

Dossier thématique de la
Fondation de l'Avenir

Chirurgie du futur

SOMMAIRE

I – L'évolution de la chirurgie

A – La vidéo-chirurgie : une chirurgie mini-invasive

- 1 – En quoi consiste la vidéo-chirurgie
- 2 - Les bénéfices de la vidéo-chirurgie

B – La chirurgie assistée par robotique

II – Les nouvelles techniques chirurgicales

A – La chirurgie robotique : les robots se miniaturisent

B – Stimulation cérébrale profonde : une alternative à la chirurgie

- 1 – Augmenter l'efficacité de la stimulation cérébrale profonde :
- 2 – Les recherches pour lutter contre l'épilepsie
- 3 – Appliquer la stimulation cérébrale profonde à d'autres maladies psychiatriques

C – Destruction localisée des tumeurs grâce aux ultrasons

- 1 – Les ultrasons contre le cancer de la prostate
- 2 – Détruire les tumeurs du cerveau avec des ultrasons

La chirurgie du futur

Notre pays a toujours été à la pointe de la pratique et des techniques chirurgicales. ; les innovations, les découvertes, parfois les révolutions, souvent nées de la recherche médicale française ont profondément transformé le geste chirurgical.

La chirurgie est passée de techniques « artisanales » (le doigt du chirurgien) apprises par compagnonnage, et dont le résultat variait beaucoup selon l'habileté de l'opérateur, à des techniques de plus en plus standardisées, qui peuvent être apprises par un plus grand nombre, et dont les résultats sont bien plus prévisibles. Même s'il reste toujours une part d'imprévu quand on opère un être humain...

En parallèle, mais en échange d'une bien plus grande complexité de la technologie et de la salle d'opération, on a obtenu une simplification des suites pour le patient (moins de douleur, moins de cicatrices, une récupération plus rapide).

Depuis sa création, la Fondation de l'Avenir est un des acteurs de cette formidable évolution.

Dans un premier temps, nous commencerons par montrer l'évolution de la chirurgie ces dernières années, et dans un deuxième temps les dernières avancées.

I – L'évolution de la chirurgie

Apparue dans les années 70 pour la chirurgie gynécologique, puis pour la chirurgie digestive, la vidéoscopie est maintenant utilisée pour tous les organes. Elle permet d'opérer en faisant pénétrer les instruments et les systèmes optiques par de toutes petites incisions. Grâce à elle, la dimension des cicatrices est passée de 25 cm à moins de 3 cm ! On parle de vidéo-chirurgie ou de coeliochirurgie pour la chirurgie abdominale.

En chirurgie cardiaque, cette technique a permis de pratiquer des interventions bien moins invasives, mais n'est malheureusement encore applicable qu'à certaines pathologies très localisées.

A – La vidéo-chirurgie : une chirurgie mini-invasive

1 – En quoi consiste la vidéo-chirurgie

La vidéo-chirurgie apporte au malade un réel confort, moins de douleur, une cicatrisation plus rapide et le plus souvent une reprise plus rapide de sa vie familiale et professionnelle.

Trois ou quatre petits trous de 10mm de diamètre suffisent pour faire passer une caméra vidéo miniaturisée et les instruments chirurgicaux nécessaires. Grâce à cette caméra, le chirurgien voit les organes en trois dimensions et peut intervenir sur des zones parfois très difficiles d'accès. Grâce au grand écran et au grossissement, le geste peut se faire très précis pour une intervention plus ciblée. Vaisseaux et nerfs, d'un diamètre inférieur au millimètre, sont beaucoup plus visibles et peuvent donc être mieux préservés.

C'est le Docteur Raoul Palmer qui, dès la fin des années 40, a mis au point la première technique de coeliochirurgie. Elle consiste à pratiquer, dans la paroi abdominale du patient, quatre incisions :

- Par la première, on introduit une caméra miniature munie d'un système optique permettant une vision panoramique. Les images apparaissent sur un grand écran placé devant le chirurgien.
- Par la seconde, on injecte du gaz carbonique. Sous la pression de celui-ci, les organes s'écartent les uns des autres.
- La troisième est réservée au système de lavage-aspiration qui assure la protection des tissus, l'hémostase (c'est à dire la coagulation des petites hémorragies) et la prévention des adhérences.
- La dernière, enfin, permet l'usage des pinces, ciseaux et porte-aiguilles. Instruments dont la technicité progresse tous les jours.

