

Étude anatomique du foie de porc (*sus scrofa domestica*) en vue de créer un modèle expérimental en chirurgie chez l'homme

Anatomy of pig-liver (*sus scrofa domestica*) to serve as an experimental model for human surgery

J Baulieux, P Berard, JY Mabrut, C Ducerf, M Adham

Centre Hospitalier Lyon Nord, Hôpital de la Croix-Rousse, 103 Grande Rue de la Croix-Rousse, 69317 Lyon

Mots clés

- ◆ Foie de porc
- ◆ Anatomie
- ◆ Hépatectomie
- ◆ Transplantation hépatique
- ◆ Perfusion extracorporelle

Résumé

Cette étude repose sur 129 dissections de foie de porc et de ses pédicules, sur des clichés radiologiques des vaisseaux et des voies biliaires et sur une vingtaine d'injections de plexiglas coloré. Nous décrivons un certain nombre de données générales concernant le poids du foie, sa coloration et sa consistance.

L'étude morphologique externe identifie la division lobaire en quatre lobes, décrit les moyens de suspension et les rapports respectifs des éléments du pédicule hépatique dans leur portion extra hépatique.

Quelques variations anatomiques sont exposées. Une description complémentaire de la configuration interne et de la topographie intra-hépatique des vaisseaux et des voies biliaires est précisée. Enfin, un exposé de systématisation des territoires hépatiques est réalisé. Ces connaissances anatomiques sont un préalable à l'utilisation du foie de porc, comme modèle en chirurgie expérimentale. Ainsi ont été réalisées des hépatectomies partielles, des hépatectomies totales ou quasi totales, des transplantations hétéro et ortho-topiques. Il a aussi été réalisées des perfusions de foie extracorporelles. L'espoir de la xénotransplantation est pour l'instant resté vain, mais il pourrait prochainement retrouver un renouveau.

La similitude anatomique avec le foie humain en fait un excellent modèle simple et reproductible pour l'utilisation en chirurgie expérimentale.

Keywords

- ◆ Pig liver
- ◆ Anatomy
- ◆ Liver resection
- ◆ Liver transplantation
- ◆ Extra corporeal perfusion

Abstract

This survey is based on 129 dissections of pig-livers and his pedicles, on x-rays radiographies of vessels and bile ducts and colored plexiglas injections. We describe general information on the weight, coloration and consistency of the liver.

The examination of the external morphology allows to identify a division into 4 lobes, to describe how the organ is fixed and chiefly to describe what are the respective connections between the different elements of the hepatic pedicle in their extra-hepatic section.

We mention a few anatomical variations and give a complementary description of the internal shape, and of the intra-hepatic topography of the vessels and bile ducts.

We finally try to show the systematization of the hepatic territories.

These anatomic knowledge are required before the use of pig-liver as model in experimental surgery. Thus partial or total liver resections, ortho and hetero-topics liver transplantations were realized. Extra corporeal liver perfusions were also performed. The hope placed in liver xenotransplantation still actually stays out of order. But perhaps in the next future, it could be renewed.

Based on similar anatomy, physiology and size to human, pigs provide an excellent means, technically simple and easily reproducible, for use in experimental surgery.

L'utilisation du foie de porc en chirurgie expérimentale a pris depuis les années 70, un essor important. Nous avons réalisé une étude anatomique du foie de porc, en vue de la réalisation d'hépatectomies totales et partielles et de greffes (1-2).

Le but de ce travail et de rapporter cette étude anatomique. Puis nous verrons quelles applications pratiques peuvent être réalisées à partir de ces connaissances.

Correspondance :

Jacques Baulieux

Centre Hospitalier Lyon Nord, Hôpital de la Croix-Rousse, 103 Grande Rue de la Croix-Rousse, 69317 Lyon

E-mail : jbaulieux@aol.com

Configuration externe et vascularisation

Matériel et méthode

Cette étude anatomique est basée sur 129 dissections de foie de porc et de ses pédicules, réalisées lors du prélèvement du greffon en vue de la transplantation. Cela a été complété par un travail purement anatomique préalable, consistant en une vingtaine de dissections.

Ensuite, a été réalisé un grand nombre de clichés radiographiques, après opacification par un liquide radio-opaque. La réalisation d'une vingtaine d'injections de plexiglas coloré suivies par l'action corrosive de l'acide chlorhydrique a permis de décrire l'anatomie des éléments vasculaires et des voies biliaires intra-hépatiques.

Considérations générales et morphologiques

Situation

Le foie occupe la partie la plus antérieure la qualité abdominale. Il remplit à lui seul la presque totalité de l'hypocondre droit et de l'épigastre. Cette région est située immédiatement au-dessous du diaphragme qui le recouvre à la manière d'une vaste coupole. Il répond du point de vue squelettique, aux dernières côtes droites.

Poids

Le foie est l'organe le plus lourd de tous les viscères du porc. L'étude comparative des poids du parenchyme hépatique du porcelet et des poids des animaux montre une progression constante linéaire (Fig. 1). Il est ainsi possible de déterminer à l'avance le poids du foie que l'on désire utiliser en connaissant le poids de l'animal. Ceci nous est apparu utile lors de la préparation des perfusions de foie de porc isolé, comme moyen d'assistance temporaire. Il se confirme que le poids relatif du foie de porc est plus élevé que chez l'homme. De plus, comme l'avait constaté Charles Richet chez l'homme, la proportion du foie est d'autant plus grande par rapport au poids du corps que l'animal est plus petit.

Dimensions

Le diamètre transversal maximum est de 35 cm, le diamètre antéro-postérieur est d'environ 20 cm.

Coloration

Le foie a une consistance ferme et une coloration uniforme rouge brun. Chez certains animaux, la coloration est plus violacée et il existe un grand nombre de taches blanches qui donnent un aspect tigré.

Consistance

La consistance du parenchyme s'avère assez ferme. Bien que friable, il résiste assez bien aux déchirures. Cependant la masse hépatique est très malléable et se moule exactement dans l'espace qui lui est imparti. Cette consistance est modifiée en cas de rejet d'un greffon ou en cas de congestion veineuse.

Configuration externe et rapports

Le foie apparaît comme une masse compacte, à l'ouverture de l'abdomen. Mais en fait, le foie du porc adulte peut être comparé à une fleur dont les pétales retomberaient pour s'étaler sur les organes abdominaux. En effet il possède une structure polylobée. Cette division superficielle est très marquée, car les sillons inter-lobaires sont très profonds.

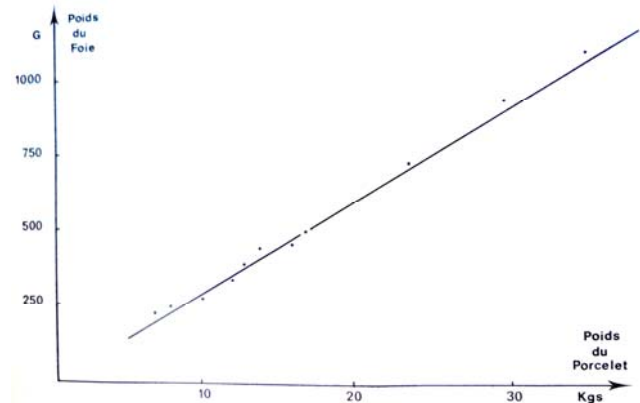


Fig. 1 - Variations du poids moyen du foie en fonction du poids du porcelet.

