

CHAPITRE 3

Hémodialyse

3.1. Les principes de l'hémodialyse

Hafedh Fessi

Principes des échanges en hémodialyse

Les échanges en hémodialyse font appel à deux grands principes : la diffusion et la convection.

Diffusion

Les pores de la membrane semi-perméable permettent le passage de l'eau et des substances hydrosolubles de petit poids moléculaire (< 500 Da), des substances de poids moléculaire moyen (> 500 Da), mais pas aux protéines et aux éléments figurés du sang, dans les deux sens à travers cette membrane. La taille maximale de substance qui peut passer à travers les pores de la membrane définit son point de coupure ou « Cut off ». De nouvelles membranes sont disponibles sur le marché appelées MCO (*Medium Cut Off*), la première est la Theranova[®] suivie par d'autres. Elles ont un pouvoir d'épuration en hémodialyse plus important pour les molécules liées aux protéines et sont contre-indiquées en HDF (hémodiafiltration). Elles permettent de réaliser l'hémodialyse dite « augmentée » ou *Expanded Hemodialysis (HDx)*, par l'épuration de molécules que les membranes de haut flux ne le permettent pas.

La diffusion d'une substance à travers une membrane est en fonction des différences de concentration du soluté de part et d'autre de la membrane. Par exemple, l'urée et la créatinine en concentrations élevées dans le sang du patient passent sans difficulté vers le dialysat.

De la même manière, les bicarbonates généralement en plus forte concentration dans le dialysat (32 à 38 mmol/L) que dans le sang du patient passent librement du compartiment dialysat vers le compartiment sanguin jusqu'à équilibration de la concentration des deux côtés.

La diffusion d'une molécule se fait grâce à un transport passif de solutés du sang vers le dialysat au travers de la membrane de dialyse, sans passage de solvant. Quand le transfert se fait en sens inverse, c'est-à-dire du dialysat vers le sang, il est désigné sous le terme de rétrodiffusion ou rétrofiltration.

Les déterminants du flux diffusif d'une substance sont essentiellement le gradient de concentration transmembranaire, le coefficient de diffusion, la surface d'échange, son poids moléculaire, sa liaison protéique et les caractéristiques de la membrane. Le sang et le dialysat circulent à contre-courant de telle sorte qu'il existe un gradient de concentration des solutés tout au long de la membrane afin d'optimiser les échanges.

Convection

La convection est le principe qui permet d'éliminer l'eau en excès chez le patient durant la séance de dialyse. Pour cela, une différence de pression hydrostatique (PH)* est appliquée de part et d'autre de la membrane de dialyse avec une PH positive dans le compartiment sanguin (pression liée à la configuration du circuit sanguin extracorporel) et une PH négative dans le compartiment dialysat, permettant à l'eau plasmatique et aux substances dissoutes dans cette eau de passer dans le compartiment dialysat.

La différence de pression hydrostatique appliquée de part et d'autre de la membrane (à laquelle on soustrait la pression oncotique du plasma liée aux protéines qui tend à retenir l'eau plasmatique) est appelée pression transmembranaire (PTM)*. La convection permet l'élimination des substances de beaucoup plus gros poids moléculaire que la diffusion. Leur poids moléculaire peut, selon les membranes, concerner certaines ayant plusieurs dizaines de milliers de daltons, comme les chaînes légères. La convection constitue le principe de base de l'ultrafiltration (UF), de l'hémofiltration et se rajoute à la diffusion pour l'hémodiafiltration.

Adsorption*

Certaines molécules peuvent être adsorbées sur la surface interne de la membrane de dialyse ou captées à travers son épaisseur, c'est-à-dire qu'elles sont épurées du plasma alors qu'on ne les retrouve pas dans le dialysat. Les principales membranes adsorbantes sont hydrophobes, ce sont essentiellement l'AN69 et la PMMA (polyméthylmétacrylate). Cette propriété de la PMMA est utilisée pour l'épuration des chaînes légères du myélome, β 2-microglobulines et certaines molécules liées aux protéines et non éliminées par diffusion. Cette propriété a également été à l'origine de l'intérêt de l'hémofiltration dans l'épuration de cytokines* impliquées dans le choc septique en réanimation.