En chirurgie cardiaque, les progrès de la chirurgie mini-invasive ont été frappants. En effet, les interventions sur les valves cardiaque étaient toujours longues et lourdes. Le sang du malade était dérivé dans une énorme machine : le cœur-poumon artificiel. On arrêtait le cœur. On le "réparait". Puis, à la fin de l'intervention on le faisait repartir avec un choc électrique et l'on débranchait la machine.

Aujourd'hui, certaines de ces opérations peuvent se faire à cœur battant. Ainsi, il est possible, dans certains cas, d'intervenir sur la valve mitrale, située entre l'oreillette gauche et le ventricule gauche, sans ouvrir le thorax. Sans même ouvrir le cœur ! C'est tout particulièrement le cas en matière de rétrécissement mitral. La commissurotomie percutanée consiste à redonner le passage au sang par une dilatation de l'orifice mitral à l'aide d'un ballonnet monté par voie veineuse et gonflé après positionnement précis. La valve mitrale n'étant pas remplacée, le risque chirurgical est très faible.

2 - Les bénéfices de la vidéo-chirurgie

Les principales raisons qui ont poussé les chercheurs à développer la chirurgie mini-invasive sont multiples :

- ✓ Supprimer les douleurs post-opératoires
- ✓ Diminuer l'hospitalisations post-opératoires.
- ✓ Diminuer les risques d'hémorragies

B – La chirurgie assistée par robotique

Jusqu'à une période récente, la chirurgie demeurait une activité quasi artisanale, les gestes du chirurgien dépendant presque exclusivement de ce que son œil était capable de voir et sa main, de faire.

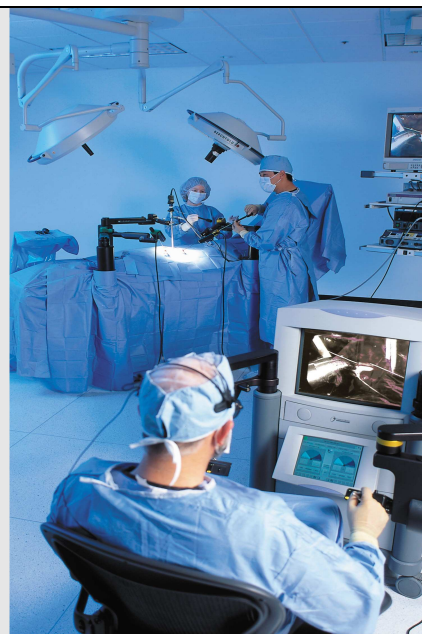
L'arrivée des « robots » en chirurgie et les progrès de l'imagerie médicale ont révolutionné les techniques opératoires. Leur utilisation combinée permet la vision en 3 dimensions, de démultiplier le geste du chirurgien, et de le rendre plus précis en abolissant les tremblements.

La « réalité virtuelle » permet de voir l'intérieur des organes comme s'ils étaient transparents, et, couplée à un robot, de « bloquer » l'accès des instruments à certaines zones dangereuses.

Les robots d'assistance chirurgicale

Avec les robots expérimentés depuis plusieurs années par des chercheurs financés par la Fondation de l'Avenir, c'est déjà une première génération d'outils qui est devenue opérationnelle.

Le chirurgien travaille sur une console informatique qui commande aux deux bras articulés robotisés. Le chirurgien pilote les gestes que le robot doit effectuer en fonction des images en trois dimensions transmises sur écran.



Dans le futur, ils pourront effectuer certaines séquences opératoires répétitives de façon extrêmement précise. La «téléprésence» permettra non seulement la «téléassistance» par un expert, mais aussi la télé-éducation, et une collaboration facilitée pour l'amélioration des techniques.

II – Les nouvelles techniques chirurgicales

A – La chirurgie robotique : les robots se miniaturisent

Malgré l'avancée majeure que représente la chirurgie robotique, l'arrivée des robots dans les blocs opératoires est limitée par leur encombrement et surtout par leur coût qui freine considérablement leur utilisation. Le professeur **Brice Gayet** (Paris) teste actuellement, à l'Institut Mutualiste Montsouris, un nouveau robot d'assistance opératoire miniaturisé. Pesant moins d'un kilo, ce concentré de technologie devrait apporter une solution au problème de l'encombrement de la salle d'opération et, à terme, à celui du coût de fabrication. Si les tests sont concluants, son usage pourrait être étendu à un grand nombre de blocs opératoires.