La forme du foie extirpé hors du cadavre, est bien différente de celle du foie de l'animal vivant. En effet, le foie d'autopsie a la forme d'une masse aplatie, dont les lobes s'étalent largement. Chez l'animal vivant, les lobes se regroupent en se recouvrant les uns les autres, si bien qu'ils donnent l'impression d'une masse compacte.

Division lobaire

La division apparaît constante, et permet de reconnaître quatre lobes. Par analogie avec la systématisation établie par Couinaud chez l'homme (3) on peut décrire de gauche à droite :

- le lobe sagittal gauche, (*divisio lateralis sinistra*) ;
- le lobe paramédian gauche, (*divisio medialis sinistra*) ;
- le lobe paramédian droit, à la face inférieure duquel est accolée la vésicule biliaire, prenant ainsi le nom de « lobe vésiculaire », (*divisio medialis dextra*) ;
- le lobe sagittal droit, en rapport étroit avec la veine cave inférieure, que nous appellerons pour cette raison « lobe paracave ». (*divisio lateralis dextra*).

Chez l'animal vivant, ces quatre lobes contractent entre eux des rapports étroits qui confèrent ainsi à l'ensemble, l'aspect d'une masse compacte, dont la face supérieure entre directement en rapport avec la coupole diaphragmatique.

Moyens de fixité

Le foie occupe dans l'hypocondre droit une position fixe due en grande partie aux axes vasculaires qui le traversent. Mais il y a de plus, un certain nombre d'attaches fibreuses et ligamentaires :

- le ligament rond du foie, qui se rompt facilement à l'ouverture de l'abdomen, est extrêmement grêle ; reliquat de la veine ombilicale, il fixe le foie depuis la fissure du ligament rond jusqu'à l'ombilic ; nous l'avons toujours trouvé oblitéré chez l'adulte ;
- le ligament falciforme du foie dont l'importance est variable ;
- le ligament triangulaire gauche du foie fixe étroitement le lobe gauche au diaphragme et à le hiatus œsophagien ; sa libération est toujours délicate car ce tractus est souvent vasculaire ; à ce niveau, on individualise une petite artériole de calibre non négligeable, à destinée cardio-tubérositaire ;
- le ligament triangulaire droit du foie est un repli péritonéal vertical qui constitue l'élément de fixation le plus important ; ce ligament postérieur fixe étroitement le lobe « paracave » au diaphragme ; la section est toujours délicate ; chez l'homme les ligaments falciforme, triangulaire gauche, triangulaire droit et hépatorénal constituent le ligament coronaire du foie.

Rapports

Les rapports supérieurs et postérieurs sont des rapports thoraco-abdominaux s'effectuant par l'intermédiaire d'une coupole diaphragmatique d'épaisseur assez mince. Le rebord costal antérieur est très souvent ouvert et recouvre beaucoup moins le foie que chez l'homme. Cette disposition autorise un abord purement abdominal du foie. La face postérieure du lobe gauche entre en contact avec l'orifice diaphragmatique de l'œsophage.

Les rapports inférieurs s'effectuent par l'intermédiaire des éléments vasculaires du pédicule hépatique. Il n'y a pas comme chez l'homme, de bourse omentale car le mouvement de rotation gastrique est absent. Seul le mouvement de torsion est partiellement prononcé, si bien que le duodénum, déjeté sur la droite, se trouve immédiatement au contact de la face inférieure du foie. Entre ce dernier et le hile du foie, s'étend le ligament hépatogastrique qui n'est recouvert que par un seul feuillet péritonéal, sur sa face antérieure. Il n'y a qu'un repli discret en arrière de la veine porte, sans que jamais ne s'individualise un véritable foramen omental.

Le tissu pancréatique est mal encadré par une anse duodénale non refermée. Il dépasse toujours le bord supérieur du premier duodénum de 2 cm environ et englobe à ce niveau les éléments vasculaires qui se rendent au foie, à l'estomac et à la rate.

La glande surrénale droite est accolée au bord droit de la veine cave inférieure et constitue toujours un danger lors de la section de la veine cave inférieure.

La vésicule biliaire est accolée à la face inférieure du lobe paramédian droit. Elle mesure environ 5 à 6 cm de longueur. Son adhérence au foie est très intime. Elle est parfois même partiellement « enchatonnée » dans le parenchyme hépatique, et seul le fond vésiculaire réalise une saillie globulaire. Cependant, nous avons trouvé dans une dizaine de cas une vésicule beaucoup plus mobile, dont seule une partie du corps était adhérente au foie. De plus, ses parois sont extrêmement friables. Toutes ces raisons rendent la cholécystectomie très délicate, ce d'autant que la vésicule s'évacue par un très long canal cystique, lui aussi partiellement tunnalisé dans le parenchyme hépatique.

Vaisseaux du foie - trajet extra hépatique

Leur dissection soignée est nécessaire pour le prélèvement correct d'un greffon.

Veine porte du foie (Fig. 2)

Elle prend naissance un peu au-dessus de l'angle duodénal supérieur, en plein parenchyme pancréatique. Elle se dirige alors verticalement, légèrement oblique sur la gauche pour pénétrer dans le foie au niveau de son hile. Son calibre est d'environ 1 cm 1/2 chez l'adulte. Chez le porcelet de un mois, elle mesure 8 mm de diamètre. Sa paroi bien que mince, s'avère toujours résistante. Sa longueur est d'environ 5 à 7 cm. Elle est revêtue sur sa face antérieure par le péritoine pariétal postérieur, qui fixe assez fréquemment deux gros nœuds lymphatiques sur la partie moyenne de sa face antérieure.

L'origine de la fin de porte a donc lieu dans le tubercule sus-éto duodénal du pancréas, à partir d'une volumineuse veine mésentérique supérieure et d'une plus petite veine mésentérique inférieure, qui la rejoint sur son bord gauche, en réalisant un confluent à angle aigu.

On trouve à ce niveau deux à trois petites veinules pancréatiques qui doivent être liées, lors du prélèvement du foie. L'origine proprement dite de la veine porte ne se fait, en fait, qu'après l'affluence de la veine splénique. Celle-ci apparaît en fait 1 cm plus haut en plein tissu pancréatique.