3.2. Les abords vasculaires

Thierry Pourchez

L'hémodialyse réclame de gros besoins en sang, ce qui impose au chirurgien de créer et d'entretenir un abord vasculaire avec un débit suffisant, d'utilisation facile et donnant le moins de complications possibles. Il a dans ce domaine une relative « obligation de résultat ».

La fistule artério-veineuse (FAV) reste encore actuellement la meilleure solution. Elle sera traitée en premier, avant les pontages artério-veineux. Nous envisagerons ensuite les explorations et les complications de ces voies d'abord, qualifiées de « conventionnelles ». Nous terminerons par les autres possibilités d'accès au sang.

Les fistules artério-veineuses

Une intervention chirurgicale permet de brancher directement une veine superficielle de bonne qualité sur une artère proche. La veine va se dilater sous l'effet du débit lors d'une phase de « maturation ». Elle deviendra facile à ponctionner et permettra des débits dans la circulation extracorporelle de l'ordre de 500 ml/min, même si la majorité des patients est dialysée en France, avec des débits de 300 à 400 ml/min.

Au bout de plusieurs mois ou années, peuvent apparaître des sinuosités artérielles et veineuses, des indurations pariétales, avec parfois des calcifications et des dilatations localisées de la veine aux points de ponction habituels.

Les membres supérieurs sont pratiquement toujours utilisés et on ne réalise des fistules aux membres inférieurs que dans des situations exceptionnelles. La fistule radio-céphalique (radiale), entre l'artère radiale et la veine céphalique de l'avant-bras, près du poignet, est le meilleur montage. On peut créer des fistules radiales plus hautes, vers la racine du membre puisque la veine et l'artère sont assez proches (figure 3.1).

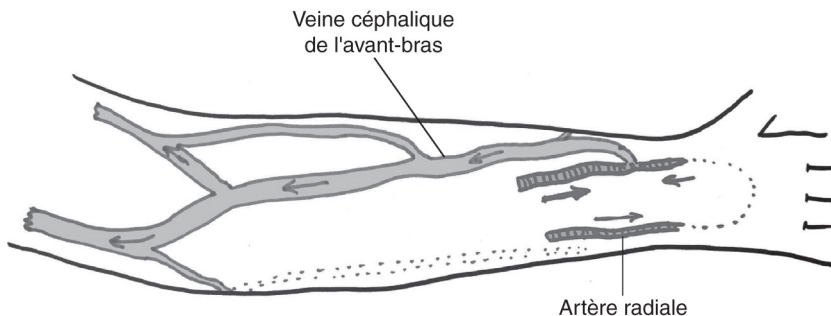


FIGURE 3.1. Schéma d'une fistule artério-veineuse radio-céphalique mature.

Plus rarement, on réalisera une fistule ulno-basilique (cubitale), entre l'artère ulnaire (cubitale) et la veine basilique de l'avant-bras (cubitale), avec là aussi la possibilité de la créer plus proximale (figure 3.2). Les fistules au pli du coude sont brachio-basilique ou brachiocéphalique selon que l'artère brachiale (humérale) artérialise principalement la veine basilique ou la veine céphalique.

La profondeur des veines peut nécessiter des superficialisations, qui consistent à mettre les veines artérialisées plus en superficie de façon à les rendre accessibles aux ponctions. Il peut s'agir d'un déplacement sous la peau de la veine libérée, ou encore d'une ablation du tissu adipeux en regard de la veine. La mauvaise qualité des vaisseaux peut conduire à réaliser des transpositions, c'est-à-dire le détournement d'une bonne veine vers une artère de qualité située plus à distance. Le meilleur exemple est la transposition de la veine céphalique de l'avant-bras sur l'artère brachiale pour former une boucle.

La technique pour une fistule radiocéphalique comporte une courte incision et permet de disséquer la veine et l'artère qui seront réunies par une anastomose* — de 6 à 7 mm de long au poignet et plutôt 5 mm au coude — confectionnée grâce à un fil très fin, avec un moyen de grossissement (loupes ou microscope). Pendant l'ouverture des vaisseaux, l'hémostase est obtenue par des clamps ou la mise en place d'un garrot.