B – Stimulation cérébrale profonde : une alternative à la chirurgie

La stimulation cérébrale profonde consiste à introduire chirurgicalement des électrodes pour stimuler électriquement une région déterminée du cerveau afin de contrôler l'hyperactivité de neurones responsables de mouvements involontaires. Dans 70 à 80 % des cas, la stimulation arrête les mouvements anormaux sans induire de gêne pour le patient.

Grâce à elle, des malades atteints de formes sévères de la maladie de Parkinson ont vu leur qualité de vie grandement améliorée. Lorsque le stimulateur est arrêté, l'activité de la zone concernée reprend. Il s'agit donc d'une technique « réversible ».

La stimulation cérébrale profonde est devenue le traitement de référence de la maladie de parkinson quand le traitement médical s'avère insuffisant et entraîne trop d'effets secondaires.

Elle pourrait également avoir un intérêt dans d'autres pathologies où existe une hyperexcitabilité neuronale avec ou sans mouvements involontaires : épilepsies, chorée de Huntington, voire certains troubles du comportement comme les troubles obsessionnels compulsifs (TOC), résistants aux traitements classiques.

1 – Augmenter l'efficacité de la stimulation cérébrale profonde dans la maladie de Parkinson :

En inhibant, grâce à des électrodes, les zones responsables des tremblements, l'équipe du professeur **Benabid**, à l'origine de ce procédé, a ouvert la voie au traitement de nombreuses maladies neurologiques. Mais il s'agit aujourd'hui d'augmenter son efficacité et de rendre cette technique accessible à plus de patients qui pourraient en bénéficier.

La qualité du résultat de la stimulation cérébrale profonde dépend de la précision avec laquelle les électrodes sont implantées. On utilise pendant l'intervention des méthodes radiologiques, des enregistrements électriques des neurones, ainsi que l'observation des effets de la stimulation sur les symptômes du malade, qui reste éveillé pendant l'intervention. Ces explorations sont longues et fatigantes pour le malade, mais elles permettent de choisir, parmi les trajectoires qui sont explorées, celle qui s'avérera la meilleure.

Il est apparu qu'on pouvait diminuer le temps d'intervention en gardant les mêmes chances de succès si l'on implantait non pas une, mais cinq électrodes dans les cinq trajectoires à condition de pouvoir en postopératoire explorer chacun des contacts et éventuellement en associer plusieurs pour la stimulation chronique.

Ceci pourrait également permettre d'augmenter encore l'efficacité de la stimulation en traitant plusieurs symptômes à la fois, du fait du plus grand nombre d'électrodes implantées dans la cible visée.

Pour réaliser cela, il est nécessaire de pouvoir connecter les cinq électrodes (porteuses chacune des quatre plots ce qui fait un total de 20 plots) à un multiplexeur implanté sous la peau et programmable à la demande. Ce multiplexeur agit en quelque sorte comme un central téléphonique permettant de mettre en contact avec le simulateur les plots choisis pour leur efficacité (en théorie entre 1 et 20 par côté). En partant de cette idée, l'équipe du professeur **Benabid** a réalisé dans le cadre d'une opération conjointe CEA LETI INSERM, un tel multiplexeur dont les prototypes ont subi toutes les étapes réglementaires d'efficacité et de sécurité et de tolérance aux conditions spécifiques à la biologie (toxicité, stérilité). Cinq malades seront ainsi équipés dans le cadre d'un essai clinique approuvé par le comité de protection des personnes du CHU de Grenoble.

2 – Utilisation de la stimulation cérébrale profonde dans le traitement des maladies épileptiques

Mise au point initialement pour des patients atteints de la maladie de Parkinson, la stimulation cérébrale profonde pourrait voir étendre son champ d'application à d'autres pathologies neurologiques. Dans le domaine de l'épilepsie rebelle, l'équipe du docteur **Depaulis**, au CHU de Grenoble, tente de mettre au point de nouvelles techniques de stimulation profonde afin d'éviter l'intervention chirurgicale, seule alternative actuelle aux traitements pharmacologiques.

Afin d'appliquer cette technique aux malades atteints d'épilepsie, il faut d'abord déterminer la zone du cerveau qui doit être stimulée afin d'être efficace sur cette pathologie.

L'équipe du docteur **Depaulis** élabore, grâce à la Fondation de l'Avenir, des méthodes permettant de détecter le démarrage des crises d'épilepsie et d'établir une cartographie précise des régions cérébrales modifiées par les crises.