Elle reçoit au cours de son trajet quelques veines pancréatiques très fragiles. Plus haut dans son trajet pédiculaire, la veine porte ne reçoit qu'une branche, peu avant sa pénétration dans le hile du foie. Il s'agit d'un tronc veineux drainant

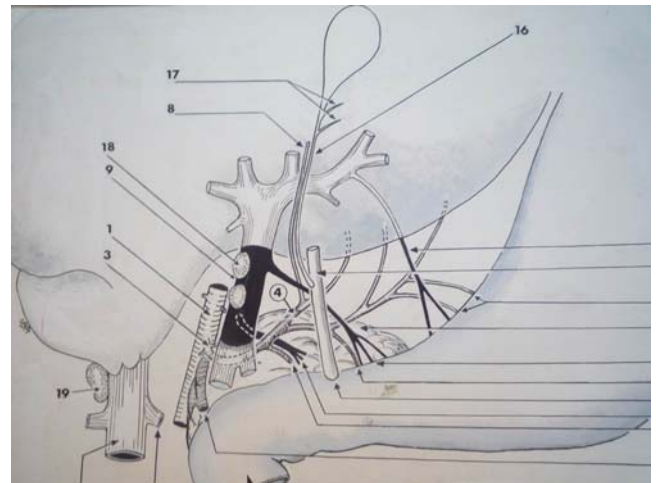


Fig.2 - Anatomie modale du pédicule hépatique.

un territoire gastro-duodéno-pancréatique qui chemine obliquement dans le pédicule hépatique, entre les voies biliaires en avant, et les éléments artériels en arrière. La veine porte pénètre en un seul tronc dans le hile du foie et sa division proprement dite ne s'effectue qu'un centimètre plus haut.

Artère hépatique

L'artère hépatique (Fig. 2) est une branche du tronc cœliaque. Ce vaisseau est sujet à quelques variations qui seront exposées plus loin.

L'artère hépatique naît dans la très grande majorité des cas (95 %) du tronc cœliaque.

Celui-ci provient de la face antérieure de l'aorte. Elle est placée sur un plan plus profond que la veine porte. Ainsi il faut chercher l'origine du tronc cœliaque à droite et en arrière de la veine porte. La dissection de cette région est difficile, car l'abord est gêné par le plexus solaire et par le canal lymphatique ascendant, qu'il est fréquent de blesser à ce niveau.

Après avoir donné deux petites branches à destination ganglionnaire, le tronc cœliaque décrit une crosse à concavité postérieure, qui le dirige vers la gauche. Il s'insinue ainsi en arrière de la veine porte et pénètre dans le tissu pancréatique. Peu après être passé derrière la veine porte, il donne l'artère splénique qui prend un trajet horizontal en arrière de la veine du même nom. À partir de là, se trouve réalisé un tronc gastro-hépatique qui prend une direction ascendante, longeant le bord gauche de la veine porte.

Après un trajet de 1 cm environ, le tronc hépato-gastrique se divise en deux branches principales droite et gauche.

La branche droite continue sa direction, donne origine à l'artère cystique qui longe le canal cystique sur la droite, puis pénètre en arrière du canal hépatique principal dans le lit du foie.

La branche gauche adopte un trajet plus oblique, placé en arrière des plans veineux et biliaires pour pénétrer dans le foie. Auparavant, sur son bord droit elle donne une à deux branches hépatiques et sur son bord gauche des branches à destination gastrique. La première d'entre elles, est la principale, homologue de l'artère coronaire stomacique chez l'homme. Elle irrigue la portion terminale de l'estomac et le duodénum. On trouve habituellement en amont, deux petites branches gastriques à trajet horizontal.

Ainsi en résumé il n'y a pas une artère hépatique vraie, mais un tronc hépato-gastrique, issu du tronc cœliaque, après que celui-ci ait donné naissance à l'artère splénique.

Le calibre le calibre moyen du tronc hépato-gastrique et d'environ 2 à 3 mm. Il est intéressant de constater que même chez le jeune porcelet, cette artère garde un calibre important de l'ordre de 1,5 à 2 mm environ.

Cette disposition est la plus fréquente. Mais nous avons trouvé dans quelques cas des variations :

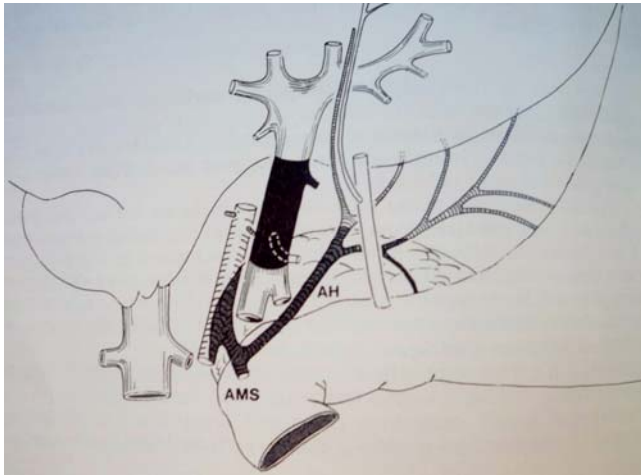


Fig.3 - Variation d'origine de l'artère hépatique : naissance à partir de l'artère mésentérique supérieure.

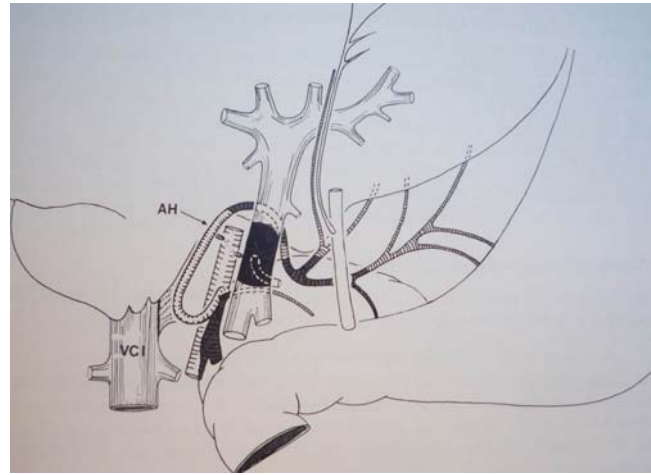


Fig.4 - Variation de trajet de l'artère hépatique.

- une artère hépato-gastrique naissant de l'artère mésentérique supérieure est alors associée à une absence de tronc cœliaque (Fig. 3). Une telle disposition est relativement fréquente chez l'Homme. Le reste de la disposition est tout à fait semblable au cas habituel. Seule la dissection de la portion initiale est plus délicate, car l'artère mésentérique supérieure naît sur le bord gauche de l'aorte à angle aigu, assez bas, derrière le duodéno-pancréas. Le tronc gastro-hépatique naît alors à 1 cm environ de cette origine et prend une direction plus verticale que d'habitude.
- Une autre anomalie est possible concernant le trajet du tronc hépato-gastrique (Fig. 4). Celui-ci prend alors bien naissance du tronc cœliaque après l'origine de l'artère splénique. Mais à partir de là, sa crosse ne se dirige pas à gauche, mais à droite. Elle rejoint ainsi le flanc gauche de la veine cave inférieure sous-hépatique, à laquelle elle est reliée par un tractus fibreux assez serré qui contient parfois une petite artériole surrénalienne. Puis le tronc hépato-gastrique longe le bord inférieur du parenchyme hépatique et pénètre même en son intérieur, dans un tubercule particulièrement saillant. L'artère décrite ainsi une courbe à concavité inférieure, dans le parenchyme hépatique lui-même, en arrière de la veine porte. Elle en ressort pour pénétrer dans le pancréas où elle se divise en deux branches droite et gauche, qui à partir de ce moment, adoptent une disposition analogue au cas habituel.

