement sur l'endothélium vasculaire (*shear stress*) responsable d'une nécrose endothéliale et de lésions oxydatives [10]. Ce processus a initialement été décrit dans le cadre de transplantation hépatique lorsqu'un foie trop petit est greffé au receveur [11]. Ceci entraîne une IHPO caractérisée par une cholestase prolongée, une coagulopathie, une hypertension portale, et dans les cas sévères, la formation d'ascite. Ces facteurs prédisposent à leurs tours, aux risques d'encéphalopathie, d'hémorragie digestive, d'insuffisance rénale et de sepsis[12].

La volumétrie hépatique est actuellement l'outil de référence dans la prédiction de la fonction du futur foie restant : c'est le volume résiduel minimal permettant une conservation de la fonction hépatique. Elle est mesurée grâce au scanner préopératoire et exprimée en pourcentage par rapport au

volume de foie total (VFT). Ce pourcentage varie en fonction de la qualité du parenchyme hépatique : l'équipe de MD Anderson a proposé la règle du 20/30/40 (% de foie restant) : 20% pour un foie sain, 30% pour un foie après chimiothérapie intensive, et 40% pour un foie d'hépatopathie chronique [13]. Néanmoins, de récentes études ont montré que le volume du foie n'était pas toujours précisément corrélé à sa fonction, en particulier après des procédures préopératoires visant à augmenter le volume du futur foie restant (embolisation portale, double embolisation portale et veineuse sus-hépatique) [14]. La mesure scannographique du VFT peut de surcroît être biaisée dans plusieurs situations (cholestase, atrophie due à l'embolisation portale, zones moins fonctionnelles en cas d'obstacles biliaires). Afin de pallier ces insuffisances, une estimation standardisée du foie total à l'aide d'une formule utilisant la surface corporelle totale a été proposée [16] [17], tandis que l'équipe de Lille [17] a proposé d'exprimer le volume du foie restant par rapport au poids corporel total. Dans le cadre du don d'organe, plusieurs formules ont également été employées afin d'estimer le volume de foie à transplanter chez le receveur [18]. Dans ce contexte, bien que la volumétrie reste actuellement la méthode de référence d'évaluation du risque d'IHPO, d'autres méthodes dites fonctionnelles (rétention du vert d'indocyanine, LIMAX, scintigraphies) présentent un intérêt grandissant. Néanmoins, ces outils ne sont pas suffisamment sensibles (LIMAX [19]) et sont coûteux et difficiles d'accès (scintigraphie [20]) en pratique courante.

Une meilleure gestion anesthésique et chirurgicale préopératoires (embolisation portale [21], double embolisation [22]), peropératoire (chirurgie à pression veineuse basse [23], clampages intermittents pour réduire les saignements [24], abord coelioscopique [25], mesure du gradient porto-cave) et post-opératoire (réhabilitation précoce après chirurgie hépatique [26]) a permis une diminution drastique de la mortalité de la chirurgie hépatique (0.8 à 5% actuellement) [27]. Mais malgré tous ces progrès, le risque d'IHPO reste élevé (jusqu'à 30% dans certaines séries) [28]. Plusieurs scores prédictifs ont donc émergé afin d'estimer le risque d'IHPO dans des pathologies précises (CHC sur cirrhose, cholangiocarcinomes [27], [28]) mais aucun n'est assez sensible et spécifique pour être utilisé en pratique. De même, ces scores prennent en compte les facteurs cliniques, biologiques et histologiques du foie, mais sans évaluer le potentiel impact des mesures vasculaires hépatiques sur les scanners préopératoires dans la prédiction d'IHPO.

Bien que les modifications du débit sanguin portal et de la pression portale soient clairement impliquées dans l'IHPO, à notre connaissance, aucune étude ne s'est intéressée à la valeur prédictive du réseau vasculaire (diamètres, sections et volumes vasculaires) portal et sus-hépatique dans l'IHPO. Ce d'autant que la corrélation entre la qualité du drainage hépatique avec la balance atrophie / hypertrophie hépatique a clairement été démontrée [29].

L'objectif de ce travail était d'établir différentes mesures de paramètres morphométriques hépatiques sur des scanners préopératoires de 41 patients opérés d'hépatectomies droites ou d'hépatectomies droites élargies, et d'étudier leur éventuelle influence (en plus des paramètres cliniques, opératoires, biologiques et histologiques connus), dans la prédiction du risque d'IHPO, quelle que soit l'indication chirurgicale.

II. Matériels et Méthodes

1. Sélection des patients

Soixante-sept patients opérés d'une hépatectomie droite (HD) ou d'une hépatectomie droite élargie (HDE) ont été extraits des bases de données du centre hépatobiliaire Paul Brousse (49 patients) et du CHU Estaing de Clermont-Ferrand (18 patients) entre janvier 2016 et mars 2017. Parmi eux, les patients ayant eu des gestes de résections majeures associées (n=9 ; 13.43%) ont été exclus, ainsi que ceux chez qui les scanners préopératoires n'étaient pas disponibles ou de mauvaise qualité pour la réalisation des mesures morphométriques (n=17 ; 25.37%). Au total, 41 patients ont été inclus dans cette étude.

Les indications d'hépatectomies étaient : des métastases de cancers colorectaux (n=14 ; 34.14%), des métastases de cancers non-colorectaux (n=2 ; 4.88%), des cholangiocarcinomes intrahépatiques ou péri-hilaires (n=11 ; 26.83%), des carcinomes hépatocellulaires (n=6, 14.63%), des donneurs vivants (n=4 ; 9.76%), des cholangites sclérosantes primitives (n=2 ; 4.88%), 1 hémangiome (2.44%) et 1 kyste hydatique (2.44%).

Dix patients ont eu une embolisation portale préalable à la chirurgie (24.39%), ou une double embolisation portale et sus-hépatique droite (n=5 ; 12.2%). Chez ces patients, les scanners sur lesquels les mesures ont été réalisées étaient en préopératoire, 4 à 6 semaines après la procédure d'embolisation.

2. Définition de l'insuffisance hépatique post-opératoire

La définition du risque d'IHPO était basée sur les critères de l'ISGLS (*International Study Group of Liver Surgery*) établis en 2011. Comparé au score de Balzan (bilirubinémie >50 μmol/L et TP <50% à J5 postopératoire) [30], et au score de Mullen (pic de bilirubinémie >120 μmol/l) [31], le score d'ISGLS était le plus sensible pour la morbidité sévère et la mortalité au prix d'une moins bonne spécificité [32].

Ce critère est de plus en plus utilisé dans la littérature récente et s'impose progressivement comme le critère standard de l'évaluation de l'IHPO. Il est défini comme une détérioration de la capacité

du foie à maintenir ses fonctions de synthèse, d'excrétion et de détoxification, caractérisé par l'augmentation de l'INR et une hyperbilirubinémie (par rapport aux normes du laboratoire) à partir de J5 postopératoire. En cas de perturbations biologiques en préopératoire, l'IHPO est définie par l'augmentation de l'INR et de la bilirubine à partir de J5 par rapport aux valeurs préopératoires. Trois stades d'insuffisance hépatocellulaire sont ensuite définis selon la gravité des complications (Figure 1) [33].

	<i>Criteria for PHLF Grade A</i>	<i>Criteria for PHLF Grade B</i>	<i>Criteria for PHLF Grade C</i>
Specific treatment	Not required	Fresh-frozen plasma Albumin Daily diuretics Noninvasive ventilation Transfer to intermediate/ intensive care unit	Transfer to the intensive care unit Circulatory support (vasoactive drugs) Need for glucose infusion Hemodialysis Intubation and mechanical ventilation Extracorporeal liver support Rescue hepatectomy/liver transplantation
Hepatic function	Adequate coagulation (INR <1.5) No neurological symptoms	Inadequate coagulation (INR \geq 1.5 <2.0) Beginning of neurologic symptoms (ie, somnolence and confusion)	Inadequate coagulation (INR \geq 2.0) Severe neurologic symptoms/ hepatic encephalopathy
Renal function	Adequate urine output ($>$ 0.5 mL/kg/h) BUN <150 mg/dL No symptoms of uremia	Inadequate urine output (\leq 0.5 ml/kg/h) BUN <150 mg/dL No symptoms of uremia	Renal dysfunction not manageable with diuretics BUN \geq 150 mg/dL Symptoms of uremia
Pulmonary function	Arterial oxygen saturation >90% May have oxygen supply via nasal cannula or oxygen mask	Arterial oxygen saturation <90% despite oxygen supply via nasal cannula or oxygen mask	Severe refractory hypoxemia (arterial oxygen saturation \leq 85% with high fraction of inspired oxygen)
Additional evaluation	Not required	Abdominal ultrasonography/CT Chest radiography Sputum, blood, urine cultures Brain CT	Abdominal ultrasonography/CT Chest radiography/CT Sputum, blood, urine cultures Brain CT ICP monitoring device

Figure 1 : critères de définition de l'insuffisance hépatocellulaire postopératoire (ou PHLF: Post-Hepatectomy Liver Failure)[33]

Le grade A est défini par une légère perturbation de la fonction hépatique, rénale ou pulmonaire, sans aucune conséquence clinique, et sans nécessité de traitement spécifique. La mortalité due à une IHPO grade A est par ailleurs nulle.

Une atteinte plus sévère de l'une de ces fonctions nécessite l'instauration de traitement spécifique pour y suppléer (albumine, diurétiques, VNI) et peut dans les cas extrêmes de dysfonction d'organe, imposer une prise en charge plus complexe en unité de soins intensifs (hémodialyse, ventilation invasives). Cette situation est définie dans les groupes B et C où la mortalité peut atteindre 54% [7].

Ainsi, deux groupes ont été comparés :

1- Groupe [0-A] : Pas d'IHPO ou IHPO sans retentissement clinique pertinent.

2- Groupe [B-C] : IHPO avec retentissement clinique pertinent.

Les données relatives au patient (terrain, antécédents chirurgicaux hépatiques), au foie sous-jacent (indication, chimiothérapie, bilan biologique, histologie), à l'intervention chirurgicale (durée d'intervention, voie d'abord, mesure des pressions porte et cave, clampage pédiculaire, résections élargies au segment IV et I, résections vasculaires, pertes sanguines), ainsi que les complications survenues en post-opératoire (digestives, pulmonaires, cardiaques, thromboemboliques, rénales et neurologiques) ont été recueillies, en plus des mesures morphométriques scannographiques, en précisant si une IHPO cliniquement pertinente a été constatée ou non en post-opératoire.

3. Techniques chirurgicales

Les dossiers cliniques étaient présentés en réunion de concertation pluridisciplinaire, en présence de chirurgiens experts en chirurgie hépatique. La technique chirurgicale (voie d'abord, dissection première du pédicule hépatique droit ou transsection parenchymateuse suivie de la section intra parenchymateuse du pédicule droit, mobilisation du foie droit ou abord antérieur en cas de lésions volumineuses) était planifiée en préopératoire, en se basant sur l'histoire clinique, et sur la nature et la topologie des lésions sur les examens d'imagerie. L'intervention était ensuite réalisée par le chirurgien référent, expert en chirurgie hépatique.

Un conditionnement anesthésique était mis en place, en s'adaptant à la difficulté du geste à réaliser et aux antécédents du patient. Un monitoring de la pression veineuse centrale était recommandé afin de maintenir une pression basse pour diminuer le risque hémorragique. Une antibioprophylaxie était réalisée par 2 grammes de céfazoline (avec administration d'un gramme supplémentaire si la chirurgie durait plus de 4 heures).

La première étape de l'intervention consistait à évaluer la résecabilité hépatique en cas de lésion maligne en vérifiant l'absence de lésions associées pouvant contre-indiquer le geste opératoire (carcinose péritonéale, envahissement vasculaire pédiculaire). Une échographie per-opératoire était systématiquement réalisée afin de déterminer avec précision la limite de résection hépatique, de vérifier l'absence de lésions associées non visibles au scanner, et d'étudier le rapport des lésions avec les vaisseaux sus-hépatiques et les pédicules glissoniens.

Le choix de la voie d'abord était fait par le chirurgien référent, en fonction de la nature de la lésion, de sa taille et des impératifs carcinologiques. En cas de laparotomie, plusieurs types d'incisions étaient possibles : la laparotomie médiane pouvait être réalisée chez des patients longilignes, les incisions de Rio Branco et sous-costale droite pour les lésions antérieures à droite, et les incisions « en J » de Makuuchi pour les lésions postérieures ou haut situées (dôme hépatique). La mise en place des trocarts en coelioscopie était une étape primordiale afin d'assurer une bonne exposition du foie droit : en général, un trocart optique de 10 mm était positionné en supra-ombilical, 2 trocarts de 12 mm sur les lignes para-médianes droite et gauche à un travers de main du trocart d'optique, un trocart de 5 mm en hypochondre gauche et un trocart de 5 mm en sous-costal droit (Figure 2). La pièce opératoire était extraite en fin d'intervention par une incision sus-pubienne de Pfannenstiel et les incisions étaient infiltrées par de la Ropivacaïne afin de diminuer les douleurs en post-opératoire.

