

Le futur de la chirurgie cardiaque

The future of cardiac surgery

A Leguerrier

Service de chirurgie thoracique, cardiaque et vasculaire, CHU Pontchaillou, Rennes

Mots clés

◆ Chirurgie cardiaque

Résumé

Un regard sur le passé de cette chirurgie récente permet de relever une évolution par paliers, qui peut voir brutalement disparaître tout un volet chirurgical ou, au contraire, faire émerger à grande vitesse un nouveau secteur d'activité comme la greffe d'organes.

Toute évolution significative devra intégrer les impératifs spécifiques au système cardiovasculaire à savoir : maîtrise « à distance » de l'arrêt cardiaque (et de la circulation extracorporelle), biocompatibilité (comme pour toute structure intravasculaire), et parfaite visualisation.

À court ou moyen terme, l'endovasculaire va progresser dans le cadre des « palliatives améliorées » (mise en place de valves percutanées, plasties « non anatomiques »), avec une compétition (temporaire) du mini-invasif par abord véritablement moins invasifs. La technologie continuera de conforter l'assistance mécanique, l'immunologie devra franchir un palier significatif (xénogreffes...). La thérapie cellulaire fera encore longtemps rêver...

« Dans la vraie vie », si la faisabilité d'une technique particulière est souvent atteinte (beaucoup de « premières » dans la discipline), la reproductibilité et la fiabilité restent prioritaires pour toute évolution significative et durable.

L'imagerie autorisant notamment une modélisation (avec navigation dans la réalité virtuelle) va progresser à grande vitesse en utilisant tout le panel des longueurs d'ondes situées hors de notre secteur de visibilité conventionnelle.

Dans cette voie, nous sommes clairement passés de l'étape des pionniers à l'étape des équipes pluridisciplinaires intégrant des compétences multiples, qui doivent se décliner dans ce siècle, qui a démarré sous le signe de la communication.

Keywords

◆ Cardiac surgery

Abstract

A look back on this new surgery reveals a step by step evolution, with the sudden disappearance of some surgical activities and on the contrary a quick emergence of new others such organs transplantation.

Any substantial evolution will have to integrate the specific imperatives of the cardiovascular system, such as: perfect command of the cardiac arrest from a distance (and of extracorporeal circulation), biocompatibility (like for any endovascular structure), and perfect visualization.

At short or medium term, endovascular procedures will increase for "palliative care" (percutaneous valves, non anatomical plasties...), accompanied by a temporary competition with real minimal invasive approaches. Technological progress will reinforce mechanical circulatory support, immunology will have to get over a significant step (xenograft) and cell therapy will make us dream for a while...

"In real life", if feasibility is often achieved (a lot of "first case ever..." in our specialty), reproductibility and reliability remain the priority for any significant and durable evolution.

Medical imaging, which allows establishment of a model (with virtual reality navigation), will quickly increase using the entire wavelength situated beside our conventional visibility.

Going this way, we clearly went from the era of pioneers toward an era of multidisciplinary teams with multiple competences, being inflected during this century, which started devoted to communication.

Se projeter dans l'avenir est toujours d'une grande imprudence... et pourtant cette approche est fondamentale pour l'orientation de nos activités, et notamment pour déployer

tous les moyens nécessaires dans une recherche clinique qui s'avère de plus en plus sophistiquée... au travers des changements dont le rythme s'accélère...

Correspondance :

*Service de chirurgie thoracique, cardiaque et vasculaire, CHU Pontchaillou - Hôpital Universitaire - Centre Cardio-Pneumologique, 2, rue Henri Le Guillou - 35033 RENNES Cedex
e-mail : alain.leguerrier@chu-rennes.fr*

Disponible en ligne sur www.bium.univ-paris5.fr/acad-chirurgie
1634-0647 - © 2010 Académie nationale de chirurgie. Tous droits réservés.

Un regard sur le passé pour éclairer la vision du futur

Toute vision d'avenir s'intègre bien sûr dans une dynamique nécessitant une analyse du passé.