Leur but est de proposer une neurostimulation déclenchée par le démarrage des crises, afin de stopper ces dernières. Une fois ces étapes validées, les neurochirurgiens pourront alors proposer des essais thérapeutiques chez les patients épileptiques dont la maladie résiste aux traitements médicamenteux et chez lesquels l'intervention chirurgicale est impossible.

3 – Appliquer la stimulation cérébrale profonde à d'autres maladies psychiatriques

La gravité des troubles comportementaux présents dans certains troubles obsessionnels compulsifs (TOC) et le syndrome de Gilles de la Tourette, leur retentissement aussi bien dans la vie personnelle, sociale que professionnelle et finalement leur coût social en font des pathologies très invalidantes. Il existe un certain nombre de prise en charges médicamenteuses et psychocomportementales, mais plus de 20% des patients n'ont actuellement aucune solution et présentent un handicap sévère. Ceci justifie la recherche de nouvelles thérapeutiques, dont l'emploi de la stimulation cérébrale profonde.

L'objectif du projet du docteur **Tremblay**, de l'hôpital de la Salpêtrière, est de démontrer l'efficacité de la stimulation cérébrale profonde afin de réduire les symptômes présents dans les pathologies telles que les TOCs ou le syndrome de Gilles de la Tourette. La stimulation sera réalisée dans le noyau subthalamique. Le projet comporte de nombreuses étapes, en particulier des enregistrements électrophysiologiques pour localiser le pôle antérieur du noyau subthalamique, site de la stimulation, et pour vérifier précisément les effets attendus. Un protocole clinique est en cours de démarrage en parallèle.

C - Destruction localisée des tumeurs grâce aux ultrasons

Le traitement ciblé non chirurgical des tumeurs constitue une voie d'avenir dans la lutte contre le cancer. Aussi, les ingénieurs et les chirurgiens développent des technologies de pointe afin de n'intervenir que sur les tumeurs, préservant ainsi les tissus avoisinants. Les traitements sont alors plus efficaces et supportables pour le patient.

1 – Les ultrasons contre le cancer de la prostate

Le docteur **Xavier Rebillard** (Montpellier) dirige une étude sur 4 cliniques mutualistes françaises (Lorient, Montpellier, Paris, Saint-Étienne) où est expérimenté le traitement des cancers localisés de la prostate par ultrasons focalisés de haute fréquence (HIFU, Ablatherm™). Il pourrait s'agir d'une alternative efficace à la chirurgie - qui reste le traitement de référence - pour nombre de patients âgés ou non opérables. Peu invasive, cette option thérapeutique présente de nombreux avantages : traitement local précis en une fois, courte durée d'hospitalisation et peu d'effets secondaires. L'étude permettra de préciser la position de ce traitement par rapport aux traitements non chirurgicaux de référence (radiothérapie, curiethérapie...) sur une période de 5 à 10 ans et d'analyser la tolérance des patients ainsi que leur qualité de vie.

2 – Détruire les tumeurs du cerveau avec des ultrasons

Les tumeurs cérébrales se développent rapidement et, en comprimant les zones avoisinantes du cerveau, provoquent des dysfonctionnements.

L'ablation chirurgicale n'est malheureusement pas toujours envisageable et le risque d'endommager les tissus alentours est toujours important. D'où l'idée de détruire « de l'extérieur » ces tumeurs par ultrasons.

Concentrer des ondes sur une zone précise provoque un échauffement ; à plus de 60°C, les cellules « brûlent » et meurent. Cette technique est couramment utilisée pour d'autres organes, mais la boîte crânienne dévie la trajectoire du faisceau d'ultrasons envoyé et complique considérablement le ciblage.

En exploitant une propriété mathématique de ces ondes, l'équipe du professeur **Fink** est parvenue à contourner la difficulté. En effet, il est possible de leur faire parcourir en sens inverse le cheminement exact de leur émission : c'est le « retournement temporel ».

Le laboratoire travaille à simuler, à l'intérieur de la boîte crânienne, une source virtuelle d'ultrasons qui serait la tumeur à détruire.

L'équipe a ensuite modélisé sur ordinateur le trajet d'un tel faisceau et le « retourne » à son point d'origine pour le détruire. Si le premier voyage est devenu virtuel, l'onde retournée, elle, est bien réelle et prête à détruire une tumeur.

Le laboratoire a défini et teste actuellement les protocoles sur des cibles expérimentales avant de passer à l'application humaine.



*Miroir à retournement temporel,
Laboratoire ondes et acoustiques.*