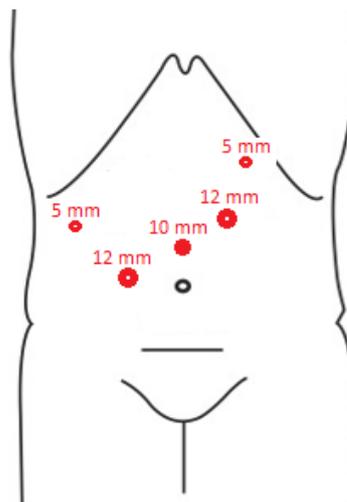


Figure 2 : positionnement des trocarts pour une hépatectomie droite et incision de Pfannenstiel pour extraction de la pièce en fin d'intervention

Après la section du ligament rond, la traction sur celui-ci et sur la vésicule biliaire vers le haut permettait de mettre en évidence le pédicule hépatique. Une brèche était réalisée dans la partie avasculaire (*pars flacida*) du petit épiploon et un lac était mis en place de gauche à droite englobant tout le pédicule hépatique : cette manœuvre, appelée manœuvre de Pringle, permettait de réaliser des clampages pédiculaires afin de limiter le risque hémorragique au cours de la transection du parenchyme hépatique (Figure 3). Tous les chirurgiens ont choisi de réaliser des clampages intermittents de 15 min avec déclampage de 5 min afin de limiter les lésions d'ischémie-reperfusion. Un clampage cave sous-hépatique pouvait être nécessaire pour contrôler le saignement sur la tranche d'hépatectomie quand le clampage pédiculaire seul n'était pas suffisant.

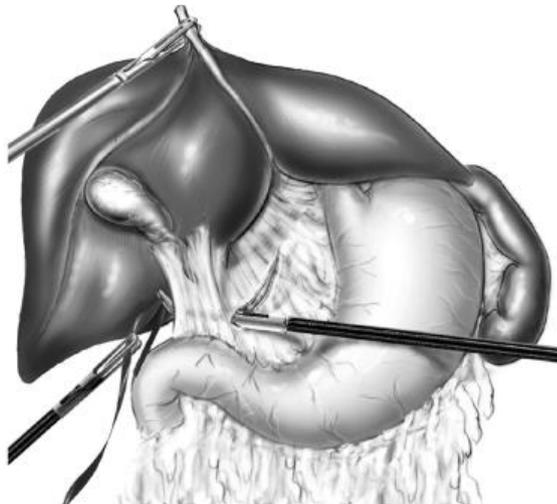


Figure 3 : Manoeuvre de Pringle: mise en place d'un lac autour du pédicule hépatique en passant par le petit épiploon.(d'après le bulletin de l'académie nationale de médecine Volume 191, Novembre 2007, Pages 1661-1682)

En cas d'hépatectomie droite anatomique classique, la veine sus-hépatique médiane était repérée par échographie et la ligne de résection tracée à droite de celle-ci en passant du lit vésiculaire jusqu'à la droite du tronc commun (ligne de Cantlie). Le foie droit était généralement libéré de ces attaches ligamentaires afin de le mobiliser et de faciliter la dissection de la veine hépatique droite. En cas de tumeur volumineuse, cette étape était réalisée en dernier après transection hépatique afin de limiter le risque hémorragique ou la rupture tumorale au sein de la cavité abdominale. La section du pédicule droit se

faisait généralement après la résection hépatique sans nécessité de dissection du pédicule (abord extra-fascial), mais certains chirurgiens contrôlaient d'abord le pédicule droit et le sectionnaient chaque élément glissonien séparément avant l'hépatotomie (abord intra-fascial).

La transsection hépatique se faisait grâce à un dissecteur à ultrasons (CUSA, Integra, France) et l'hémostase de la tranche grâce à la pince bipolaire irriguée. La section du pédicule hépatique droit et de la veine sus-hépatique droite se faisaient grâce à une agrafeuse linéaire avec recharges d'agrafe de type vasculaire ou par des sutures vasculaires.

En cas d'hépatectomie pour cholangiocarcinome péri-hilaire, un curage ganglionnaire du pédicule hépatique était réalisé en première intention afin de vérifier l'absence d'extension ganglionnaire, notamment à distance qui contre-indiquerait l'exérèse à visée curative. De plus, l'envahissement de la convergence biliaire imposait un élargissement de l'hépatectomie aux segments IV et I.

En cas d'hépatectomie droite dans le cadre d'un don d'organe, il était impératif de vérifier l'anatomie des voies biliaires chez le donneur afin d'éviter toute complication biliaire (fistule, sténose) et de ne pas omettre une variation anatomique biliaire. Une opacification des voies biliaires était systématiquement réalisée avant la dissection de la région hilare afin de préserver l'intégralité du pédicule biliaire gauche et de la voie biliaire principale chez le receveur.

Pour des raisons carcinologiques, il était parfois nécessaire de réaliser des résections vasculaires (portale, cave, sus-hépatique) ou biliaires (anastomoses bilio-biliaires ou bilio-digestives).

4. Réalisation des mesures scannographiques

Les mesures morphométriques hépatiques ont été réalisées grâce au logiciel Myrian IntraSense®, France. Les scanners préopératoires injectés au temps portal étaient sélectionnés puis importés dans Myrian. Les scanners réalisés entre J5 et J10 post-opératoire ont également été importés afin de délimiter la ligne de résection hépatique sur le scanner préopératoire au moment de la résection virtuelle. Ces mesures ont été faites par un seul opérateur, en aveugle par rapport aux suites post-opératoires.

a) La segmentation

La première étape consistait à segmenter de façon précise le foie, le réseau portal, le réseau sus-hépatique et la rate. Une reconnaissance automatique permettait une segmentation approximative de chaque région d'intérêt, puis celle-ci était complétée manuellement grâce aux outils fournis par le logiciel (extrusion, chemin, accentuation des contrastes). La segmentation des vaisseaux sus-hépatique comportait tout le réseau sus-hépatique intrahépatique et s'arrêtait dès que les vaisseaux devenaient extra-hépatiques. Le réseau portal intrahépatique était ensuite segmenté de la même façon. Cette étape était réalisée sur différentes coupes (axiale, coronale et sagittale) afin d'assurer une segmentation précise de chaque vaisseau (Figure 4). L'artère hépatique n'a pas été segmentée.

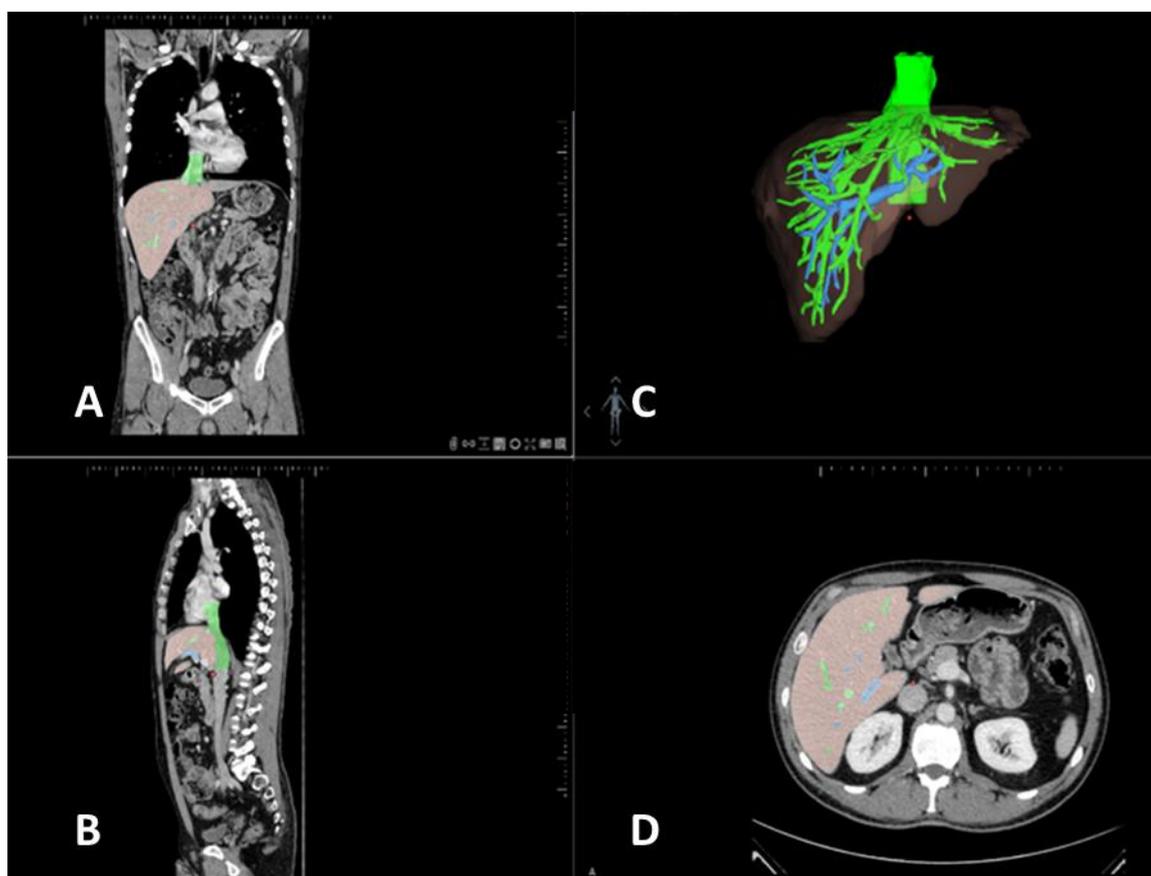


Figure 4 : segmentation vasculaire hépatique sur des coupes coronales (A), sagittales (B) et axiales (D) de scanner et reconstruction tridimensionnelle grâce au logiciel Myrian® : le foie est segmenté en marron, le réseau sus-hépatique et la VCI en vert et le réseau portal en bleu

La segmentation du foie et de la rate étaient ensuite complétées ce qui permettait d'obtenir les mesures de volume du foie total (VFT), de la rate, le volume sus-hépatique total (VolHt), le volume portal total (VolPt) et le volume vasculaire total (Vol vasc total = VolHt + VolPt) exprimés en mm³. Grâce au logiciel, une segmentation tridimensionnelle était générée de façon automatique ce qui conférait une aide supplémentaire pour la mesure des diamètres vasculaires.

Les mesures de vaisseaux hépatiques étaient réalisées sur des coupes bien précises définies avec l'aide du Dr DEHBI Nour, radiologue spécialiste en hépatologie au centre hépatobiliaire Paul Brousse, afin d'assurer une reproductibilité des mesures entre les scanners. La localisation de la mesure sur les reconstructions tridimensionnelles était également une aide afin de vérifier que la mesure soit faite au centre du vaisseau et qu'elle représente bien le diamètre maximal du vaisseau à l'endroit choisi. Les résultats des mesures étaient exprimés en millimètres.

La mesure du diamètre de la veine porte gauche (VPG) était réalisée sur une coupe axiale, au niveau du récessus de Rex, en traçant une ligne orthogonale aux parois vasculaires (Figure 5).

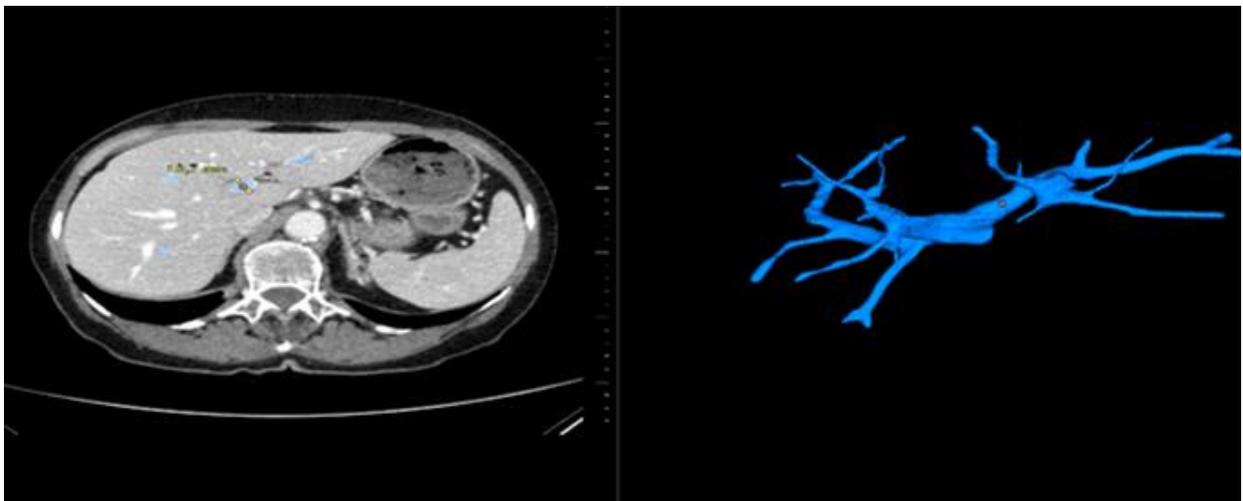


Figure 5 : mesure du diamètre de la veine porte gauche au niveau du récessus de Rex, repérage guidé par la reconstruction tridimensionnelle

Les mesures des veines sus-hépatiques médiane et gauche (VSHM et VSHG) et du tronc commun (TC) étaient réalisées sur des coupes axiales en prenant la partie la plus distale de chaque vaisseau où les parois vasculaires étaient parallèles et en traçant une ligne orthogonale en se guidant par la reconstruction 3D (Figure 6).