Une fistule a souvent une grande durée de vie. Elle est de confection assez facile et nécessite une anesthésie locorégionale ou à la rigueur locale. Il n'y a pas

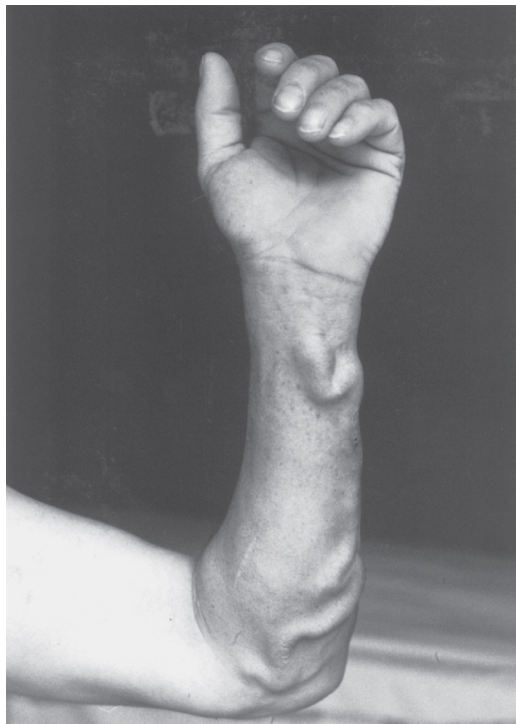


FIGURE 3.2. Fistule artério-veineuse ulno-basilique gauche bien développée.

de matériel étranger, diminuant ainsi le risque infectieux. Les complications sont peu fréquentes et assez faciles à traiter, si les vaisseaux sont sains.

Mais avant de ponctionner une fistule, il faut attendre une période de « maturation » de quelques semaines, voire quelques mois, s'il est nécessaire de devoir secondairement superficialiser la veine.

La mauvaise qualité des artères et surtout des veines peut empêcher cette maturation ou bien provoquer la thrombose de la fistule, imposant des réinterventions parfois multiples et mal vécues par le patient. Il en est de même des sténoses localisées essentiellement sur la veine de drainage. Il s'agit d'un rétrécissement localisé qui freine le passage du sang dans le vaisseau.

Les pontages

Ils sont caractérisés par l'interposition d'un segment biologique ou synthétique, destiné aux ponctions, entre une artère et une veine. Il peut s'agir d'une prothèse le plus souvent en Téflon® expansé (PTFE [polytétrafluoréthylène] comme le Goretex), d'une veine conservée après un *stripping* pour traiter des varices des membres inférieurs, ou bien encore d'une veine d'origine animale. Le pontage placé sous la peau va s'incorporer au tissu sous-cutané et sera ponctionné à partir de la fin de la troisième semaine.

Les sites, très nombreux, sont dominés par les montages brachio-basiliques, qu'ils soient en boucle à l'avant-bras ou surtout en ligne au bras.

L'artère et la veine réceptrice sont abordées par une ou deux incisions. Le greffon est anastomosé sur l'artère, « tunnelisé » sous la peau, puis réuni à la veine par une autre anastomose.

Un pontage est pratiquement toujours réalisable : il suffit de disposer d'une artère et d'une veine. Il n'y a pas de maturation à attendre, mais seulement la période de 3 semaines d'inclusion du greffon dans le tissu sous-cutané. Certaines prothèses récentes assez épaisses sont même utilisables le lendemain de la pose.

Mais la durée de vie d'un pontage est plus courte que celle d'une fistule. En effet, la veine réceptrice va souvent réagir au branchement du greffon en épaississant sa paroi, ce qui va provoquer une sténose. La sténose va s'aggraver et donner une thrombose du greffon si elle n'est pas reconnue et traitée à temps.

Par ailleurs, les greffons s'infectent plus facilement, et tout particulièrement lorsqu'il s'agit d'une prothèse comme le PTFE.

La création d'un pontage peut nécessiter une anesthésie générale. L'utilisation trop précoce d'un pontage dans l'histoire des abords vasculaires d'un patient peut empêcher la création ultérieure d'une fistule. Nous réservons donc les pontages aux rares patients ne pouvant bénéficier d'une fistule.