Veine cave inférieure

La veine cave inférieure adopte une disposition bien particulière, car elle pénètre franchement en plein parenchyme hépatique. Elle n'est recouverte par la séreuse péritonéale que sur sa face antérieure. Son calibre est d'environ 1 à 2 cm chez le jeune porcelet.

Après avoir reçu les deux veines rénales, elle décrit un court trajet de 1 à 2 cm, au contact de la glande surrénale droite qui est accolée sur son bord droit, puis elle pénètre franchement dans le petit lobe sagittal droit. Elle traverse alors le foie. Après sa sortie du foie, elle présente un court segment sus-hépatique, sous diaphragmatique, de 5 mm environ, puis elle traverse le diaphragme et se dirige dans l'oreillette droite, après un trajet intrathoracique de 6 à 7 cm. Au moment de la traversée diaphragmatique, elle reçoit trois veines phréniques dont la disposition est constante. La veine phrénique inférieure gauche chemine à la face inférieure du diaphragme, le long de l'insertion du ligament triangulaire gauche puis elle pénètre dans la veine cave par son bord gauche.

La veine phrénique inférieure, médiane et antérieure est très facilement découverte, en avant sous la coupole diaphragmatique.

La veine phrénique inférieure, droite et postérieure s'avère de découverte difficile. Elle chemine en effet verticalement dans la partie postérieure de la coupole diaphragmatique en arrière de la veine cave, au niveau de l'insertion diaphragmatique du ligament coronaire postérieur. Elle se jette donc dans la veine cave sur la face postérieure, dans une région particulièrement profonde.

Voies biliaires- trajet extra hépatique

Le canal hépatique commun provient de la réunion des canaux hépatiques lobaires à trajet intra parenchymateux. Il prend l'aspect d'un canal unique dès sa sortie du foie. Il constitue l'élément le plus antérieur et le plus à gauche du pédicule, recouvert seulement par la séreuse péritonéale. Il est toujours nettement individualisable, teinté en jaune par la bile qu'il draine. Après un trajet de 2 à 3 cm, il reçoit sur sa droite le canal cystique.

Le canal cystique possède une anatomie tout à fait particulière. Sa longueur dépasse souvent 5 cm, et son trajet est partiellement intrahépatique. Il reçoit parfois deux à trois canalicules hépatiques accessoires en provenance du lobe vésiculaire, ce qui lui confère une morphologie particulièrement originale. Ces canalicules accessoires sont appelés canaux « cysto-hépatiques ».

Son confluent avec le canal hépatique commun est à l'origine du canal cholédoque. Il est variable. La réunion des deux canaux peut en effet se faire rapidement, à un ou 2 cm après la sortie hilare du canal hépatique principal, ou au contraire très bas, à quelques millimètres au-dessus du duodénum, les deux canaux étant alors accolés « en canon de fusil ». Cette disposition se rencontre également chez l'Homme.

Ainsi le trépied biliaire prend-t-il le plus souvent l'aspect d'un Y qui serait étiré sur sa longueur.

Le canal cholédoque d'un diamètre de 2 à 3 mm, se dirige pratiquement verticalement vers le duodénum dans lequel il pénètre au niveau du rebord supérieur de sa première portion. La partie basse du cholédoque est englobée par un feuillage vasculaire qui assure son irrigation et qu'il est possible de mobiliser avec lui.

Configuration interne - topographie intra hépatique des vaisseaux et voies biliaires

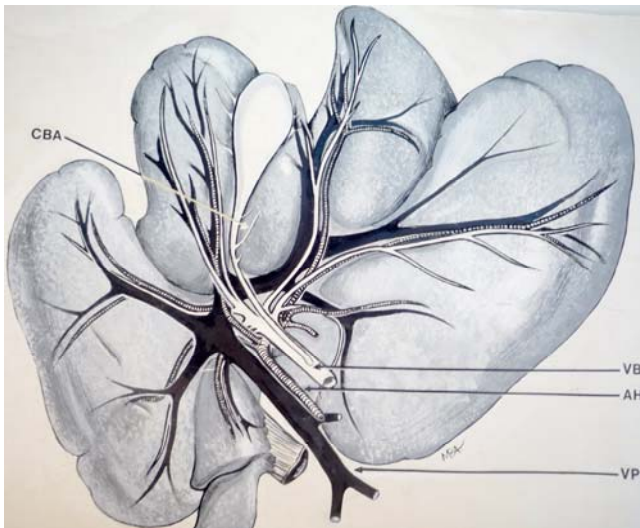


Fig.5 - Schéma du pédicule « glissonien ».

Ces données sont nécessaires pour permettre la réalisation d'hépatectomies subtotales et de greffes ortho ou hétérotopiques.

Matériel d'étude

Des clichés radiographiques avec opacification radio-opaque des vaisseaux et voies biliaires ont été réalisés.

Une vingtaine d'injections de plexiglas coloré fluide associé à l'action corrosive de l'acide chlorhydrique a été réalisée.

Les canaux biliaires et les vaisseaux hépatiques ont pu être ainsi injectés. La superposition de ces données permet d'approfondir l'étude de la topographie de l'ensemble.

Pédicule « glissonien »

L'ensemble des éléments du pédicule glissonien (Fig. 5, 6), est placé très en surface dans le parenchyme hépatique et apparaît à la face inférieure du foie, réalisant pour chaque lobe, un réseau de nervures très apparent. Il est constitué par les branches de division de la veine porte et de l'artère hépatique, par les ramifications des voies biliaires intrahépatiques.

Veine porte

Elle se divise en plusieurs branches qui vont se répartir dans les différents lobes (Fig. 5, 6). Deux branches principales se destinent l'une à droite, au lobe sagittal droit, l'autre à gauche, aux trois autres lobes.

Branche droite

Elle mesure 1 cm environ et se détache à angle droit de la veine porte. Courte et large, elle se divise rapidement en deux branches principales destinées à la vascularisation portale du lobe para cave.

À partir de ces deux branches, se détache un certain nombre de collatérales dont la plus importante, née de la branche inférieure, se destine à un petit récessus hépatique inférieur. L'ensemble du plan portal du lobe sagittal droit est le plus superficiel, si bien qu'il se trouve au-dessous du plan artériel et biliaire.

Branche gauche

Celle-ci est beaucoup plus longue, mesurant environ 3 à 4 cm. Immédiatement après sa naissance, elle donne une veine paramédiane droite destinée au lobe vésiculaire. Celle-ci fournira rapidement deux collatérales.