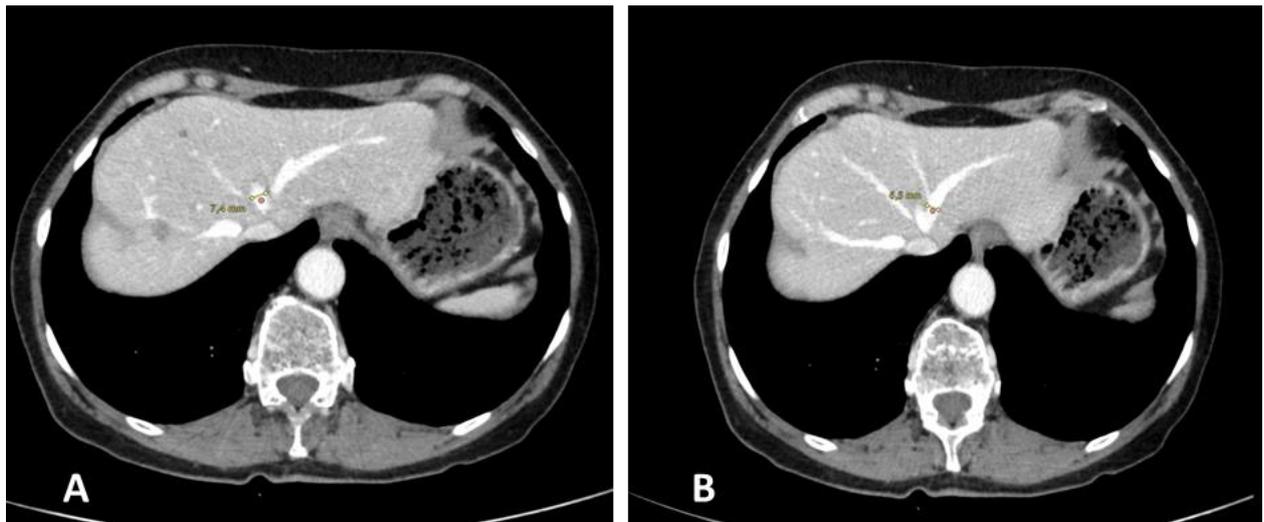


Figure 6 : mesure du diamètre de la VSHM (A) et de la VSHG (B) sur une coupe axiale de scanner au temps portal

Les mesures du tronc porte et de l'origine de la veine splénique au niveau du tronc splénomésaraïque étaient réalisées sur une coupe coronale en prenant la mesure pour la veine porte (VP) à l'origine du tronc porte après l'implantation de la veine mésentérique supérieure (Figure 7).

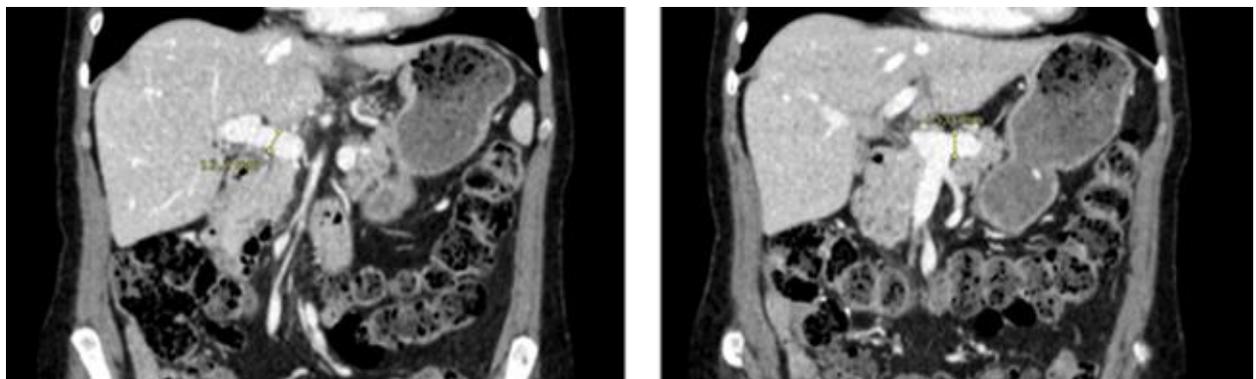


Figure 7 : mesure du diamètre de la veine porte (A) et de la veine splénique (B) sur des coupes coronales de scanner au temps portal

Les densités du foie et de la rate ont également été mesurées sur une coupe axiale comportant du parenchyme hépatique sans vascularisation sur le scanner, le parenchyme splénique, et les muscles paravertébraux comme référence (Figure 8).



Figure 8 : mesure de la densité hépatique (1), splénique (2) et du muscle paravertébral (3) sur une coupe axiale de scanner au temps portal

b) La chirurgie virtuelle

En important les scanners pré et post-opératoires dans le logiciel Myrian®, il était possible de tracer la ligne de résection hépatique sur le scanner préopératoire et de réaliser une hépatectomie virtuelle (Figure 9 - Figure 10). Ainsi, de nouvelles données étaient extraites : le volume du foie restant (VFr) et donc la volumétrie (VFr/VFT), le volume sus-hépatique restant (VolHr), le volume portal restant (VolPr) et le volume vasculaire total restant ($\text{vol vasc restant} = \text{VolHr} + \text{VolPr}$).

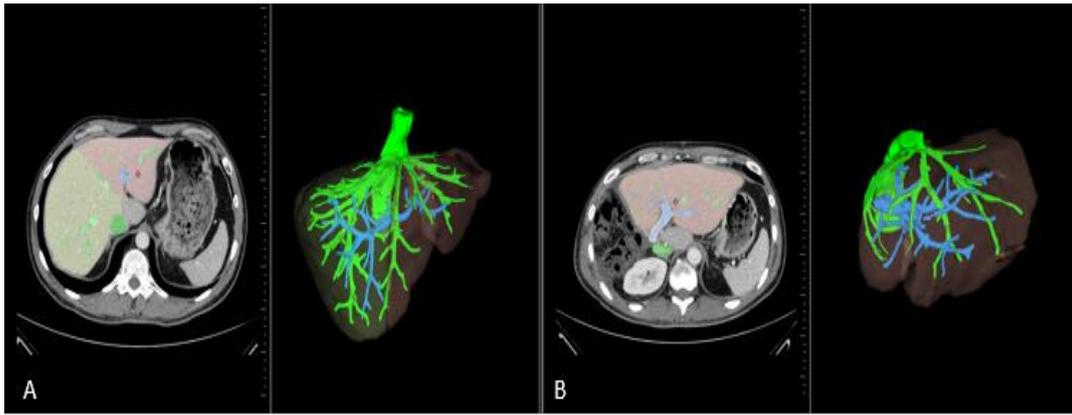


Figure 9 : réalisation d'une hépatectomie droite virtuelle(A): foie réséqué en jaune et foie restant en marron, en se basant sur le foie restant sur le scanner post-opératoire(B)

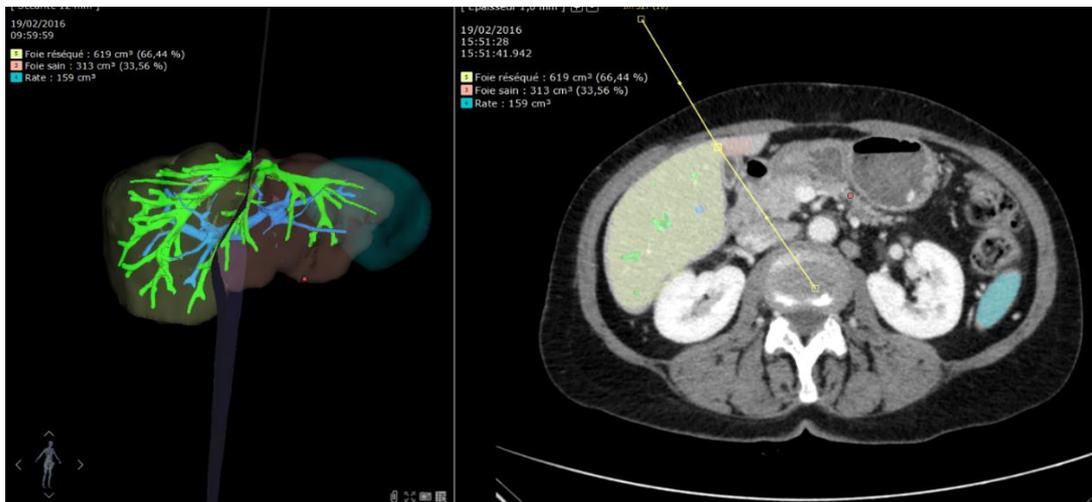


Figure 10 : plan de résection virtuelle du foie avec estimation des volumes de foie réséqué (en jaune) et du foie restant (en marron).

L'ensemble de ces données a été recueilli pour chacun des 41 patients en plus des informations clinico-biologiques, peropératoires et post-opératoires.

5. Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel Stata (version 13, StataCorp, College Station, USA). Tous les tests statistiques ont été considérés pour un risque d'erreur de 1ère espèce bilatéral de 5%. Les données catégorielles sont exprimées en effectifs et fréquences associées tandis que les données quantitatives sont présentées par la médiane [intervalle interquartile], au regard de la distribution statistique. La normalité a été étudiée par le test de Shapiro-Wilk. La comparaison entre groupes indépendants concernant les paramètres catégoriels a été réalisée via le test du Chi2 ou le test exact de Fisher si approprié. Les données quantitatives ont été comparées entre groupes par le test t de Student (ou ANOVA) ou le test de Mann-Whitney si les conditions du t-test n'étaient pas respectées.

L'analyse univariée a été réalisée grâce à un modèle de régression logistique. Celles qui avaient un $p < 0.2$ ont été sélectionnées dans l'analyse multivariée.

L'homoscédasticité a été étudiée par le test de Fisher-Snedecor. Les analyses en situation multivariée ont considéré des modèles de régression logistique (pour variable dépendante binaire) ; les covariables d'ajustement ont été fixées au regard de leur pertinence clinique, des résultats des analyses univariées et des effectifs. Ainsi, les variables concernant le gradient pré-résection et fibroscan n'ont pas pu être retenues dans le cadre des analyses multivariées, leurs effectifs étant insuffisants.

Deux modèles ont été pris en compte pour l'analyse multivariée : le premier comportait les variables préopératoires utilisées en pratique dans la prédiction du risque d'IHPO : le score ASA et la volumétrie définie par le rapport VFr/VFT (modèle 1). Le deuxième prenait en compte les conditions peropératoires statistiquement significatives dans l'analyse univariée et dont la pertinence clinique a été démontrée dans la littérature : les pertes sanguines, les résections vasculaires, les résections étendues et la durée du clampage pédiculaire (modèle 2).

III. Résultats

1. Analyse des données clinico-biologiques et relatives au foie

Quarante et un patients ont été inclus dans cette étude. L'âge médian était de 58 ans pour le groupe [0-A] (intervalle interquartile [IQR] 49,5-68,5 ans) et de 64 ans pour le groupe [B-C] ([IQR] 58-68 ans). Les deux groupes étaient comparables concernant les caractéristiques cliniques préopératoires (sexe, âge, IMC, terrain, score ASA), ainsi que sur les caractéristiques biologiques préopératoires (bilirubine totale, INR préopératoire).

Neuf patients (22%) ont présenté une IHPO cliniquement pertinente [grades B-C], nécessitant la mise en place d'un support thérapeutique adapté, et 32 patients (78%) étaient indemnes d'IHPO cliniquement pertinente [grades 0-A], selon la définition de l'ISGLS.

Concernant la biologie à J5 post-opératoire, le TP était plus bas dans le groupe [B-C] (médiane à 61 G/L [IQR] 51-70G/L) que dans le groupe [0-A] (médiane à 71,5 G/L [IQR] 63-84 G/L ; $p=0,1$). De même, la bilirubine totale à J5 postopératoire était plus élevée dans le groupe [B-C] (médiane à $34\mu\text{mol/L}$, [IQR] 21-58 $\mu\text{mol/L}$) que dans le groupe [0-A] (médiane à $18,5\mu\text{mol/L}$ [IQR] 13-27 $\mu\text{mol/L}$; $p=0,07$). Le taux de plaquettes à J5 était plus bas dans le groupe [B-C] ($p=0,09$) et l'urée plasmatique plus élevée dans ce groupe ($p=0,02$). Les résultats biologiques étaient par ailleurs comparables entre les 2 groupes concernant la cytolyse et la créatininémie à J5 postopératoire.

Concernant les caractéristiques relatives à la qualité du parenchyme hépatique, les 2 groupes étaient comparables par rapport à l'indication chirurgicale ($p=0,22$), le taux de rétention du vert d'indocyanine ($p=0,42$), le traitement antérieur par chimiothérapie à l'oxaliplatine ($p=1$) ou à l'irinotecan ($p=0,2$) et au taux de fibrose ($p=0,74$), de stéatose ($p=0,92$) et de stéatohépatite ($p=1$) sur la pièce opératoire.

Néanmoins, le taux d'embolisation portale ou de double embolisation portale et sus-hépatique était significativement plus élevée dans le groupe [B-C] que dans le groupe [0-A] (8 patients du groupe [B-C], 88,89% vs. 7 patients du groupe [A-C], 21,88% ; $p=0,001$).

L'ensemble des variables relatives aux caractéristiques cliniques, biologiques et relatives au foie sont consignées dans l'annexe 1 (tableau 1).

2. Analyse des données peropératoires

L'abord coelioscopique a été réalisé chez 9 patients (22%), avec une conversion nécessaire chez 4 patients (12,5%) : 1 pour difficulté d'exposition, 1 pour embolie gazeuse, 2 pour hémorragie.