Les explorations avant la création de l'abord

La clinique est bien sûr l'élément déterminant. On recherche les poulx, puis sous garrot, les veines et leur qualité. Un spasme veineux au froid sera facilement

levé par un nouvel examen dans de meilleures conditions de température. Une hypovolémie faisant suite par exemple à une séance de dialyse peut rendre cet examen « non contributif ». Un doute peut conduire à demander des examens complémentaires qui sont, comme l'examen clinique, opérateurs-dépendants.

La **radiographie des parties molles** de l'avant-bras recherche des calcifications artérielles, fréquentes chez le diabétique.

L'**échographie** couplée au doppler permet de visualiser les veines et leur paroi, avec la recherche d'anomalies. Mais la qualité de l'examen dépend beaucoup de l'examineur, et ici aussi des conditions de température, et de l'hydratation. L'exploration artérielle est faite dans le même temps. Elle explore le calibre et la qualité des artères, ainsi que les flux.

La **phlébographie** reste l'examen veineux de référence en cas de doute, et pour l'exploration des troncs veineux proches du cœur.

Les radiographies sont prises après injection de produit de contraste iodé, ou à la rigueur de gaz carbonique, dans une veine du dos de la main. La phlébographie avec produit iodé est à éviter chez les patients ayant une fonction rénale trop dégradée, en particulier chez le diabétique, et en cas d'allergie avérée à l'iode.

L'**artériographie** peut être utile dans de rares cas pour compléter l'étude doppler.

L'**IRM** ou le **scanner** permettent d'explorer les gros vaisseaux du cou et de la racine du membre, dans certains cas très particuliers.

Les explorations des abords vasculaires

La **clinique** est l'élément fondamental car elle permet bien souvent de diagnostiquer une complication avec suffisamment de précision pour rendre inutiles les examens complémentaires.

Mais rares sont les opérateurs qui se passeront de ces explorations.

Les turbulences créées par le passage rapide du sang de l'artère vers la veine sont responsables d'un frémissement ou **thrill**, que l'on palpe, et d'un **souffle** permanent à renforcement systolique que l'on ausculte.

La localisation, l'intensité, la diffusion du thrill et du souffle, ainsi que leurs variations lors de la réalisation de diverses manœuvres (élévation du membre, compressions artérielles) sont avec la recherche de la pulsatilité des veines, les signes principaux.

Nous considérons que les données recueillies lors de chaque séance de dialyse appartiennent à la clinique : difficultés de ponction, débit sanguin, pression veineuse (PV) de réinjection et temps de compression pour obtenir l'hémostase en fin de séance.

Le **doppler** couplé à l'**échographie** permet de mesurer le débit dans la fistule, de visualiser les sténoses sur les artères et les veines, d'analyser la paroi et le contenu du vaisseau, ainsi que les flux. C'est l'examen de base.

La **fistulographie** consiste à injecter un produit de contraste par l'aiguille « artérielle » avec une réalisation de clichés radiographiques, au « fil de l'eau », puis, éventuellement, après compression localisée ou mise en place d'un garrot très serré à la racine du membre pour obtenir un reflux du produit de contraste dans le réseau artériel.

Lors d'une **artériographie**, le produit de contraste est injecté directement dans l'artère pour opacifier, dans le sens du flux sanguin, les réseaux artériels puis veineux.

Ces examens invasifs sont souvent réalisés juste avant un traitement endovasculaire ou chirurgical qui prolonge l'examen initial.

Les complications primaires

Elles surviennent dans les premières semaines, avant la maturation.

La thrombose

Il n'existe aucun souffle au retour du bloc, ou bien il disparaît dans les heures ou les jours qui suivent. Elle est souvent la conséquence de la mauvaise qualité des veines ou de rares anomalies de la coagulation.

L'hématome

L'hématome est de fréquence modérée, mais il est exceptionnel que son volume comprime la veine ou bien conduise à une évacuation chirurgicale.

L'hémorragie précoce de sang veineux

L'hémorragie précoce, modérée, de sang veineux, est en règle générale due à un défaut d'hémostase sur une petite veine qui est mise sous pression après création de la fistule. Une compression modérée, associée à la surélévation du membre, permet de traiter simplement cette situation.

L'hémorragie précoce de sang artériel

Elle est souvent abondante et est due à un défaut au niveau de l'anastomose ou sur la veine artérialisée. Elle impose la réintervention en urgence.