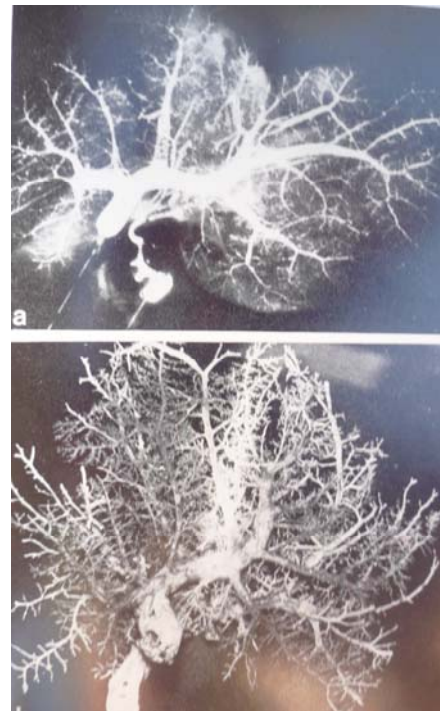


Fig.6 - Trajet intra-hépatique de la veine porte. En haut : opacification radiographique. En bas : moulage au plexiglas.

Cette différence de naissance est particulière par rapport à l'homme, chez lequel elle naît habituellement de la branche droite. Mais cette disposition a été cependant retrouvée quelquefois chez l'homme.

Puis la branche gauche de la veine porte, après 2 cm se divise à nouveau en trois terminales se destinant au lobe paramédian gauche pour la terminale supérieure et au lobe sagittal gauche pour les deux branches inférieures.

L'ensemble du plan portal, né de la branche gauche, et placé au-dessus des plans artériels et biliaires, à l'opposé de la disposition des branches nées de la branche droite.

Artère hépatique propre

Les branches de division de l'artère hépatique propre suivent dans l'ensemble les ramifications de la veine porte. (Fig. 5) Cependant leur naissance ne se fait pas en un carrefour unique, mais en « dents de peigne » à partir de l'artère hépatique propre.

Les rapports artério-veineux sont différents pour le lobe sagittal droit et les trois autres lobes : à droite le plan artériel est

Fig.7 - Aspect radiographique des voies biliaires intra-hépatiques.





Fig.8 - Schéma du pédicule sus-hépatique principal.

situé au-dessus du plan veineux, à gauche le plan artériel est au contraire placé en dessous.

Les injections plastiques montrent que le réseau artériel est beaucoup plus grêle et moins riche que le réseau veineux.

Enfin, une dernière caractéristique est importante : l'artère hépatique donne très souvent ses collatérales de manière très précoce, alors qu'elle est encore dans sa portion extra-hépatique sous-hilaire.

Voies biliaires intrahépatiques

La disposition modale des voies biliaires intrahépatiques (Fig. 5, 7) est calquée sur celle des éléments porto et artériels, avec lesquels, elles constituent un même pédicule fonctionnel. Il est donc plus commode de les décrire en sens inverse du flux biliaire normal, c'est-à-dire en allant du hile vers la périphérie.

Les rapports sont assez constants. Au niveau du lobe sagittal droit, les canaux biliaires sont les éléments les plus profonds. Pour les trois autres lobes au contraire, ce sont les éléments les plus inférieurs, placés le plus en superficie. Il naît environ quatre à six canaux biliaires d'un confluent unique intrahilaire :

- deux branches droites sont destinées au drainage du lobe sagittal droit ;
- une branche isolée est destinée au drainage de la totalité du lobe vésiculaire. Assez souvent, ce lobe se draine aussi par des canalicules biliaires accessoires (canaux cysto-hépatiques) qui se jettent directement dans la vésicule et le canal cystique.

Une longue branche, après s'être placée dans le sillon médian, se divise en deux branches qui vont assurer le drainage d'une partie du lobe vésiculaire et de la totalité du lobe para médian gauche.

Enfin la totalité du lobe sagittal gauche est drainée par deux branches isolées, calquées sur la disposition artérielle.

Pédicules hépatiques

Les veines hépatiques principales se réunissent au niveau du confluent hépatique supérieur. Mais il existe un certain nombre de veines hépatiques accessoires, qui amarrent étroitement le lobe sagittal droit à la veine cave inférieure.

Pédicule hépatique principal (Fig. 8, 9, 10)

Il comprend trois veines sus-hépatiques, droite médiane et gauche.

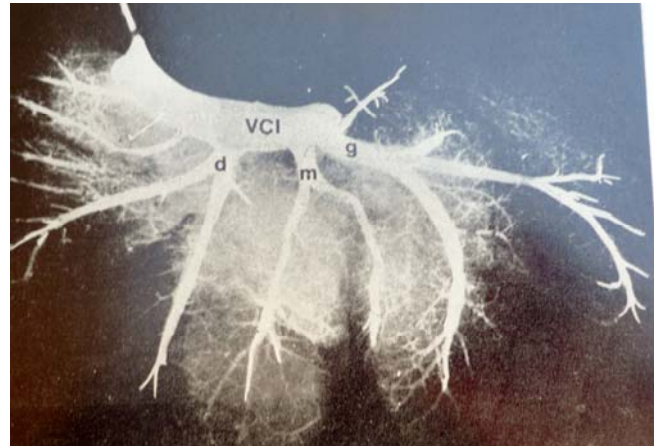


Fig.9 - Aspect radiographique du pédicule sus-hépatique principal.

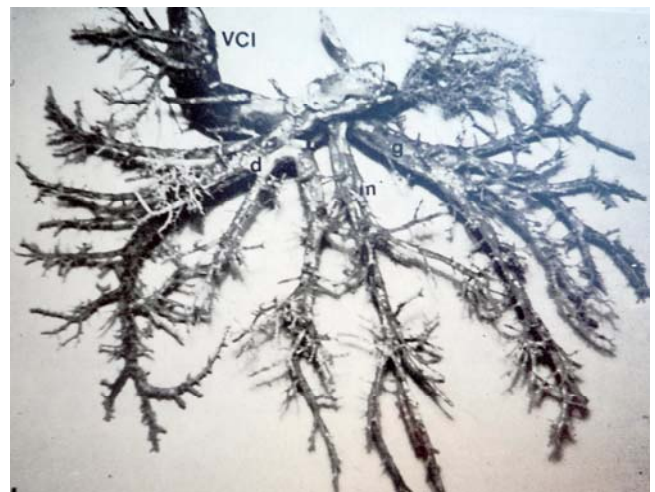


Fig. 10 - Moulage au plexiglas du pédicule sus-hépatique principal.

Veine hépatique droite

La veine hépatique droite (Fig. 8, 9, 10) est très courte (moins de 1 cm). Elle est placée dans l'axe du sillon latéral droit. Elle provient de la réunion de veines secondaires, dont l'une assure la plus grande partie du drainage du lobe paracave. Le reste est drainé par les pédicules accessoires. L'autre assure le drainage de toute la moitié droite du lobe vésiculaire.

Veine hépatique médiane

La veine hépatique médiane (Fig. 8, 9, 10) est plus longue, mesurant environ 2 à 3 cm. Après avoir suivi exactement l'axe du sillon médian, elle se divise en deux branches qui assurent l'une le drainage de la partie gauche du lobe vésiculaire, l'autre le drainage du tiers droit du lobe para médian droit.

Veine hépatique gauche

La veine hépatique gauche (Fig.8, 9, 10) est placée dans l'axe du sillon gauche. Elle draine les deux tiers du lobe paramédian gauche et la totalité du lobe sagittal gauche.