Des gestes de résections vasculaires ont été nécessaires chez 9 patients (22%) : une résection-anastomose de la veine porte gauche a été réalisée chez 6 patients (14,63%), une résection-anastomose de la veine sus-hépatique gauche et de la VCI a été nécessaire chez un patient (2,4%) et une résection-anastomose de veine cave rétrohépatique a été réalisée chez 2 patients (4,87%). Des gestes d'exérèse tumorale ont été réalisés sur le foie restant chez deux patients (4,87%) et consistaient en une radiofréquence de métastases hépatiques.

Les conditions opératoires étaient plus difficiles au cours des hépatectomies du groupe [B-C] : la durée d'intervention était significativement plus longue (médiane à 496 min [IQR] 450-547 min pour le groupe [B-C] vs. 346 min [IQR] 270-517 min pour le groupe [0-A] ; $p=0,03$), avec un taux de pertes sanguines ($p=0,06$) et de transfusion ($p<0,001$) plus important dans le groupe [B-C].

Les interventions chirurgicales du groupe [B-C] nécessitaient des résections plus étendues, telle que la résection du segment IV ($p<0,001$) et/ou du segment I ($p=0,03$), ainsi que des résections vasculaires, telles que des résections-anastomoses de la VPG ($p=0,02$). La confection d'anastomoses biliaires était également significativement plus fréquente dans ce groupe ($p=0,01$).

Le nombre de clampages pédiculaires étaient significativement plus important dans le groupe [B-C], (médiane à 3 [IQR] 1-4 dans le groupe [B-C] vs. 1,5 [IQR] 0-3,5 dans le groupe [0-A] ; $p=0,13$) ainsi que la durée cumulée des clampages (médiane à 40 min [IQR] 35-75 min dans le groupe [B-C] vs. 26 min [IQR] 0-49 min dans le groupe [0-A] ; $p=0,05$). Les mesures de gradients pré-résection ont été réalisées chez 16 patients (40%) : 15 patients du groupe [0-A] et seulement 1 patient du groupe [B-C]. Les gradients post résection ont été mesurés chez 25 patients (61%), dont 5 patients (56%) dans le groupe [B-C] et 20 patients (62%) dans le groupe [0-A]. Ce gradient était significativement plus élevé ($p<0,001$) avec notamment une pression portale plus importante en fin d'intervention ($p=0,02$) dans le groupe [B-C]. Trois patients avaient une pression portale supérieure à 20 mmHg, avec tentative chez 2 patients de

réduction de cette hyperpression par la réalisation d'une anastomose porto-cave mais compliquée par une IHPO (1 patient de grade B et 1 patient de grade C).

L'ensemble des caractéristiques peropératoires sont illustrées dans l'annexe 2 (tableau 2).

3. Analyse des caractéristiques morphométriques

a) Résultats de l'analyse univariée

Le volume estimé au scanner de foie réséqué était plus élevé dans le groupe avec IHPO (médiane 1003 mm³, [IQR] 769-1127 mm³ dans le groupe [B-C] vs. 740 mm³, [IQR] 618-992 mm³ dans le groupe [0-A] ; p=0,07) avec néanmoins un volume de foie total et de foie restant comparables entre les deux groupes (p=0,34 et p=0,47 respectivement). La volumétrie représentée par le rapport VFr/VFT était significativement plus basse dans le groupe IHPO (0,34 [IQR] 0,27-0,36 pour le groupe [B-C] vs. 0,38 [IQR] 0,33-0,47 pour le groupe [0-A] ; p=0,06) mais la volumétrie exprimée en VFr/ poids du patient était comparable entre les 2 groupes (0,7% [IQR] 0,6-0,8% pour le groupe [B-C] vs. 0,7% [IQR] 0,6-1% pour le groupe [0-A] ; p=0,28). Les 2 groupes étaient comparables concernant les mesures de volumétries spléniques (médiane 181 mm³ [IQR] 148-315 mm³ pour le groupe [B-C] vs. 195,5 mm³ [IQR] 145-236 mm³ pour le groupe [0-A] ; p=0,83).

Concernant les mesures de volumétries vasculaires, le volume sus-hépatique total (VolHt) et le volume sus-hépatique restant (VolHr) étaient significativement plus bas dans le groupe [B-C] (VolHt = 15 mm³ pour le groupe [B-C] vs. 28,4 mm³ pour le groupe [0-A] ; p=0,005 et VolHr = 9 mm³ dans le groupe [B-C] vs. 14mm³ pour le groupe [0-A] ; p=0,005).

Le rapport entre le volume portal et le volume sus-hépatique restant (VolPr/VolHr) était significativement plus élevé dans le groupe avec IHPO (médiane 1,55 [IQR] 0,6-2 pour le groupe [B-C] vs. 0,64 [IQR] 0,36-0,93 pour le groupe [0-A] ; p=0,04).

Le diamètre de la VPG était significativement plus grand dans le groupe avec IHPO (médiane 11,4 mm [IQR] 10-12,5 pour le groupe [B-C] vs. 9,6 mm [IQR] 8,8-9,9 pour le groupe [0-A] ; p=0,02) et le diamètre de la VSHM significativement plus petit (médiane 5,8 mm [IQR] 4,9-6,5 pour le groupe [B-

C] vs. 6,8 mm [IQR] 6,3-8 pour le groupe [0-A] ; $p=0,06$). Ainsi le rapport entre ces deux diamètres (VPG /VSHM) était significativement plus grand dans le groupe avec IHPO (médiane à 1,8 [IQR] 1,74-2,16 pour le groupe [B-C] vs. 1,36 [IQR] 1,15-1,51 pour le groupe [0-A] ; $p=0,001$)

La section de la VPG au niveau du récessus de Rex était également significativement plus grande dans le groupe [B-C] (médiane 102 mm² [IQR] 78,5-122,7 pour le groupe [B-C] vs. 71,6 mm² [IQR] 60,1-93,3 pour le groupe [0-A] ; $p=0,02$).

Les mesures des différents diamètres vasculaires (VSHG, TC, VP, veine splénique) rapportés au poids ou à l'IMC du patient, au VFT ou au VFr, ainsi que les mesures de densités hépatiques et spléniques rapportées à la densité des muscles paravertébraux étaient comparables entre les deux groupes. Les résultats de l'analyse univariée des caractéristiques morphométriques sont représentés dans l'annexe 3 (tableau 3).

b) Résultats de l'analyse multivariée après ajustement sur les critères préopératoires

(Modèle 1)

Après ajustement sur les critères préopératoires (ASA, volumétrie représentée par VFr/VFT), les volumes vasculaires sus-hépatiques total (VolHt) et restant après hépatectomie (VolHr) étaient toujours significativement plus bas dans le groupe [B-C] ($p=0,03$), mais seule une tendance persistait concernant le rapport VolPr/VolHr ($p=0,09$).

Concernant les mesures de diamètres, la différence restait significative entre les 2 groupes concernant les mesures de VPG ($p=0,01$). Seule une tendance persistait pour la mesure de VHM ($p=0,17$) mais **le rapport VPG/VHM restait significativement plus grand dans le groupe [B-C] après ajustement sur les critères préopératoires ($p=0,01$)**. La section de la VPG restait également significativement plus grande dans le groupe [B-C] ($p=0,01$).

- c) Résultats de l'analyse multivariée après ajustement sur les critères peropératoires
(Modèle 2)

Après ajustement sur les critères peropératoires (pertes sanguines, durée de clampage, résections vasculaires, résections élargies), le volume vasculaire sus-hépatique total (VolHt) était toujours significativement plus bas dans le groupe [B-C] ($p=0,05$), mais seule une tendance persistait pour le VolHr ($p=0,08$) et le rapport VolPr/VolHr ($p=0,08$).

Concernant les mesures de diamètres, **le rapport VPG/VHM restait significativement plus grand dans le groupe [B-C] ($p=0,03$)** avec un rapport VHM/poids corporel significativement plus bas dans ce groupe ($p=0,04$). Néanmoins, seule une tendance persistait en considérant les paramètres VPG ($p=0,13$) et VHM ($p=0,13$) pris indépendamment.

Les résultats des analyses univariées et multivariées des caractéristiques morphométriques sont représentés dans l'annexe 4 (tableau 4).

Nous avons ensuite tracé les courbes ROC des trois paramètres VolHt, VPG/VHM et VHM/poids qui étaient statistiquement significatifs en analyse multivariée selon le modèle 2. L'aire sous la courbe (ASC) était de 0,81 pour VolHt, 0,86 pour VPG/VHM et 0,71 pour VHM/poids corporel, (Annexe 5). Ces paramètres étaient donc pertinents dans la prédiction du risque d'IHPO.

L'ASC du rapport VPG /VHM étant le plus élevé (0,86), nous avons fixé une valeur limite (cutoff) au-dessus de laquelle le risque d'IHPO était majoré. Ainsi, un rapport VPG/VHM supérieur à 1,66 était prédictif de risque d'IHPO cliniquement pertinente, avec une sensibilité de 89%, une spécificité de 84%, une VPN de 96% et une VPP de 62%.

4. Morbi-mortalité de l'IHPO

La morbidité post-opératoire immédiate était significativement plus importante dans le groupe avec IHPO (6 patients (66,66%), classée en grade IV et V selon la classification de Dindo-Clavien dans le groupe [B-C] vs. 2 patients (6,25%) dans le groupe [0-A] ; $p= 0,002$). Parmi les complications observées en cas d'IHPO, celles reflétant une dysfonction hépatique étaient les plus significatives, avec un

risque supérieur de thrombose portale ($p=0,04$), d'ascite ($p<0,001$) et d'encéphalopathie ($p=0,008$) comme illustré dans l'annexe 6 (tableau 6).

IV. Discussion

1. Interprétation des résultats

L'IHPO est la complication la plus redoutée après chirurgie hépatique. Ses conséquences sont difficilement réversibles, et entraînent une augmentation de la morbidité et de la durée d'hospitalisation [26]. La prédiction du risque d'IHPO est donc une préoccupation majeure en chirurgie hépatique, basée sur une évaluation quantitative et qualitative du futur foie restant, représentée par de nombreux travaux visant à la conception de modèles prédictifs [27]– [29]. Ces modèles sont basés sur des critères clinico-biologiques et histologiques, mais aucun d'entre eux n'intègre les mesures morphométriques vasculaires préopératoires. Pourtant, il a été montré que les conditions hémodynamiques après résection influençaient la fonction du foie restant [29]. À notre connaissance, il s'agit de la première étude évaluant l'impact potentiel des mesures morphométriques vasculaires dans la prédiction du risque d'IHPO.

Les données ont été recueillies de façon rétrospective sur une période d'un an, dans deux centres experts en chirurgie hépatique, et les interventions étaient réalisées par des chirurgiens spécialisés dans ce domaine. En se positionnant en période préopératoire immédiate, avec ou sans manœuvre d'hypertrophie du foie, l'objectif était de définir par des mesures vasculaires simples et reproductibles à partir du scanner, les paramètres représentant l'*inflow* et l'*outflow*, prédictifs du risque d'IHPO, en plus de la volumétrie. En effet, plusieurs études ont montré le rôle prépondérant du réseau vasculaire hépatique restant après hépatectomie. Ray *et al.* rapportent que la gestion du risque d'IHPO nécessite une préservation de la fonction des hépatocytes du foie restant et de l'organisation de leur microarchitecture vasculaire, et ne dépend pas directement du volume total du foie restant [7]. Capobianco *et al.* insistent sur l'importance du maintien d'un apport (*inflow*) et d'un drainage vasculaire (*outflow*) adéquats comme impératif afin d'éviter une IHPO [37].

Une résécabilité des lésions tumorales avec des marges suffisantes est un impératif afin d'optimiser une prise en charge curative, avec une meilleure survie et une diminution du risque de récurrence [38]–[40]. Ceci peut nécessiter le recours à des résections hépatiques élargies, avec des reconstructions

vasculaires et des tranches d'hépatectomies parfois plus larges quand des résections anatomiques classiques ne sont pas possibles, ce qui augmente les durées de clampage pédiculaire afin de diminuer le risque hémorragique. Dans une étude conduite sur 143 patients opérés d'hépatectomies majeures pour cholangiocarcinomes péri-hilaires, Lee *et al.* ont établi un modèle de prédiction du risque d'IHPO dépendant de 3 critères : la volumétrie (VFR/VFT), les pertes sanguines et un INR>1.2 en préopératoire [41]. Chin *et al.* ont de la même façon établi un score de prédiction du risque d'IHPO après HD et HDE pour CHC incluant le taux de bilirubine préopératoire, le score de MELD, l'AFP et le taux de plaquettes en préopératoire, grâce à une étude conduite chez 157 patients [42].

Ainsi le risque d'IHPO dépend de critères préopératoires relatifs au patient (score ASA, âge), au volume et à la fonction du foie restant (volumétrie, clairance du vert d'indocyanine, fibroscan) d'une part, et aux conditions péri-opératoires (durée d'intervention, pertes sanguines, transfusions, résections élargies, reconstructions vasculaires, gradient porto-cave post-résection) d'autre part [43]. Deux modèles prenant en compte les paramètres de prédiction préopératoires (modèle 1) et peropératoires (modèle 2) ont donc été intégrés dans l'analyse multivariée, afin de ne pas méconnaître d'éventuels facteurs confondants aux mesures morphométriques vasculaires dans la prédiction du risque d'IHPO.