Quelques repères

La chirurgie cardiaque est une chirurgie récente : elle est née au XXe siècle (Rehn... et la suture des plaies du cœur). La chirurgie à cœur ouvert ne concerne que la deuxième moitié du XXe siècle (après la mise au point de la circulation extracorporelle à partir de la machine cœur-poumon de Gibbon). Cependant, toutes les bases actuelles de notre chirurgie se sont trouvées posées en moins de 15 ans : la décennie 1960-1970 a vu s'inscrire tous les titres des grandes pages de notre chirurgie.

- La chirurgie coronaire : après la chirurgie à cœur battant (Kolessov à Moscou, 1962), la réalisation du pontage aorto-coronarien veineux (Favaloro, Cleveland, 1967) et l'utilisation des artères mammaires internes pédiculées (Green, 1967, New-York).
- La chirurgie des valves cardiaques : utilisation des homogreffes par Ross à Londres en 1962 et par Barrat-Boyes « chirurgie aux antipodes » en 1964, la mise au point des hétérogreffes (Carpentier, Paris, 1965), devenant des bioprothèses (avec commercialisation industrielle par Hancock en 1971), l'évolution des prothèses mécaniques se faisant en parallèle : valves à billes (valve de Starr-Edwards dès 1960), prothèses à disque basculant de type Björk-Shiley en 1969, prothèses à double ailettes de type SJM en 1977.
- La transplantation cardiaque, dès décembre 1967 par Barnard au Cap, et l'assistance mécanique du cœur (avec première implantation pour récupération par DeBaake dès 1966).
- Selon Ernest Renan « *Les vrais hommes de progrès sont ceux qui ont pour point de départ un respect profond du passé* ». C'est rappeler ici l'opportunité de rendre hommage aux pionniers qui ont écrit ces pages d'histoire notamment à Paris même, siège de l'Académie : Christian Cabrol réalisant, avec Gérard Guiraudon, la première transplantation cardiaque européenne au milieu des désordres parisiens de mai 1968, et Alain Carpentier poursuivant ses études sur la conception de bioprothèses (facilement implantables et de durabilité acceptable) et parallèlement développant la réparation valvulaire (*French correction*).

Les paliers dans la progression

Les grandes révolutions thérapeutiques sont le plus souvent attribuées au « hasard » par leurs auteurs avec des avancées par paliers pouvant modifier très brutalement le cours d'une chirurgie donnée. Ainsi, en a-t-il été :

- des antibiotiques (antituberculeux) qui ont fait disparaître en quelques années tout un pan de la chirurgie thoracique (1950-1960) ;
- à l'opposé, les immunosuppresseurs qui ont permis un développement en flèche de la transplantation dans les années 1980 : « *Le hasard ne profite cependant qu'aux esprits préparés* » nous indiquait Louis Pasteur... et c'est ainsi que la transplantation a pu se développer très rapidement sous l'impulsion de Norman Shumway à Palo Alto et de Christian Cabrol à Paris, leurs équipes ayant poursuivi leurs programmes, envers et contre tout...

Difficulté de prévoir notamment pour les gouvernants de programmes de santé... Ainsi en 1980, certains pronostiquaient pour les années 2000 la disparition de la chirurgie coronaire (en raison du développement de l'angioplastie à partir des années 1979 par Andréas Gruentzig) et, par contre, le déve-

loppement considérable des greffes qui devaient constituer plus d'un tiers de l'activité chirurgicale en l'an 2000... Nous avons largement dépassé ces dates et constaté que ces prévisions étaient loin des réalités, l'activité de transplantation étant bien sûr extrêmement limitée par la disponibilité des organes, et l'angioplastie - dont l'expansion a été considérable - ne pouvant cependant pas encore régler tous les problèmes des coronaropathies, notamment diffuses.

Les fausses innovations ou le retour aux sources

Si les grandes pages d'innovation thérapeutique ont pris leur place entre 1960 et 1980, on peut parler de « fausses innovations » dans les années 1980-2000... ou un retour (parfois fugace) aux sources avec :

- pour les coronaires, la redécouverte de la chirurgie coronaire à cœur battant qui ne parvient pas à s'imposer (mais dont le développement a permis de faire progresser la chirurgie coronaire sous CEC... pour la rendre concurrentielle)... Elle garde une place qui pourrait redevenir prépondérante, notamment dans des pays en voie de développement ;
- pour les valves, la réhabilitation des valves sans armature (retour aux premières interventions techniquement difficiles de mise en place d'homogreffes et d'hétérogreffes), ou la promotion d'alternatives complexes (nécessitant souvent le remplacement du culot aortique alors que seule la valve aortique est malade)... Il a fallu attendre les analyses des grands registres (STS) pour prouver que sur des grands nombres de patients la raison devait prévaloir...
- pour l'ensemble de notre chirurgie, des modes de mini-voies non anatomiques qui s'avéraient finalement plus traumatisantes que l'abord conventionnel (comme les voies parasternales verticales pour la mitrale, ou des voies nécessitant des résections costales antérieures)...