Le fait que les premiers centimètres de ces veines hépatiques soient axés sur les sillons, paraît extrêmement important pour le repérage et l'hémostase intra-parenchymateuse de celles-ci.

La disposition générale du pédicule hépatique et ses rapports avec le pédicule glissonien font qu'il assure en quelque sorte

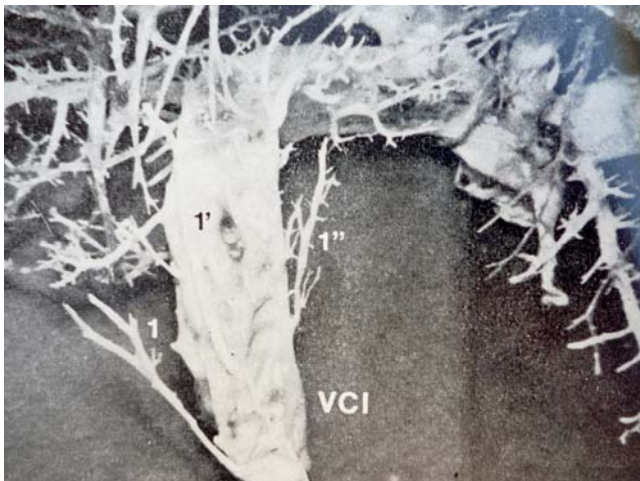


Fig. 11 - Moulage au plexiglas de la veine cave inférieure et des veines sus-hépatiques accessoires.

le squelette de la division lobaire. Son réseau est très riche. Il est placé au-dessus du plan du pédicule glissonien.

Ainsi, chaque lobe sagittal n'est drainé que par une seule veine hépatique, alors que les lobes para-médian sont drainés par deux veines hépatiques.

Pédicule hépatique accessoire

Le pédicule hépatique accessoire est toujours présent et constitué par une multitude de petites veines indépendantes (Fig. 11) issues directement du lobe para-cave et qui se jettent isolément sur les faces latérales droite et postérieure de la veine cave intrahépatique.

Cette disposition apparaît très bien à l'ouverture de la veine cave inférieure dans le sens de son axe : sa paroi est percée par une multitude de petits orifices correspondant chacun à une petite veine hépatique accessoire (Fig. 12). Cette disposition a été confirmée par les injections plastiques et les cavographies. Parmi ces veines accessoires 2 ou 3 apparaissent plus importantes, possédant un calibre d'environ 1 à 2 mm.

Cette disposition des veines hépatiques accessoires a longtemps paru être un obstacle technique à l'hépatectomie totale sans shunt cave-cave extracorporel. En fait l'hémostase soignée des branches les plus volumineuses peut être faite électivement et autorise cette hépatectomie en conservant la veine cave. Pour l'hémostase des veines hépatiques principales, il est possible d'en pratiquer soit l'hémostase transparenchymateuse, soit l'hémostase réglée élective supra-hépatique ne laissant en place qu'un très petit manchon de parenchyme hépatique autour de la veine cave.

Application chirurgicale - le foie de porc : modèle expérimental idéal en chirurgie humaine

Les connaissances anatomiques préalables sont indispensables pour envisager une recherche expérimentale sur le foie de porc. La très grande proximité anatomique entre le foie de porc et le foie humain (3) en fait un modèle idéal pour la recherche. En effet, il est facile d'obtenir dans une fratrie des porcelets dont le poids du foie est prévisible (Fig. 1). Par ailleurs le coût de l'animal est relativement modéré.

Il y a cependant quelques différences d'anatomie comparée, nécessaires à connaître préalablement.

Ce sont en particulier :

- la disposition foliée en quatre segments facilement individualisables ;

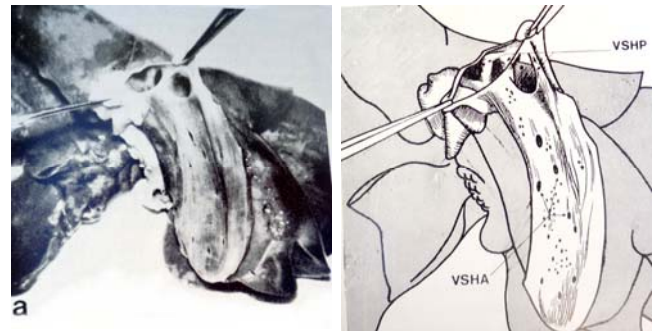


Fig. 12 - Aspect interne de la paroi de la veine cave inférieure. La paroi postérieure de la veine cave inférieure a été ouverte longitudinalement.

- les rares anomalies de trajet et d'origine de l'artère hépatique ;
- l'existence de canaux « cysto hépatiques » et une disposition vésiculaire complexe souvent enchatonné dans le foie, rendant la cholécystectomie et les actes directs sur la voie biliaire principale parfois aléatoires ;
- mais c'est surtout la disposition franchement intra-hépatique de la veine cave inférieure et l'existence d'une multitude de veinules sus-hépatiques accessoires, qui peut rendre la chirurgie particulièrement délicate à ce niveau. C'est ainsi que plusieurs techniques doivent tenir compte de ces données.

Les hépatectomies partielles (4-5)

La disposition segmentaire, la connaissance du pédicule « glissonien » de chaque segment et l'anatomie des veines hépatiques spécifiques de drainage montre une disposition similaire tout à fait remarquable à la disposition humaine (3). Ceci a été confirmé récemment par des études avec scanner multi-barrette et reconstruction tridimensionnelle (6). Les volumes segmentaires peuvent être préalablement appréciés. Les volumes segmentaires peuvent être désormais appréciés préalablement à la chirurgie. Une approche virtuelle préopératoire est aussi possible.

Des études sur la régénération hépatique ont été réalisées. Ce modèle peut s'avérer très utile pour les projets de recherche concernant l'amélioration possible du processus de régénération (approche médicamenteuse et ou hémodynamique).

Court et al. ont montré que la régénération complète du foie après hépatectomie partielle peut être obtenue en trois semaines (4). La limite maximum de résection tolérable s'avère être une hépatectomie partielle de 80 %, au-delà de laquelle la mortalité postopératoire est pratiquement inéluctable.

Il est donc possible de réaliser des hépatectomies partielles quasi-complètes, qui sont un excellent modèle d'insuffisance hépatique expérimentale (70-80 %) permettant d'envisager le remplacement par transplantation ou assistance par foie bio-artificiel.

Hépatectomies totales et quasi-totales

L'hépatectomie quasi-totale gardant 10 % (voir moins) de parenchyme hépatique a été réalisée en conservant quelques cm³ de parenchyme autour de la veine cave inférieure. L'hémostase du système veineux sus-hépatique principal est possible par transfixion du parenchyme hépatique conservé autour de la veine cave inférieure, elle-même conservée (Fig. 13).

L'hépatectomie totale « vraie » nécessite en principe la résection de la veine cave inférieure intra-hépatique, avec utilisation d'un système de by-pass extra corporel.