Notre étude a montré que les patients présentant une IHPO cliniquement pertinente (groupe [B-C]) avaient un rapport VPG/VSHM significativement plus élevé, avec un volume sus-hépatique restant (VolHr) significativement plus petit par rapport aux patients indemnes d'IHPO cliniquement pertinente (groupe [0-A]). Ceci semble suggérer l'importance de la balance entre *inflow* et *outflow* dans le futur foie restant. En effet, l'inadéquation entre l'*inflow* et l'*outflow* – et notamment un *outflow* significativement réduit par rapport à l'*inflow* – est un facteur de dysfonction hépatique, notamment en transplantation hépatique à donneur vivant[44]–[47] . La pression portale peut s'élever de façon excessive en cas de variations de pression veineuse hépatique majeures, par un mécanisme post-sinusoïdal, similaire à celui retrouvé dans le syndrome de Budd-Chiari [48]. Chez un donneur vivant, la congestion veineuse du segment 4 lorsque la veine hépatique médiane n'est pas prélevée empêche sa régénération et provoque son atrophie[29]. Sano *et al.* en 2000 ont démontré que le flux sanguin veineux hépatique pouvait régurgiter dans le système porte via les sinusoides en cas d'obstruction de la veine hépatique, entraînant

une augmentation de la pression portale [49] qui peut ainsi devenir délétère pour la régénération hépatique. La même équipe a d'ailleurs publié des critères de reconstruction de l'*outflow* sur le foie des donneurs pour diminuer le risque d'IHPO[44]. Finalement, les données de la littérature et de notre étude semblent démontrer l'importance de l'*outflow* par rapport à l'*inflow*, et suggèrent une évaluation morphométrique préopératoire du rapport *inflow / outflow* sur le futur foie restant après hépatectomie, dans le but de diminuer le risque d'IHPO.

2. Limitations de l'étude

L'une des premières limitations de cette étude est la taille de la cohorte étudiée (41 patients). La nécessité de réaliser plusieurs mesures incluant tous les aspects morphométriques vasculaires (diamètres, sections, volumes) a limité le nombre de patients inclus. Néanmoins, les résultats sont prometteurs concernant l'impact du rapport VPG/VHM et du VolHr dans la prédiction du risque d'IHPO, ce qui encourage à élargir ce travail sur une plus grande population en se focalisant sur ces deux paramètres. De plus, les mesures ont été réalisées par un même opérateur, en aveugle des suites opératoires, il est donc important d'inclure dans les travaux à venir plusieurs opérateurs afin de vérifier la reproductibilité des mesures et l'absence de biais de mesure.

La deuxième limitation est l'impossibilité d'inclure certains paramètres influençant le risque d'IHPO connus dans la littérature dans nos modèles multivariés du fait d'effectifs trop petits, malgré leur pertinence clinique : ainsi les mesures du Fibroscan réalisées chez 14 patients (34% des patients), les mesures de clairance du vert d'indocyanine réalisées chez 23 patients (56% des patients) et les mesures de gradient pré-résection réalisées chez 16 patients (39%) n'ont pas pu être intégrées dans l'analyse. En effet, seuls 4 patients présentaient des CHC sur foies cirrhotiques, ce qui explique le nombre faible de fibroscan réalisés. De plus, la mesure de la clairance en vert d'indocyanine n'était pas réalisée en pratique dans le centre de Clermont-Ferrand. La mesure de gradient pré-résection était réservée aux patients chez qui le chirurgien craignait la survenue d'IHPO, donc aux patients les plus graves. La mesure du gradient post-résection n'était interprétable qu'en cas de laparotomie du fait des artéfacts de pression dus au pneumopéritoine, et de la même façon, elle était surtout réalisée en cas de doute sur la

survenue d'IHPO chez les patients les plus graves. Ainsi le gradient post-résection n'a pas pu être inclus dans les paramètres peropératoires de l'analyse multivariée (modèle 2). Néanmoins, les autres facteurs peropératoires pris en compte (pertes sanguines, résections vasculaires, résections élargies, durée opératoire et durée de clampage) renseignent sur la complexité de la chirurgie et par conséquent sont intimement liés aux mesures de gradients chez les patients les plus graves.

3. Perspectives

Les résultats encourageants de cette étude suggèrent de l'évaluer sur une plus grande cohorte afin de valider l'utilisation des mesures morphométriques dans la prédiction du risque d'IHPO. Une étude statistique complémentaire pourrait comparer la sensibilité et la spécificité des mesures morphométriques par rapport à la volumétrie afin de vérifier si ces mesures sont plus fiables que la volumétrie elle-même. La conception d'un score de prédiction est également un des futurs objectifs de cette étude, en associant les facteurs morphométriques aux facteurs clinico-biologiques et relatives au foie et aux conditions peropératoires, afin d'améliorer l'évaluation du risque d'IHPO.

De plus, ces mesures peuvent être réalisées dans d'autres études, comme l'évaluation des paramètres morphométriques vasculaires avant et après embolisation portale (potentiel prédictif de la capacité régénérative du foie gauche), ou avant et après résection chirurgicale. Ceci pourrait ainsi constituer un outil prédictif intéressant dans l'évaluation du potentiel régénératif du foie.

V. Conclusion

L'IHPO est la première cause de mortalité après hépatectomies. La volumétrie est à l'heure actuelle le gold standard dans l'évaluation prédictive du risque d'IHPO. Plusieurs travaux récents suggèrent que la fonction du foie restant est plus pertinente que la volumétrie dans la prédiction du risque d'IHPO. Cette fonction étant intimement liée à l'hémodynamique hépatique, l'objectif de notre étude était d'évaluer le potentiel impact des caractéristiques morphométriques vasculaires dans la prédiction du risque d'IHPO.

Cette étude suggère que les mesures morphométriques vasculaires préopératoires sont plus prédictives du risque d'IHPO que la volumétrie hépatique standard. Le rapport entre l'inflow (VPG et VolPr) et l'outflow (VSH et VolHr respectivement) pourrait constituer un reflet d'une congestion excessive du foie restant entravant ses capacités de régénération. Ces paramètres pourraient donc constituer un complément intéressant dans la prédiction du risque d'IHPO après l'avoir validé sur une plus grande population.

VI. ANNEXES

1. Annexe 1

Tableau 1 : comparaison des caractéristiques cliniques, biologiques et relatives au foie entre les groupes sans IHPO cliniquement pertinente [0-A] et avec IHPO cliniquement pertinente [B-C]

Variables	Pas d'IHC (groupe 0-A) N=32	IHC (groupe B-C) N=9	Valeur de p
Caractéristiques cliniques			
Sexe			
Homme (%)	13 (40.63)	4 (44.44)	1.00
Femme (%)	19(59.38)	5 (55.56)	
Age (ans) médiane/IQr [min-max]	58.5 [49.5 ; 68.5] [20-78]	64 [58 ; 68] [50-75]	0.38
Age>60 ans (%)	14 (43.75)	6 (66.67)	0.28
Poids (kg) médiane/IQr [min-max]	69 [61 ; 77] [40-114]	70 [65 ; 77] [58-90]	0.71
IMC (kg/m2) médiane/IQr [min-max]	25 [22 ; 28] [16-35]	25 [24 ; 27] [20-34]	0.82
IMC>30 kg/m2 (%)	4 (12.5)	1 (11.11)	1.00
Diabète (%)	8 (25)	1 (11.11)	0.65
Cardiopathie/artériopathie (%)	6 (18.76)	2 (22.22)	0.58
Syndrome métabolique (%)	4 (12.5)	0 (0)	0.56
Prise d'ATC/AAP (%)	4 (12.5)	1 (11.11)	0.73
Score ASA			
ASA 1	6	0	0.57
ASA 2	17	6	
ASA 3	7	3	
ASA 4	2	0	
Caractéristiques relatives à la qualité du foie			
Fibroscan préopératoire(KPa) médiane/range	6.2 [5.6 ; 8.1]	28 [28 ; 28]	0.10
Taux de rétention- vert d'indocyanine (%) médiane/IQr [min-max]	8 [5.5 ; 11.8] [2-14.26]	9.43 [7.4 ; 11.57] [6.97 ; 12.11]	0.42
Cirrhose connue (%)	2 (6.25)	1 (11.11)	0.54
Indication (%)			
Métastase de CCR	12 (37.50)	2 (22.22)	0.22
Métastase de CNCR	1 (3.12)	1 (11.11)	
Cholangiocarcinome	6 (18.75)	5 (55.56)	
CHC	5 (15.63)	1 (11.11)	
THDV	4 (12.50)	0 (0)	
Autre	4 (12.50)	0 (0)	
Chimiothérapie (%)			
OXALIPLATINE	12 (37.5)	3 (33.33)	1.00
IRINOTECAN	7 (21.88)	4 (44.44)	0.22
Degré de fibrose/anapath (%)			
F0	14 (43.75)	4 (44.44)	0.74
F1	10 (31.25)	4 (44.44)	

F2	5 (15.63)	0	
F3	1 (3.13)	0	
F4	2 (6.25)	1 (11.11)	
% de stéatose/anapath médiane/IQr	5 [0 ; 10]	2.5 [0 ; 15]	0.92
Présence Stéatohépatite/anapath (%)	15 (57.69)	3 (50)	1.00
Embolisation préalable (%)	7 (21.88)	8 (88.89)	0.001
Portale droite (%)	5 (15.63)	5 (55.56)	
Portale droite+ VSH droite (%)	2 (6.25)	3 (33.33)	
Les caractéristiques biologiques			
INR préop médiane/IQr	1.07 [1 ; 1.21]	1 [1 ; 1.09]	0.34
Bilirubine totale préop	8.5 [6 ; 10]	9 [6 ; 12]	0.74
Bilirubine totale-j5	18.5 [13 ; 27]	34 [21 ; 58]	0.07
TP-j5	71.5 [63-84]	61 [51 ; 70]	0.10
TP-j5<50 (%)	0	2(22.22)	0.04
Bilirubine totale-j5>50 (%)	2 (6.25)	3 (33.33)	0.06
Critère Balzan 50-50	0	2 (22.22)	0.04
Plaquettes-j5 (G/L) médiane/IQr	249 [183 ; 282]	210 [152 ; 232]	0.09
Urée-j5 médiane/range	2.75 [1.7 ; 3.6]	5.5 [2.4 ; 6.3]	0.02
Créatininémie-j5 médiane/IQr	53 [46 ; 59.5]	50 [48 ; 60]	0.79
ASAT médiane/ IQr	63.5 [49.5 ; 94]	72 [53 ; 80]	1.00
ALAT médiane/ IQr	141 [84.5 ; 175]	103 [67 ; 158]	0.30
ASAT/plaquette=ARPI	0.29 [0.21 ; 0.43]	0.33 [0.34 ; 0.42]	0.41

2. Annexe 2

Tableau 2 : comparaison des caractéristiques peropératoires entre les groupes sans IHPO cliniquement pertinente [0-A] et avec IHPO cliniquement pertinente [B-C]

Variables	Pas d'IHC (groupe 0-A) N=32	IHC (groupe B-C) N=9	Valeur de p
Les caractéristiques peropératoires			
Durée d'intervention (min)	346 [270-517]	496 [450-547]	0.03
Transfusion (%)	4 (12.5)	6 (66.7)	<0.001
Nombre de culots globulaire médiane/ IQR	0	2 [0 ;4]	<0.001
Pertes sanguines (ml) Médiane/ IQR	700 [300 ; 1000]	1400 [800 ; 2000]	0.06
Rehépatectomie (%)	6 (18.75)	0	0.3
Voie d'abord (%)			
Coelioscopie	5 (15.63)	0	0.34
Laparotomie	23 (71.88)	9 (100)	
Coelioscopie convertie	4 (12.5)	0	
Résection du segment IV (%)	7 (21.88)	8 (88.89)	<0.001
Résection du segment I (%)	5 (15.63)	5 (55.56)	0.03
Geste associé sur le foie restant (%)	2 (6.25)	0	1
Résection-Anastomose VPG (%)	2 (6.25)	4 (44.44)	0.02
Résection-Anastomose VSHG (%)	0	1 (11.11)	0.19
Résection VCI (%)	1 (3.13)	2 (22.22)	0.12
Anastomose biliodigestive (%)	3 (9.38)	5 (55.56)	0.01
Nombre de clampages pédiculaires médiane/ IQR	1.5 [0 ; 3.5]	3 [1 ; 4]	0.13
Durée cumulée du clampage (min) médiane/ IQR	26 [0 ; 49]	40 [35 ; 75]	0.05
Pression Cave pré- résection (mmHg) médiane/ IQR	7 [5 ; 11]	6.5 [3 ; 10]	0.76
Pression Cave post-résection (mmHg) médiane/IQR	7 [6.5 ; 11]	3.5 [3 ; 8.5]	0.17
Pression Porte pré-résection (mmHg) médiane/ IQR	10 [6 ; 12]	10 [9 ; 11]	0.88
Pression Porte post-résection (mmHg) Médiane/ IQR	11.5 [9 ; 15.5]	16 [15 ; 21]	0.02
Gradient porto-cave pré-résection	4 [3 ; 4]	1 [1 ; 1]	0.09
Gradient porto-cave post-résection	5.5 [3.5 ; 7]	12 [11 ; 16]	<0.001
Technique ALPSS (%)	1(3.13)	0	1
Geste de traitement d'HTP (%)	0	2 (22.22)	0.04
Gradient porto-cave post-traitement HTP médiane/ IQR	6 [4 ; 7]	11 [8 ; 12]	0.02
Poids de la pièce opératoire(g) médiane/ IQR	733 [541 ; 924]	915 [849 ; 1061]	0.06