Finalement nombre d'alternatives ou de fausses innovations n'ont résisté ni à l'évaluation ni à l'évolution.

Le cœur, ses raisons et ses contraintes

Les évolutions moins invasives ont largement profité à nombre d'autres secteurs de la chirurgie. La chirurgie viscérale a été transformée par des voies d'abord limitées (aux introducteurs) avec une visualisation optimisée (injection d'air) et une mécanisation des sutures (sur les organes creux et vides). De même, en chirurgie orthopédique, l'optimisation des matériaux, possible du fait d'absence de contrainte biologique majeure, le tout favorisé par la possibilité d'une robotisation. Ces grands progrès technologiques restent d'application partielle et sélective au niveau cardiaque du fait de contraintes multiples et simultanées qu'il est nécessaire de régler, notamment la gestion de la circulation extracorporelle, du milieu sanguin ambiant (visualisation difficile) et des procédures complexes de protection, bien sûr myocardiques mais aussi cérébrales et viscérales. Les artères coronaires (extracardiaques) peuvent cependant être traitées comme des vaisseaux périphériques et faire l'objet d'approches différentes.

Ainsi, le développement des abords moins invasifs (qui doivent rester anatomiques) doivent être associés à un système performant de visualisation et permettre de maîtriser l'immobilisation cardiaque ; la maîtrise de la circulation extracorporelle par approche extrathoracique apparaît un préalable fondamental : toutes les difficultés ne sont pas résolues en pratique quotidienne. Les systèmes sophistiqués, type *Heart Port*, se sont heurtés à des difficultés liées au caractère pathologique des réseaux artériels des patients opérés : aléas liés aux conditions anatomiques (difficultés d'obtenir un clampage intra-artériel fiable, un assèchement des cavités cardiaques...) avec un allongement assez considérable des temps d'intervention et de circulation extracorporelle.

Si la faisabilité a, bien sûr, été vérifiée par quasiment toutes les équipes chirurgicales, la nécessité d'une reproductibilité et d'une fiabilité de ces technologies reste largement à démontrer.

Les grandes pistes - Les paris sur l'avenir

Chirurgie coronaire

Même si de grandes études valident la qualité des résultats à long terme de la chirurgie coronaire, il est réellement possible de penser à une disparition programmée de la chirurgie classique du fait du développement des approches endovasculaires. Cependant, un peu plus lentement que pronostiqué initialement : l'angioplastie (Andréas Gruentzig dès 1979), la mise en place de stents endocoronaires (Jean Puel à partir de 1987) puis la mise au point des stents « actifs » ont transformé complètement le profil de la prise en charge du coronarien... Ceci dit, 800 000 procédures de pontages aortocoronariens restent effectuées chaque année dans le monde entier (chiffres 2008), cette activité restant de plus en plus limitée aux difficultés de la cardiologie interventionnelle (problèmes techniques et risques propres des alternatives médicales au long cours...).

L'évolution de la chirurgie coronaire est, bien sûr, tout à fait parallèle à l'évolution de la chirurgie vasculaire au sens large, en sachant cependant les difficultés de mise au point des sutures automatisées, les limites d'accès multi-artériels dans les abords mini-invasifs, les problématiques de l'arrêt cardiaque pour l'utilisation en routine des techniques robotiques.

En matière de chirurgie artérielle, si l'essor considérable des endoprothèses se poursuivra rapidement grâce au développement des nouveaux systèmes de visualisation dans des salles hybrides autorisant aussi bien l'imagerie que la chirurgie, il n'en reste pas moins vrai que les marges d'évolution en matière de biomatériaux restent encore assez considérables.