Une hépatectomie totale avec conservation de la veine cave inférieure, selon une technique de type « piggy-back » devrait être possible chez le porc. NB : dans cette technique dite

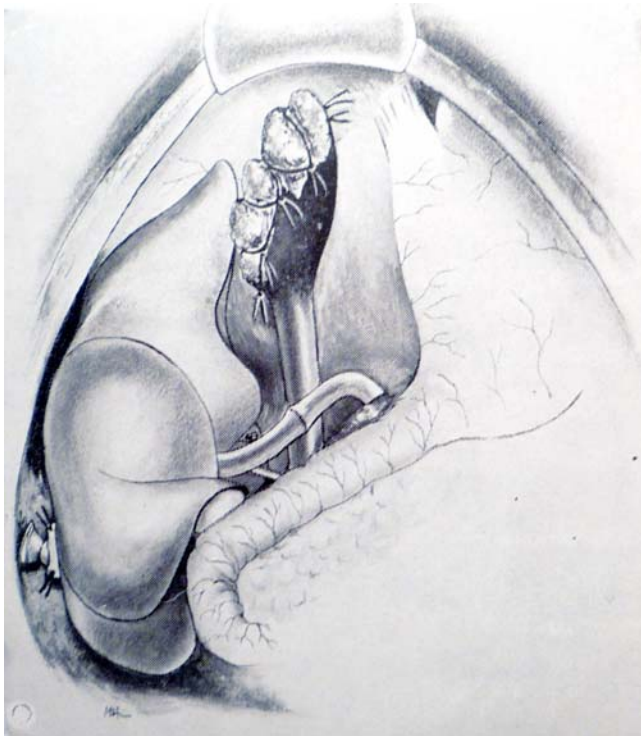


Fig. 13 - Greffe hétérotopique avec hépatectomie quasi-totale du foie « natif ».

« piggy-back », le greffon hépatique est « accroché » à la veine cave du receveur comme un « sac à dos ». Le contrôle extra et sus-hépatique des veines sus-hépatiques principales est possible. Mais la veine cave inférieure a un trajet intra-hépatique. Le contrôle des veines accessoires est certainement délicat sur le plan technique. Les trois ou quatre veines accessoires les plus volumineuses nécessitent un aiguillage hémostatique précis. Les autres pourraient être contrôlés par coagulation bipolaire, compression et agents hémostatiques locaux (colle biologique).

La transplantation hépatique hétérotopique avec ou sans hépatectomie du foie « natif » a pu être réalisée avec succès (7-8). Le greffon a été implanté soit dans le flanc droit, soit dans la région sous-diaphragmatique gauche, après splénectomie avec succès.

L'apport portal dans le greffon est capital pour sa trophicité (Fig. 14, 15). En revanche la suppression de l'apport portal au niveau du foie « natif » entraîne son atrophie progressive, bien toléré si le greffon assure une suppléance correcte (7).

La transplantation ortho-topique (9)

La transplantation ortho-topique sans utilisation de by-pass veino-veineux, est possible si l'on respecte une courte période anhépatique (<20 minutes). L'artère hépatique est de petit calibre. L'anastomose directe est aléatoire. Nous avons préféré dans ce cas garder un segment d'aorte au niveau de la naissance du tronc cœliaque du donneur et l'implanter directement sur l'aorte infra-rénale du receveur par une anastomose latéro-terminale, plus facile à réaliser.

Ces techniques ont été réalisées dans quatre modèles : greffe standard avec foie entier, « small-for-size », prélèvement sur donneur avec cœur arrêté et donneur infecté par un adénovirus.

Perfusions de foie extra corporelles

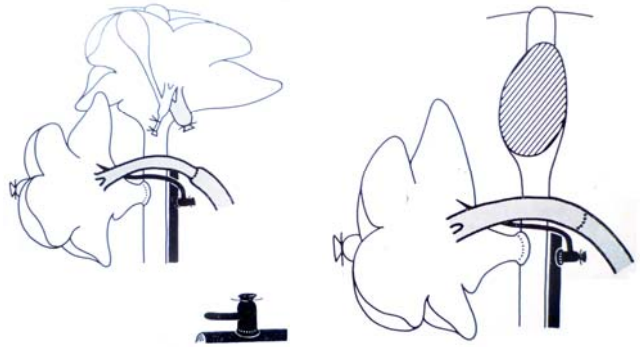


Fig. 14 - Greffe hétérotopique avec portalisation du greffon.

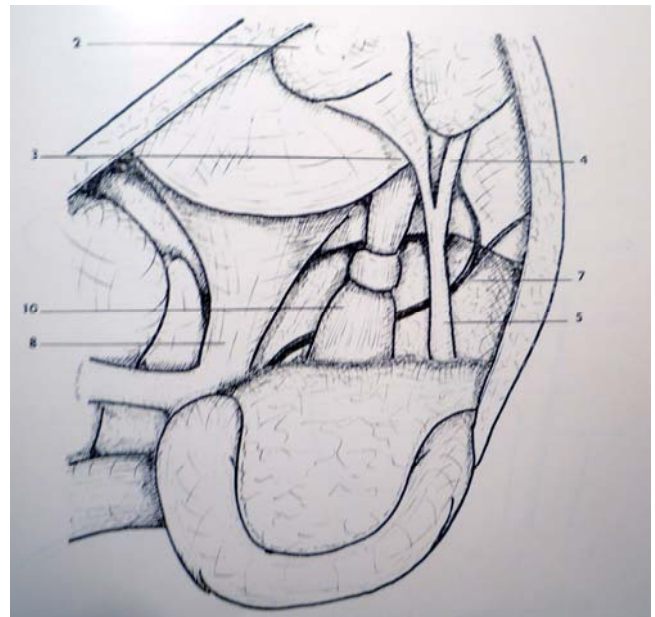


Fig. 15 - Création d'une hypertension portale par « bague de striction » portale.

Cette méthode a donné lieu à de nombreuses études et publications. Celles-ci ont permis d'élargir la recherche sur le plan physiologique et physiopathologique.

Mais le but initial était d'utiliser cette méthode de manière temporaire (en « bridge ») pour certains patients inscrits, en attente de greffe en « super urgence », sans disponibilité immédiate d'un donneur. Une autre possibilité envisagée était la recherche d'une suppléance temporaire avant régénération éventuelle du foie « natif » pathologique. Ce protocole a été utilisé par plusieurs équipes américaines (13,14). De rares cas ont été réalisés en Europe. L'interdiction réglementaire et éthique est venue du risque d'infection par rétrovirus porcine chez l'homme (principe de précaution).

Nous-mêmes, avons mis au point un système permettant la perfusion continue du foie de porc en circuit fermé, avec pompe à perfusion, oxygénateur et échangeur thermique (Fig. 16) (10-12). La viabilité du foie a été parfaitement confirmée dans ces conditions, après six heures de perfusion. Nous avons eu l'autorisation de l'Etablissement Français du Sang pour réaliser 15 cas de xéno-perfusion avec du sang humain. Il a été montré que l'utilisation de sang humain total citraté permettait d'obtenir un fonctionnement correct du foie après 6 heures. Cela a permis d'étudier les conflits humoraux et histologiques observées en cas de rejet humoral aigu (10).