3. Annexe 3

Tableau 3 : Comparaison des caractéristiques morphométriques entre les groupes sans IHPO cliniquement pertinente [0-A] et avec IHPO cliniquement pertinente [B-C] : analyse univariée

Variables	Pas d'IHC (groupe 0-A) N=32	IHC (groupe B-C) N=9	Valeur de p
Caractéristiques morphométriques			
I-Mesures de volumétries foie + rate			
Volume foie total : VFT (mm ³)	1385.5	1528	0.34
Volume foie réséqué (mm ³)	740	1003	0.07
Volume foie restant : VFr (mm ³)	520	525	0.47
VFT/ IMC	53.64	63.9	0.45
VFr/ IMC	21.73	19.73	0.3
VFr/VFT	0.38 [0.33 ; 0.47]	0.34 [0.27 ; 0.36]	0.06
VFT/ poids (%) médiane/ IQR	1.8 [1.7 ; 2.3]	2.1 [1.9 ; 2.4]	0.51
VFr /poids (%) médiane/ IQR	0.7 [0.6 ; 1]	0.7 [0.6 ; 0.8]	0.28
Volume rate (mm ³)	195.5 [145 ; 236]	181 [148 ; 315]	0.83
Volume rate/ VFT	0.13 [0.1 ; 0.17]	0.12 [0.11 ; 0.15]	0.87
Volume rate/VFr	0.34 [0.25 ; 0.5]	0.42 [0.28 ; 0.67]	0.28
II-Mesures de volumétries vasculaires (mm³)			
Volume portal Total : VolPt	14.4 [10.4 ; 20.54]	13.5 [12.94 ; 16]	0.95
Volume sus-hépatique Total : VolHt	28.4 [22.5 ; 34.3]	15 [13.3 ; 17.67]	0.006
Volume portal-foie restant : VolPr	8.74 [6.15 ; 11.5]	7 [7 ; 10]	0.9
Volume sus-hépatique-foie restant : VolHr	14 [11.5 ; 17.63]	9 [5.6 ; 10]	0.005
Rapport VolPt/VolHt	0.49 [0.35 ; 0.87]	1.1 [0.55 ; 1.26]	0.03
Rapport VolPr/VolHr	0.64 [0.36 ; 0.93]	1.55 [0.58 ; 2]	0.04
Rapport VolPr/VolPt	0.55 [0.44 ; 0.7]	0.54 [0.51 ; 0.68]	0.86
Rapport Volume vasc total/ VFT	0.03 [0.02 ; 0.04]	0.02 [0.02 ; 0.03]	0.05
Rapport Volume vasc restant/ VFr	0.04 [0.03 ; 0.05]	0.03 [0.03 ; 0.04]	0.29
III- Mesures de densités au scanner (UH)			
Densité rate	130.5 [115.5 ; 142.5]	126 [114 ; 133]	0.91
Rapport densité rate/ paravertébraux	2.01 [1.94 ; 2.36]	2.33 [2.02 ; 2.64]	0.11
Rapport densité foie/ paravertébraux	1.91 [1.79 ; 2.17]	2.06 [1.83 ; 2.36]	0.59
IV-Mesures de diamètres (mm)			
Diamètre VSHG	7 [6 ; 8.9]	7 [6 ; 8]	0.77
Diamètre VSHM	6.8 [6.3 ; 8]	5.8 [4.9 ; 6.5]	0.06
Diamètre TC	11.2 [10 ; 12.9]	12 [8 ; 13.5]	0.4
Diamètre VPG	9.55 [8.75 ; 10.9]	11.4 [10 ; 12.5]	0.02
Diamètre VP	12.4 [11.3 ; 14.65]	13.3 [12.2 ; 15.5]	0.29
Diamètre veine splénique	8.9 [7.5 ; 10]	7.8 [7.6 ; 8.3]	0.2
Rapport VPG/VSHM	1.36 [1.15 ; 1.51]	1.8 [1.74 ; 2.16]	0.001
Rapport VPG/VSHG	1.37 [1.14 ; 1.58]	1.83 [1.63 ; 1.96]	0.05
Rapport VPG /TC	0.86 [0.75 ; 1]	1 [0.95 ; 1.36]	0.1
Rapport veine splénique/VP	0.66 [0.58 ; 0.78]	0.58 [0.5 ; 0.62]	0.06

Rapport VPG/VP	0.77 [0.68 ; 0.86]	0.79 [0.77 ; 0.94]	0.15
Rapport VSHG/TC	0.71 [0.54 ; 0.86]	0.67 [0.54 ; 0.75]	0.68
Rapport VSHM/TC	0.68 [0.6 ; 0.78]	0.6 [0.31 ; 0.73]	0.19
Rapport TC/poids corporel	0.16 [0.14 ; 0.19]	0.16 [0.12 ; 0.2]	0.91
Rapport VSHG/poids corporel	0.08 [0.04 ; 0.1]	0.08 [0.03 ; 0.09]	0.69
Rapport VSHM/poids corporel	0.1 [0.08 ; 0.13]	0.08 [0.07 ; 0.1]	0.05
Rapport VPG/poids corporel	0.14 [0.12 ; 0.16]	0.15 [0.14 ; 0.19]	0.13
Rapport VP/poids corporel	0.18 [0.16 ; 0.2]	0.2 [0.19 ; 0.21]	0.34
Rapport veine splénique/ poids	0.12 [0.1 ; 0.15]	0.11 [0.1 ; 0.11]	0.19
Rapport TC/VFT	0.008	0.008	0.96
Rapport VSHG/VFT	0.005	0.005	0.71
Rapport VSHM/VFT	0.005	0.004	0.09
Rapport VPG /VFT	0.007	0.008	0.31
Rapport VP/VFT	0.009	0.1	0.95
Rapport veine splénique/ VFT	0.006	0.005	0.06
Rapport TC/VFr	0.21	0.23	0.43
Rapport VSHG/VFr	0.12	0.13	0.57
Rapport VSHM/VFr	0.013	0.013	0.98
Rapport VPG/VFr	0.018	0.024	0.02
Rapport VP/VFr	0.023	0.027	0.15
Rapport veine splénique/VFr	0.015	0.015	0.7
V- Mesures de sections de vaisseaux (mm2)			
Section VPG : s-VPG	71.6 [60.1 ; 93.27]	102 [78.5 ; 122.66]	0.02
Section VP : s-VP	120.71 [100.23 ; 168.53]	138.86 [113.84 ; 188.6]	0.29
Rapport s-VPG / s-VP	0.63 [0.5 ; 0.7]	0.59 [0.51 ; 0.82]	0.77

VP : veine porte, VSHG : veine sus-hépatique gauche, VSHM, veine sus-hépatique médiane, TC : tronc commun, VPG : veine porte gauche, s-VPG : section VPG, s-VP : section VP, VFT : volume Foie total, VFr : Volume Foie restant, VolHr : volume sus-hépatique restant, VolHt : volume sus-hépatique total, VolPr : volume portal restant, VolPt : volume portal total.

4. Annexe 4 :

Tableau 4 : Comparaison des caractéristiques morphométriques entre les groupes sans IHPO cliniquement pertinente [0-A] et avec IHPO cliniquement pertinente [B-C] : Analyses univariée et multivariées en prenant en compte les variables préopératoires (modèle 1) et peropératoires (modèle 2)

Variables	Pas d'IHC (groupe 0-A) N=32	IHC (groupe B-C) N=9	Analyse univariée	Analyse multivariée	
			Valeur de p	Modèle 1 (ASA-VFr/VFT)	Modèle 2 (Pertes sanguines-durée clampage-Résection vasculaire-résection élargie)
Caractéristiques morphométriques					
<i>I-Mesures de volumétries foie + rate (mm3)</i>					
Volume foie total : VFT (mm3)	1385.5	1528	0.34		
Volume foie réséqué (mm3)	740	1003	0.07	0.79	0.57
Volume foie restant : VFr (mm3)	520	525	0.47		
VFT/ IMC	53.64	63.9	0.45		
VFr/ IMC	21.73	19.73	0.3		
VFr/VFT	0.38 [0.33 ; 0.47]	0.34 [0.27 ; 0.36]	0.06		
VFT/ poids (%) médiane/IQr	1.8 [1.7 ; 2.3]	2.1 [1.9 ; 2.4]	0.51		
VFr /poids (%) médiane/ IQr	0.7 [0.6 ; 1]	0.7 [0.6 ; 0.8]	0.28		
Volume rate (mm3)	195.5 [145 ; 236]	181 [148 ; 315]	0.83		
Volume rate/ VFT	0.13 [0.1 ; 0.17]	0.12 [0.11 ; 0.15]	0.87		
Volume rate/VFr	0.34 [0.25 ; 0.5]	0.42 [0.28 ; 0.67]	0.28		
<i>II-Mesures de volumétries vasculaires (mm3)</i>					
Volume portal Total : VolPt	14.4 [10.4 ; 20.54]	13.5 [12.94 ; 16]	0.95		
Volume sus-hépatique Total : VolHt	28.4 [22.5 ; 34.3]	15 [13.3 ; 17.67]	0.006	0.03	0.05
Volume portal-foie restant : VolPr	8.74 [6.15 ; 11.5]	7 [7 ; 10]	0.9		