L'ischémie

Elle peut survenir surtout chez le diabétique et le patient polyvasculaire. Son importance est variable, depuis la simple sensation de main froide jusqu'aux rares douleurs intolérables de l'ischémie aiguë, imposant une fermeture de la fistule en urgence. Il faut connaître le cas particulier de l'ischémie monomélique avec une main qui reste chaude, pouvant faire errer le diagnostic et perdre du temps.

Les complications secondaires

Les sténoses

Ce sont les plus fréquentes et elles sont favorisées par les prises de sang et surtout les perfusions préalables à l'artérialisation, qui laissent une cicatrice sur la paroi veineuse, voire une construction endoluminale. Cette cicatrice va s'hypertrophier après la création de la fistule et donner un rétrécissement au lieu d'une dilatation.

Mais la plupart des sténoses apparaissent secondairement. Leur siège privilégié est à proximité de l'anastomose artério-veineuse dans les fistules, et au niveau de l'anastomose entre le greffon et la veine lorsqu'un tel greffon a été implanté. La sténose provoque un obstacle à l'écoulement du sang.

L'organisme cherchera, quand cela est possible, à le contourner en développant une circulation collatérale dont la qualité influera beaucoup sur la symptomatologie.

Une sténose, près de l'anastomose, sur une fistule, donne un **débit faible** en dialyse, un thrill et un souffle qui diffusent peu vers la racine du membre et des **difficultés de ponction** car la veine est moins apparente. L'aiguille « artérielle » sera positionnée de plus en plus près de l'anastomose, dans le sens du flux, et certaines séances vont être effectuées avec un garrot.

Une sténose sur la veine, au-delà de l'aiguille « artérielle », donne une **veine battante** car la pression du sang se rapproche de la valeur de la pression artérielle. Il peut exister une collatéralité veineuse d'importance variable. Le temps pour obtenir l'**hémostase** en fin de séance dépasse 5 minutes.

À force de ponctionner dans cette veine sous pression et dont la paroi n'est pas assez résistante, vont apparaître des dilatations ou « **anévrismes** », des destructions pariétales localisées ou ulcérations. Les ponctions peuvent également donner des hématomes importants.

Dans certains cas, il peut survenir un syndrome d'**hyperpression veineuse distale** par défaillance des collatérales drainant la fistule avec œdème distal, voire ulcérations des doigts ou du dos de la main.

Si la sténose siège au-delà de l'aiguille « veineuse », la **pression veineuse** de réinjection va augmenter de même que le temps pour obtenir l'hémostase en fin de séance. Une recirculation peut apparaître, car une proportion du sang qui vient d'être épuré est de nouveau aspirée par l'aiguille « artérielle », rendant la séance moins efficace.

Une sténose sur l'anastomose veineuse d'un greffon va donner un greffon battant, des « anévrismes », des ulcérations, une pression veineuse élevée et un saignement prolongé au niveau des points de ponction.

L'aggravation de toute sténose va provoquer une **thrombose** par la stase sanguine, et toute thrombose est due à une ou plusieurs sténoses.

Certaines sténoses de retentissement modéré ou nul, dépistées cliniquement, seront simplement surveillées. Mais dès qu'il apparaît un retentissement net sur le débit, une baisse de la qualité de la dialyse, ou que la sténose risque de se compliquer à moyenne ou courte échéance, un traitement sera proposé.

Il permet le plus souvent la poursuite de l'hémodialyse sur l'abord vasculaire. Parfois, l'abord ne sera pas jugé récupérable, mais on disposera du temps nécessaire pour en confectionner un autre.

Les **sténoses près de l'anastomose** des fistules de l'avant-bras justifient la création d'une fistule juste au-dessus de la précédente. C'est la réimplantation artério-veineuse qui donne de bons résultats. Une dilatation endoluminale par ballon peut être proposée dans des cas particuliers.

Les **sténoses sur la veine de drainage** sont surtout traitées par dilatation endoluminale, parfois par chirurgie avec mise en place d'un patch ou d'un court greffon. Les résultats sont moins bons que ceux des sténoses près de l'anastomose quand on conserve la même fistule. Dans certains cas, il vaut mieux recourir à la création d'une fistule plus proximale, voire au coude, ou bien sur une veine différente.