La xénotransplantation de foie de porc a suscité un grand espoir dans les années 90. En effet, peu de temps après que, aux États-Unis en 1995, La Food and Drug Administration ait donné l'autorisation de procéder aux 10 premiers essais de greffe de foie de porc transgénique à des humains, les Britan-

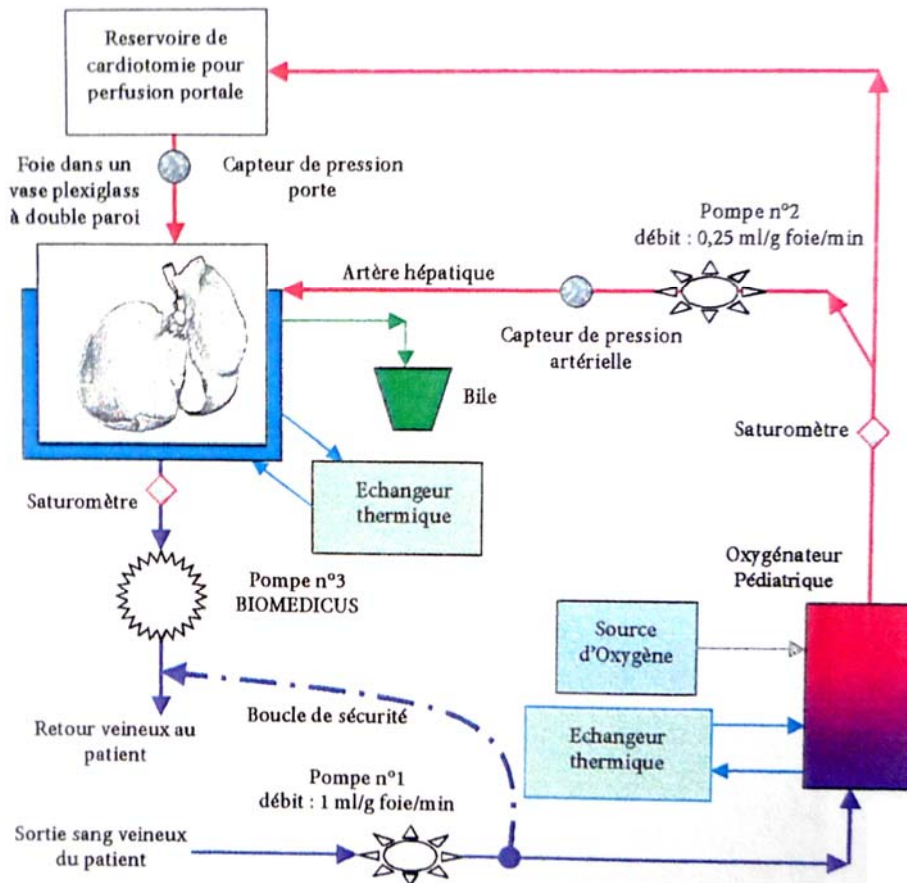


Fig.16 - Circuit de perfusion.

niques (équipe de David White à Cambridge) a produit des porcs transgéniques. Ils ont obtenu la survie d'un greffon pendant 40 jours chez le singe, surmontant ainsi au moins partiellement le phénomène de rejet suraigu. Les porcs fournisseurs de greffons aux singes étaient transfectés avec un gène humain. Les essais de ce type n'ont malheureusement pas eu de suite, en particulier en France, en raison non seulement d'objections éthiques et religieuses, mais en raison du risque de transmission à l'homme de rétrovirus porcins. Cependant l'actualité rebondit, et aux États-Unis plusieurs équipes ont récemment annoncé être capables de contrôler ces risques infectieux. La recherche a repris, dans le but d'une application à l'homme.

Conclusion

Le foie de porc possède une anatomie très voisine de celle du foie humain, excepté quelques différences et variations anatomiques. Ce sont d'ailleurs ces notions d'anatomie comparée qui ont permis à Couinaud (3) d'établir la systématisation hépatique chez l'homme.

Le foie de porc représente un modèle simple et reproductible en chirurgie expérimentale pour la réalisation d'hépatectomies partielles standard ou très extensives, de greffes hétéro et ortho-topiques, de perfusions extracorporelles et de xéno-transplantations.

Ce modèle trouve actuellement, à nouveau, un grand intérêt dans les laboratoires de chirurgie expérimentale.

Références

- Baulieux J, Berard PH, Cret R, Lerat JL, Pouyet M. The anatomy of pig-liver (*sus scrofa domestica*) Arch Anat Histol Embryo 1972 ; 55 : 209-31.
- Adamsteanu C. Aspect anatomique et histologique du foie chez le porcelet. Rev Med Vet 1968 ; 144 : 143-7.
- Couinaud C. Le foie. Etudes anatomiques et chirurgicales. Paris, Masson ed. 1957.
- Court FG, Laws PE, Morrison CP et al. Subtotal hepatectomy: a porcine model for the study of liver regeneration J Surg Res 2004 ; 116 : 181-6.
- Court FG, Wemyss-Holden SA, Morrison CP et al. Segmental nature of the porcine liver and its potential use as a model for experimental partial hepatectomy. Br J Surg 2003 ; 90 : 440-4.
- Zanchet DJ, De Souza-Montero E. Pig liver sectorization and segmentation and virtual reality depiction. Acta Cirurgica Brasileira 2002 ; 17 : 381-6.
- Pouyet M, Berard PH, Ruckebusch Y, Badea G, Baulieux J et al. La transplantation hétérotopique droite du foie avec portalisation totale chez le porc. Séries comparatives avec ligature du cholédoque ou hépatectomie totale d'emblée du receveur. Ann Chir 1971 ; 25 : 265-76.
- Pouyet M, Berard PH, Ruckebusch Y, Badea G, Baulieux J. 50 transplantations hétérotopiques du foie chez le porc. Ann Chir 1970 ; 24 : 265-82.
- Fondevilla C, Hessheimer AJ, Flores E et al. Step-by-step guide for a simplified model of porcine orthotopic liver transplant. J Surg Res 2001 ; 167 : 39-40.
- Adham M. Assistance hépatique par xenoperfusion extracorporelle de foie de porc. Modèle d'études expérimentales et précliniques. Thèse Sciences ; No 34 : Lyon 2000.
- Adham M, Peyrol S, Ducerf C, Pouyet M, Baulieux J. Requirements for physiological perfusion of isolated liver with autologous blood. Transplant Proc 1996 ; 28 : 2873.
- Adham M, Ducerf C, Pouyet M, Baulieux J. The isolated perfused porcine liver: assessment of viability during and after six hours perfusion. Transpl Int 1997 ; 10 : 299-311.
- Fox I, Langnas A, Fristoe L et al. Successful application of extracorporeal liver perfusion. Am J Gastroenterology 1993 ; 88 : 1876-80.
- Chari R, Collins B, Magee J et al. Treatment of hepatic failure with ex-vivo pig liver perfusion following by liver transplantation. New Eng J Med 1994 ; 331 : 234-7.