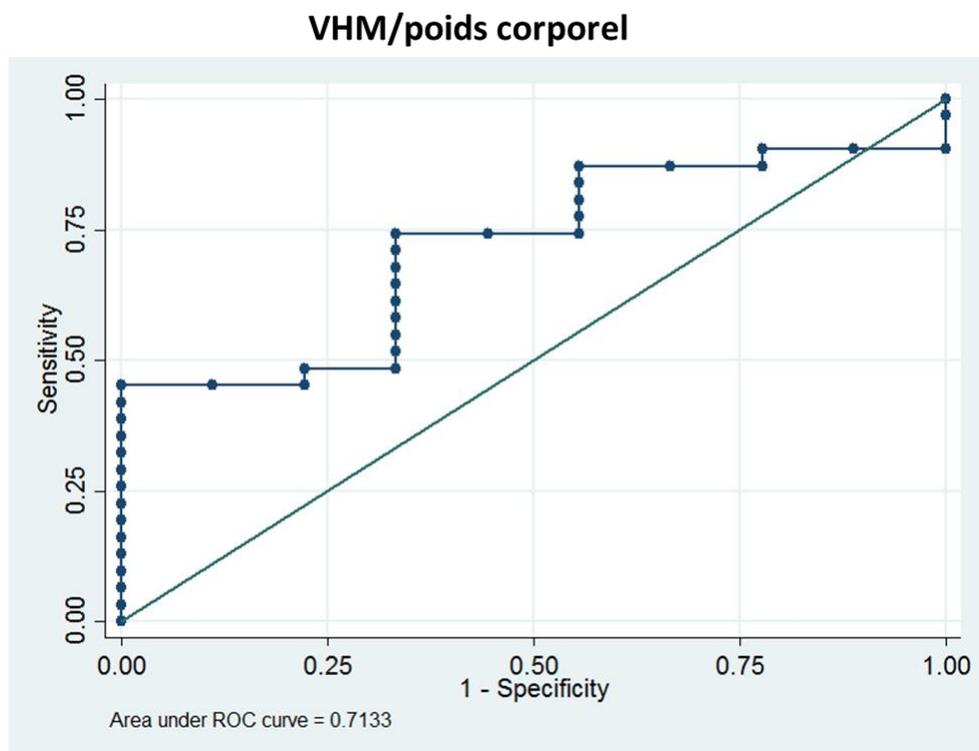
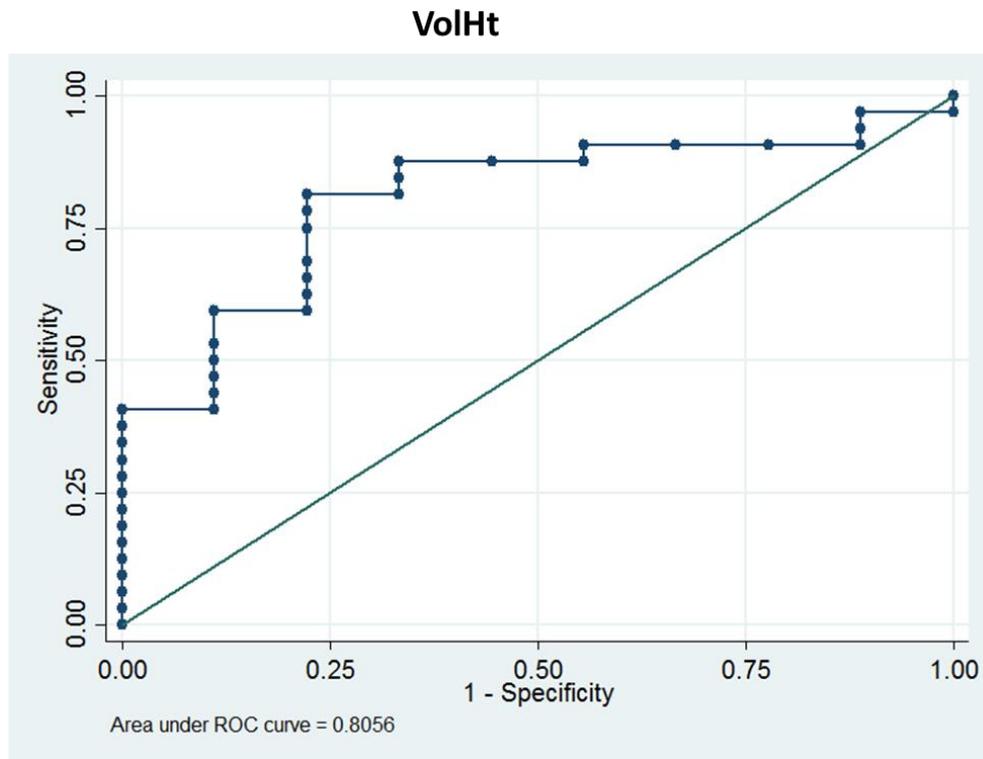
Volume sus-hépatique-foie res- tant : VolHr	14 [11.5 ; 17.63]	9 [5.6 ; 10]	0.005	0.03	0.08
Rapport VolPt/VolHt	0.49 [0.35 ; 0.87]	1.1 [0.55 ; 1.26]	0.03	0.1	0.08
Rapport VolPr/VolHr	0.64 [0.36 ; 0.93]	1.55 [0.58 ; 2]	0.04	0.09	0.08
Rapport VolPr/VolPt	0.55 [0.44 ; 0.7]	0.54 [0.51 ; 0.68]	0.86		
Rapport Volume vasc total/ VFT	0.03 [0.02 ; 0.04]	0.02 [0.02 ; 0.03]	0.05	0.09	0.16
Rapport Volume vasc restant/ VFr	0.04 [0.03 ; 0.05]	0.03 [0.03 ; 0.04]	0.29		
III- Mesures de densités au scanner (UH)					
Densité rate	130.5 [115.5 ; 142.5]	126 [114 ; 133]	0.91		
Rapport densité rate/ paraverté- braux	2.01 [1.94 ; 2.36]	2.33 [2.02 ; 2.64]	0.11	0.1	0.23
Rapport densité foie/ paraverté- braux	1.91 [1.79 ; 2.17]	2.06 [1.83 ; 2.36]	0.59		
IV-Mesures de diamètres (mm)					
Diamètre VSHG	7 [6 ; 8.9]	7 [6 ; 8]	0.77		
Diamètre VSHM	6.8 [6.3 ; 8]	5.8 [4.9 ; 6.5]	0.06	0.17	0.12
Diamètre TC	11.2 [10 ; 12.9]	12 [8 ; 13.5]	0.4		
Diamètre VPG	9.55 [8.75 ; 10.9]	11.4 [10 ; 12.5]	0.016	0.01	0.13
Diamètre VP	12.4 [11.3 ; 14.65]	13.3 [12.2 ; 15.5]	0.29		
Diamètre veine splénique	8.9 [7.5 ; 10]	7.8 [7.6 ; 8.3]	0.2	0.39	0.95
Rapport VPG/VSHM	1.36 [1.15 ; 1.51]	1.8 [1.74 ; 2.16]	0.001	0.01	0.03
Rapport VPG/VSHG	1.37 [1.14 ; 1.58]	1.83 [1.63 ; 1.96]	0.05	0.113	0.088
Rapport VPG /TC	0.86 [0.75 ; 1]	1 [0.95 ; 1.36]	0.1		
Rapport veine splénique/VP	0.66 [0.58 ; 0.78]	0.58 [0.5 ; 0.62]	0.06	0.12	0.72
Rapport VPG/VP	0.77 [0.68 ; 0.86]	0.79 [0.77 ; 0.94]	0.15	0.09	0.3
Rapport VSHG/TC	0.71 [0.54 ; 0.86]	0.67 [0.54 ; 0.75]	0.68		
Rapport VSHM/TC	0.68 [0.6 ; 0.78]	0.6 [0.31 ; 0.73]	0.19	0.15	0.15
Rapport TC/poids corporel	0.16 [0.14 ; 0.19]	0.16 [0.12 ; 0.2]	0.91		
Rapport VSHG/poids corporel	0.08 [0.04 ; 0.1]	0.08 [0.03 ; 0.09]	0.69		
Rapport VSHM/poids corporel	0.1 [0.08 ; 0.13]	0.08 [0.07 ; 0.1]	0.05	0.08	0.04
Rapport VPG/poids corporel	0.14 [0.12 ; 0.16]	0.15 [0.14 ; 0.19]	0.13	0.16	0.76
Rapport VP/poids corporel	0.18 [0.16 ; 0.2]	0.2 [0.19 ; 0.21]	0.34		

Rapport veine splénique/ poids corporel	0.12 [0.1 ; 0.15]	0.11 [0.1 ; 0.11]	0.19	0.23	0.39
Rapport TC/VFT	0.008	0.008	0.96		
Rapport VSHG/VFT	0.005	0.005	0.71		
Rapport VSHM/VFT	0.005	0.004	0.09	0.25	0.13
Rapport VPG /VFT	0.007	0.008	0.31		
Rapport VP/VFT	0.009	0.1	0.95		
Rapport veine splénique/ VFT	0.006	0.005	0.06	0.41	0.55
Rapport TC/VFr	0.21	0.23	0.43		
Rapport VSHG/VFr	0.12	0.13	0.57		
Rapport VSHM/VFr	0.013	0.013	0.98		
Rapport VPG/VFr	0.018	0.024	0.02	0.07	0.16
Rapport VP/VFr	0.023	0.027	0.15	0.38	0.31
Rapport veine splénique/VFr	0.015	0.015	0.7		
V- Mesures de sections de vaisseaux (mm²)					
Section VPG : s-VPG	71.6 [60.1 ; 93.27]	102 [78.5 ; 122.66]	0.02	0.01	0.13
Section VP : s-VP	120.71 [100.23 ; 168.53]	138.86 [113.84 ; 188.6]	0.29		
Rapport s-VPG / s-VP	0.63 [0.5 ; 0.7]	0.59 [0.51 ; 0.82]	0.77		

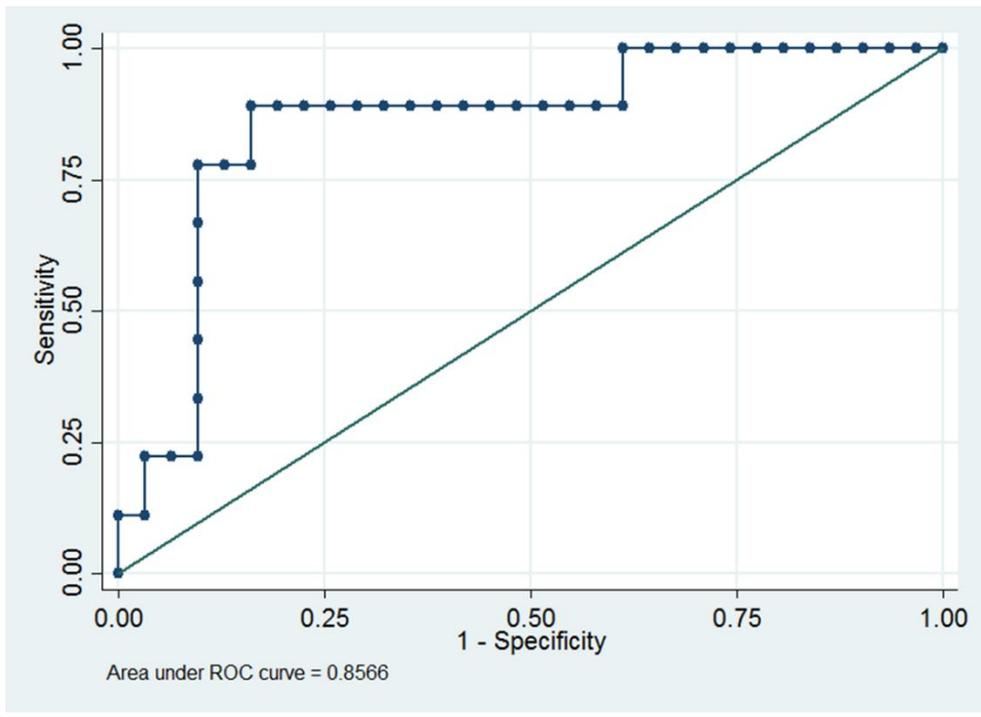
VP : veine porte, VSHG : veine sus-hépatique gauche, VSHM, veine sus-hépatique médiane, TC : tronc commun, VPG : veine porte gauche, s-VPG : section VPG, s-VP : section VP, VFT : volume Foie total, VFr : Volume Foie restant, VolHr : volume sus-hépatique restant, VolHt : volume sus-hépatique total, VolPr : volume portal restant, VolPt : volume portal total.

5. Annexe 5 :

Figure 11 : Courbes ROC des variables VolHt, VHM/poids corporel et VPG/VHM après ajustement sur les caractéristiques peropératoires (modèle 2).



VPG/VHM



6. Annexe 6 :

Tableau 5 : Comparaison des complications post-opératoires entre les groupes sans IHPO cliniquement pertinente [0-A] et avec IHPO cliniquement pertinente [B-C].

Variables	Pas d'IHC (groupe 0-A) N=32	IHC (groupe B-C) N=9	Valeur de p
Complications postopératoires			
Hémorragie postopératoire	3 (9.4)	1 (11.11)	1.00
Fistule biliaire	3 (9.4)	0	1.00
Thrombose portale	0	2 (22.22)	0.04
Thrombose veine sus-hépatique	1 (3.13)	0	1.00
Angiocholite	1 (3.13)	0	1.00
Collection intra-abdominale	7 (21.88)	3 (33.33)	0.72
Ascite post-opératoire	1 (3.13)	9 (100)	<0.001
Encéphalopathie	0	3 (33.33)	0.008
Ictère	2 (6.25)	2 (22.22)	0.2
ACFA	1 (3.13)	1 (11.11)	0.4
Pneumopathie	1 (3.13)	1 (11.11)	0.4
Embolie pulmonaire	1 (3.13)	0	1.00
Vomissements	1 (3.13)	1 (11.11)	1.00
Iléus post-opératoire	3 (9.4)	2 (22.22)	0.3
Sepsis	6 (18.75)	2 (22.22)	1.00
Insuffisance rénale	0	1 (11.11)	0.22
Atélectasie	9 (28.13)	4 (44.44)	0.4
Classification selon Clavien			
Clavien I	20 (62.5)	1 (11.11)	0.002
Clavien II	7 (21.88)	4 (44.44)	
Clavien III	3 (9.4)	0	
Clavien IV	2 (6.25)	3 (33.33)	
Clavien V	0	3 (33.33)	

Références bibliographiques :

- [1] O. Farges, N. Goutte, N. Bendersky, B. Falissard, et ACHBT-French Hepatectomy Study Group, « Incidence and risks of liver resection: an all-inclusive French nationwide study », *Ann. Surg.*, vol. 256, n° 5, p. 697-704; discussion 704-705, nov. 2012.
- [2] M. Cescon *et al.*, « Trends in perioperative outcome after hepatic resection: analysis of 1500 consecutive unselected cases over 20 years », *Ann. Surg.*, vol. 249, n° 6, p. 995-1002, juin 2009.
- [3] C. Goumard *et al.*, « Mise au point sur les hépatectomies par laparoscopie : état des lieux de l'ACHBT », *J. Chir. Viscérale*, vol. 152, n° 2, p. 107-113, avr. 2015.
- [4] G. Torzilli *et al.*, « Surgery of Colorectal Liver Metastases: Pushing the Limits », *Liver Cancer*, vol. 6, n° 1, p. 80-89, nov. 2016.
- [5] E. Vibert *et al.*, « Actual incidence and long-term consequences of posthepatectomy liver failure after hepatectomy for colorectal liver metastases », *Surgery*, vol. 155, n° 1, p. 94-105, janv. 2014.
- [6] « Survival after liver resection for secondary tumors. - PubMed - NCBI ». [En ligne]. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Survival+after+liver+resection+for+secondary+tumors>. [Consulté le: 23-janv-2019].
- [7] S. Ray, N. N. Mehta, A. Golhar, et S. Nundy, « Post hepatectomy liver failure - A comprehensive review of current concepts and controversies », *Ann. Med. Surg.* 2012, vol. 34, p. 4-10, oct. 2018.
- [8] N. Fausto, « Liver regeneration », *J. Hepatol.*, vol. 32, n° 1 Suppl, p. 19-31, 2000.
- [9] P. O. Bucur *et al.*, « Modulating Portal Hemodynamics With Vascular Ring Allows Efficient Regeneration After Partial Hepatectomy in a Porcine Model », *Ann. Surg.*, vol. 268, n° 1, p. 134-142, 2018.
- [10] T. Torii, M. Miyazawa, et I. Koyama, « Effect of continuous application of shear stress on liver tissue: continuous application of appropriate shear stress has advantage in protection of liver tissue », *Transplant. Proc.*, vol. 37, n° 10, p. 4575-4578, déc. 2005.
- [11] T. Kiuchi *et al.*, « Impact of graft size mismatching on graft prognosis in liver transplantation from living donors », *Transplantation*, vol. 67, n° 2, p. 321-327, janv. 1999.
- [12] O. N. Tucker et N. Heaton, « The "small for size" liver syndrome », *Curr. Opin. Crit. Care*, vol. 11, n° 2, p. 150-155, avr. 2005.
- [13] J.-N. Vauthey et D. E. Abbott, « Commentary on "Feasibility study of two-stage hepatectomy for bilobar liver metastases" », *Am. J. Surg.*, vol. 203, n° 6, p. 698-699, juin 2012.
- [14] « Major hepatic resection: from volumetry to liver scintigraphy. - PubMed - NCBI ». [En ligne]. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Major+hepatic+133+resection%3A+from+volumetry+to+liver+scintigraphy>. [Consulté le: 22-mars-2019].
- [15] J. N. Vauthey *et al.*, « Standardized measurement of the future liver remnant prior to extended liver resection: methodology and clinical associations », *Surgery*, vol. 127, n° 5, p. 512-519, mai 2000.
- [16] J.-N. Vauthey *et al.*, « Body surface area and body weight predict total liver volume in Western adults », *Liver Transplant. Off. Publ. Am. Assoc. Study Liver Dis. Int. Liver Transplant. Soc.*, vol. 8, n° 3, p. 233-240, mars 2002.
- [17] S. Truant *et al.*, « Remnant liver volume to body weight ratio > or =0.5%: A new cut-off to estimate postoperative risks after extended resection in noncirrhotic liver », *J. Am. Coll. Surg.*, vol. 204, n° 1, p. 22-33, janv. 2007.
- [18] T. Yoshizumi *et al.*, « Estimation of standard liver volume for Japanese adults », *Transplant. Proc.*, vol. 40, n° 5, p. 1456-1460, juin 2008.
- [19] M. Jara *et al.*, « Reductions in post-hepatectomy liver failure and related mortality after implementation of the LiMAx algorithm in preoperative work-up: a single-centre analysis of 1170 hepatectomies of one or more segments », *HPB*, vol. 17, n° 7, p. 651-658, juill. 2015.