Les **sténoses sur l'anastomose veineuse des greffons** justifient une dilatation, plus rarement un patch ou un court greffon. La récurrence est fréquente et peut conduire à mettre en place une prothèse endoluminale ou un « stent » nu ou couvert de PTFE. Les résultats sont mauvais à moyen terme et expliquent la préférence très nette pour les fistules.

Le **traitement des thromboses** repose sur la suppression du thrombus et le traitement de la (ou des) sténose(s) qu'il est parfois difficile de localiser. Le traitement peut être chirurgical ou par des gestes endoluminaux, le plus souvent sous forme d'une thromboaspiration ou d'une thrombolyse suivie de la dilatation de la (ou des) lésion(s) reconnue(s).

Les infections

La fréquence des infections dépend directement de la qualité de l'hygiène des ponctions. Elles représentent la complication la plus grave et la plus urgente puisqu'il n'y a pas de parallélisme entre la symptomatologie locale et son éventuelle diffusion à distance, en particulier au niveau des valves cardiaques, dont le pronostic est mauvais.

L'infection peut être discrète, limitée à une rougeur au niveau d'un point de ponction ou à un caillot qui semble propre sur une ulcération. Elle peut au contraire être patente sous forme d'un abcès punctiforme, d'une inflammation franche, d'un hématome pulsatile ou d'une ulcération sanieuse. À l'antibiothérapie est souvent associée la fermeture de la fistule.

Les autres complications

Les ischémies

On les rencontre surtout en cas de pathologie artérielle (athérome, diabète) chez les patients multi-opérés ou s'il existe un hyperdébit. Des douleurs de la main qui augmentent pendant la progression de la séance doivent attirer l'attention. Le traitement est variable depuis l'abstention jusqu'à la ligature de l'abord.

Les hyperdébits

Ils sont dus à des anastomoses trop longues ou à une nouvelle période de maturation chez un patient greffé. Ils peuvent donner une insuffisance cardiaque ou une ischémie de la main. Leur traitement est difficile.

Les névralgies

Les névralgies peuvent survenir quand un nerf passe à proximité d'une incision ou de la zone de ponction.

Signalons encore les dégradations pariétales des veines et des greffons, sans oublier le préjudice esthétique lié à la dilatation veineuse, aux zones de ponctions et aux cicatrices chirurgicales. Le retentissement psychologique de certains abords est important.

Les autres méthodes d'accès au sang

Les cathétérismes percutanés

Ils consistent en la mise en place d'un cathéter au niveau d'une grosse veine. La veine la plus utilisée est la **veine fémorale**, ponctionnée avant chaque séance. Dans certains cas, il peut être laissé pour plusieurs séances. On peut aussi ponctionner la veine jugulaire interne. Dans ce cas, le cathéter, en règle générale à double lumière, est laissé en place plusieurs jours ou semaines.

La ponction de la veine sous-clavière est souvent utilisée en réanimation, mais elle est formellement contre-indiquée chez l'insuffisant rénal chronique car elle provoque des sténoses ou des thromboses de la veine.

Les cathéters sont intéressants en urgence ou en attendant la création et la maturation d'une fistule. Ce sera parfois la seule mise en œuvre dans les insuffisances rénales aiguës, puisque la durée de l'hémodialyse est courte, ne justifiant pas de créer une fistule. Cette technique donne parfois des hématomes au retrait du cathéter, en particulier au niveau fémoral. L'utilisation de l'échographie sécurise grandement la pose de ces cathéters.

Les cathéters centraux enfouis

Ils sont tunnélisés sous la peau, introduits dans la veine jugulaire interne et leur extrémité positionnée au niveau de l'oreillette droite. Ce type de cathéter peut rester en place plusieurs mois ou années en l'absence de complication.

Il est donc intéressant pour attendre la maturation d'une fistule ou bien dans certains cas particuliers à la place d'un pontage, car sa durée de fonctionnement est parfois supérieure. Il est la seule solution durable quand l'état des vaisseaux ne permet plus de créer un abord artério-veineux. Le plus gros risque est celui de la survenue d'une infection imposant son retrait. Des thromboses ou des sténoses veineuses peuvent compliquer ces dispositifs, à placer de préférence du côté opposé à la fistule.