- [20] Y. Mizutani *et al.*, « Prediction of Posthepatectomy Liver Failure Proposed by the International Study Group of Liver Surgery: Residual Liver Function Estimation With ^{99m}Tc-Galactosyl Human Serum Albumin Scintigraphy », *Clin. Nucl. Med.*, vol. 43, n° 2, p. 77-81, févr. 2018.
- [21] K. P. van Lienden *et al.*, « Portal vein embolization before liver resection: a systematic review », *Cardiovasc. Intervent. Radiol.*, vol. 36, n° 1, p. 25-34, févr. 2013.
- [22] B. Le Roy *et al.*, « Combined Preoperative Portal and Hepatic Vein Embolization (Biembolization) to Improve Liver Regeneration Before Major Liver Resection: A Preliminary Report », *World J. Surg.*, vol. 41, n° 7, p. 1848-1856, 2017.
- [23] X. L. Zhang, W. J. Wang, W. J. Wang, et N. Cao, « Effectiveness and safety of controlled venous pressure in liver surgery: a systematic review and network meta-analysis », *BioMed Res. Int.*, vol. 2015, p. 290234, 2015.
- [24] M. Lesurtel, K. Lehmann, O. de Rougemont, et P.-A. Clavien, « Clamping techniques and protecting strategies in liver surgery », *HPB*, vol. 11, n° 4, p. 290-295, juin 2009.
- [25] R. Ciria, D. Cherqui, D. A. Geller, J. Briceno, et G. Wakabayashi, « Comparative Short-term Benefits of Laparoscopic Liver Resection: 9000 Cases and Climbing », *Ann. Surg.*, vol. 263, n° 4, p. 761-777, avr. 2016.
- [26] V. Agarwal et J. V. Divatia, « Enhanced recovery after surgery in liver resection: current concepts and controversies », *Korean J. Anesthesiol.*, vol. 72, n° 2, p. 119-129, avr. 2019.
- [27] S. Virani *et al.*, « Morbidity and mortality after liver resection: results of the patient safety in surgery study », *J. Am. Coll. Surg.*, vol. 204, n° 6, p. 1284-1292, juin 2007.
- [28] F. Bagante *et al.*, « Complications after liver surgery: a benchmark analysis », *HPB*, vol. 0, n° 0, févr. 2019.
- [29] O. Scatton, M. Plasse, F. Dondero, V. Vilgrain, A. Sauvanet, et J. Belghiti, « Impact of localized congestion related to venous deprivation after hepatectomy », *Surgery*, vol. 143, n° 4, p. 483-489, avr. 2008.
- [30] S. Balzan *et al.*, « The “50-50 criteria” on postoperative day 5: an accurate predictor of liver failure and death after hepatectomy », *Ann. Surg.*, vol. 242, n° 6, p. 824-828, discussion 828-829, déc. 2005.
- [31] J. T. Mullen *et al.*, « Hepatic insufficiency and mortality in 1,059 noncirrhotic patients undergoing major hepatectomy », *J. Am. Coll. Surg.*, vol. 204, n° 5, p. 854-862; discussion 862-864, mai 2007.
- [32] C. Skrzypczyk *et al.*, « Relevance of the ISGLS definition of posthepatectomy liver failure in early prediction of poor outcome after liver resection: study on 680 hepatectomies », *Ann. Surg.*, vol. 260, n° 5, p. 865-870; discussion 870, nov. 2014.
- [33] N. N. Rahbari *et al.*, « Posthepatectomy liver failure: a definition and grading by the International Study Group of Liver Surgery (ISGLS) », *Surgery*, vol. 149, n° 5, p. 713-724, mai 2011.
- [34] Z.-G. Du, Y.-G. Wei, K.-F. Chen, et B. Li, « An accurate predictor of liver failure and death after hepatectomy: a single institution’s experience with 478 consecutive cases », *World J. Gastroenterol.*, vol. 20, n° 1, p. 274-281, janv. 2014.
- [35] H. J. Kim *et al.*, « Volumetric analysis and indocyanine green retention rate at 15 min as predictors of post-hepatectomy liver failure », *HPB*, vol. 17, n° 2, p. 159-167, févr. 2015.
- [36] G. Garcea, S. L. Ong, et G. J. Maddern, « Predicting liver failure following major hepatectomy », *Dig. Liver Dis. Off. J. Ital. Soc. Gastroenterol. Ital. Assoc. Study Liver*, vol. 41, n° 11, p. 798-806, nov. 2009.
- [37] I. Capobianco, J. Strohäker, A. Della Penna, S. Nadalin, et A. Königsrainer, « [Preconditioning of the liver] », *Chir. Z. Alle Geb. Oper. Medizin*, vol. 90, n° 7, p. 542-547, juill. 2019.
- [38] F.-P. Zhong, Y.-J. Zhang, Y. Liu, et S.-B. Zou, « Prognostic impact of surgical margin in patients with hepatocellular carcinoma: A meta-analysis », *Medicine (Baltimore)*, vol. 96, n° 37, p. e8043, sept. 2017.
- [39] T. Igami *et al.*, « Surgical treatment of hilar cholangiocarcinoma in the “new era”: the Nagoya University experience », *J. Hepato-Biliary-Pancreat. Sci.*, vol. 17, n° 4, p. 449-454, juill. 2010.

- [40] W.-J. Kim *et al.*, « Development and validation of novel scoring system for the prediction of disease recurrence following resection of colorectal liver metastasis », *Asian J. Surg.*, août 2019.
- [41] E. C. Lee *et al.*, « Risk prediction of post-hepatectomy liver failure in patients with perihilar cholangiocarcinoma », *J. Gastroenterol. Hepatol.*, vol. 33, n° 4, p. 958-965, avr. 2018.
- [42] K. M. Chin *et al.*, « Predictors of post-hepatectomy liver failure in patients undergoing extensive liver resections for hepatocellular carcinoma », *Ann. Hepato-Biliary-Pancreat. Surg.*, vol. 22, n° 3, p. 185-196, août 2018.
- [43] S. Ray, N. N. Mehta, A. Golhar, et S. Nundy, « Post hepatectomy liver failure - A comprehensive review of current concepts and controversies », *Ann. Med. Surg. 2012*, vol. 34, p. 4-10, oct. 2018.
- [44] K. Sano *et al.*, « Evaluation of hepatic venous congestion: proposed indication criteria for hepatic vein reconstruction », *Ann. Surg.*, vol. 236, n° 2, p. 241-247, août 2002.
- [45] J. C. Emond, T. G. Heffron, P. F. Whittington, et C. E. Broelsch, « Reconstruction of the hepatic vein in reduced size hepatic transplantation », *Surg. Gynecol. Obstet.*, vol. 176, n° 1, p. 11-17, janv. 1993.
- [46] H. Oya *et al.*, « Surgical procedures for decompression of excessive shear stress in small-for-size living donor liver transplantation--new hepatic vein reconstruction », *Transplant. Proc.*, vol. 37, n° 2, p. 1108-1111, mars 2005.
- [47] V. A. Kirchner *et al.*, « Resolution of Hepatic Venous Congestion Following Gradual Occlusion of Middle Hepatic Vein Interposition Graft in Living Donor Liver Transplantation », *Ann. Transplant.*, vol. 21, p. 619-625, oct. 2016.
- [48] B. Le Roy, A. Dupré, A. Gallon, P. Chabrot, J. Gagnière, et E. Buc, « Liver hypertrophy: Underlying mechanisms and promoting procedures before major hepatectomy », *J. Visc. Surg.*, vol. 155, n° 5, p. 393-401, oct. 2018.
- [49] K. Sano, M. Makuuchi, T. Takayama, Y. Sugawara, H. Imamura, et H. Kawarasaki, « Technical dilemma in living-donor or split-liver transplant », *Hepatogastroenterology.*, vol. 47, n° 35, p. 1208-1209, oct. 2000.

RESUME DE LA THESE

Contexte: La chirurgie hépatique est le seul traitement curatif de la plupart des tumeurs du foie et des voies biliaires, primitives ou secondaires. C'est une chirurgie lourde, nécessitant des résections complexes et étendues, itératives et souvent sur foie pathologique (cirrhose ou polychimiothérapie). La principale cause de décès est le risque d'insuffisance hépatique post-opératoire (IHPO) liée à une insuffisance de parenchyme restant. Plusieurs scores prédictifs ont été proposés afin d'estimer le risque d'IHPO dans des pathologies précises (CHC sur cirrhose, cholangiocarcinome) mais aucun n'est assez sensible et spécifique pour être utilisé en pratique. L'objectif de ce travail est d'étudier l'éventuelle influence de différents paramètres morphométriques hépatiques réalisés sur des scanners préopératoires dans la prédiction du risque d'IHPO, quelle que soit l'indication chirurgicale.

Matériels et méthodes: Quarante et un patients opérés d'une hépatectomie droite +/- élargie ont été inclus à partir des bases de données du centre hépatobiliaire Paul Brousse (28 patients) et du CHU Estaing de Clermont-Ferrand (13 patients) entre janvier 2016 et mars 2017. Les volumétries hépatiques et spléniques, ainsi que les mesures de volumes vasculaires (portal total, portal restant, sus-hépatique total, sus-hépatique restant), de diamètres vasculaires (diamètre de la veine porte gauche VPG, du tronc porte, des veines sus-hépatiques médiane VSHM et gauche VSHG et de leur tronc commun, et de la veine splénique, rapportés au poids, à l'IMC et au volumes hépatiques total et restant), de densités parenchymateuses (foie et rate rapportés à la densité des muscles para-vertébraux) et de sections vasculaires (veine porte gauche et tronc porte) ont été réalisées sur les scanners préopératoires. Le risque d'IHPO était basé sur les critères de l'ISGLS (*International Study Group of Liver Surgery*). Ainsi, 2 groupes ont été comparés en fonction de la sévérité de l'IHPO (groupe [0-A] : pas d'IHPO ou IHPO sans retentissement clinique pertinent, groupe [B-C] : IHPO avec retentissement clinique pertinent). Les données clinico-biologiques, peropératoires et postopératoires ont été recueillies en plus des mesures morphométriques hépatiques scannographiques. Les 2 groupes ont ensuite été comparés par le biais d'une analyse multivariée.

Résultats: Trente-deux patients (78%) ont été inclus dans le groupe [0-A] et 9 patients (22%) dans le groupe [B-C]. Sur l'ensemble des mesures morphométriques réalisées, le rapport des diamètres VPG /VSHM était significativement plus élevé dans le groupe avec IHPO (1.8mm vs. 1.36mm pour le groupe [0-A]) en analyse univariée ($p=0.001$) mais également en analyse multivariée après appariement sur les critères préopératoires ($p=0.011$), et peropératoires ($p=0.031$). De même, le rapport VSHM/poids était significativement plus bas dans le groupe avec IHPO (0.08 mm/kg vs. 0.1 mm/kg pour le groupe [0-A]), en analyse univariée ($p=0.05$) et multivariée ($p=0.04$). Enfin, le rapport entre le volume portal et le volume sus-hépatique restant (VolPr/VolHr) était significativement plus élevé dans le groupe avec IHPO (0.64 cm^3 vs. 1.54 cm^3 , $p=0,04$), mais seule une tendance persistait en analyse multivariée ($p=0.08$).

Conclusion : Cette étude suggère que les mesures morphométriques vasculaires préopératoires sont plus prédictives du risque d'IHPO que la volumétrie hépatique standard. Le rapport entre l'inflow (VPG et VolPr) et l'outflow (VSH et VolHr) pourrait constituer un reflet d'une congestion excessive du foie restant entravant ses capacités de régénération. Ces paramètres pourraient donc constituer un complément intéressant dans la prédiction du risque d'IHPO.

Mots clés : IHPO, hépatectomies droites, mesures morphométriques.

Service de la formation 3ème cycle

Clermont-Ferrand, le
Pierre CLAVÉLOU
Doyen - Directeur

Clermont-Ferrand, le
Le Président du Jury