Chirurgie valvulaire

Il faut retenir la place toujours croissante des réparations valvulaires (analyses plus précises de mécanismes de dysfonctionnement, possibilité de réalisation de réparations de plus en plus complexes).

Parallèlement, se poursuivra le développement de matériaux de substitution de plus en plus performants, qu'ils s'agissent de prothèses mécaniques (valves actives utilisant le concept magnétique), qui pourraient redevenir plus attractives avec les progrès en matière d'anticoagulation (nouvelles molécules, antithrombines...), et surtout le développement de la voie biologique avec conception de nouveaux matériaux moins encombrants, sans suture, et surtout pouvant se déployer par voie endovasculaire : le chapitre endovalvulaire s'est ouvert depuis 2002 avec la première mise en place d'une valve aortique par voie endovasculaire par Alain Cribier puis par la mise en place de programmes cliniques assortis de systèmes d'évaluation rigoureux.

Pour autant, si de l'approche endovasculaire on en arrive à une approche endovalvulaire, il n'en reste pas moins vrai qu'actuellement ces techniques laissent les valves natives en place (ce sont plus des « palliatives améliorées »), et que les voies d'approches restent multiples (apicale, artérielle, fémorale ou sous-clavière, trans-septale... aucune n'étant idéale) : dans l'état actuel, il s'agit un peu d'un retour vers une chirurgie intracardiaque sinon « aveugle », du moins de visualisation difficile.

C'est dans ce domaine que les progrès seront considérables pour assurer une parfaite visualisation pendant la procédure : mise en place de salles hybrides (aussi bien radiologiques que

chirurgicales), développement de nouvelles technologies de visualisation : échographie (écho 3D) et futurs procédés utilisant des ondes dont les fréquences s'éloignent largement de celles de la lumière visible... non seulement, bien sûr, des ondes hautes fréquences (rayons X ou rayons gamma) mais aussi des ondes basses fréquences (radio avec systèmes de repérage de type GPS), d'une précision qui deviendra considérable.

De plus, ces techniques (« réalité virtuelle, réalité augmentée ») permettent une modélisation des diverses étapes et une planification pré-opératoire... Ces techniques de simulation seront rapidement fondamentales dans le cadre de la formation des chirurgiens et de futurs opérateurs.

Transplantation (la voie biologique) et assistance (la voie mécanique)...

La voie biologique classique

La transplantation se heurte actuellement à de nombreuses problématiques : nombre de greffons limités, effet secondaire des immunosuppresseurs, moratoire concernant le volet xéno-greffes en raison du risque viral... Peut-être un nouveau palier médical permettra-t-il de franchir les barrières actuelles et d'espérer un nouvel essor dans ce cadre.

À court terme, des progrès significatifs pourraient résulter de l'utilisation des systèmes de préservation et de transport des greffons, sous circuit de perfusion autorisant une « réanimation » du greffon et une durée de préservation permettant toutes les études de compatibilité nécessaire, avec au bout du compte une chirurgie dans des conditions optimisées.

La voie mécanique

L'assistance mécanique du cœur s'est développée avec amélioration des systèmes mis au point il y a plus de 25 ans, qu'ils s'agissent du cœur artificiel total (de type Jarvik qui est devenu *Cardio West*) et modélisation actuelle d'un nouveau cœur total « biocompatible » (Carmat), avec implication majeure des techniques de l'industrie, notamment aéronautique (EADS).

Les progrès en matière de biomatériaux permettent d'utiliser de façon prolongée des circuits assez simples : systèmes d'assistance par circulation extracorporelle de longue durée (ECMO, ou ECLS), avec un nouvel essor récent de ces technologies.

De même, les systèmes d'assistance partielle du cœur gauche et de pompes axiales peu délébiles pour les éléments figurés du sang représentent des voies de développement assez considérables avec indications réalistes d'implantations en *destination therapy*... Les coûts limiteront cependant leur utilisation. Les marges de progression restent considérables, si l'on veut pouvoir utiliser les pompes centrifuges apicales (*heart ware*) ou les *aortico-valvo pump* avec valve aortique active (problèmes d'hémolyse loin d'être résolus).

Et les biothérapies

Elles représentent des espoirs légitimes, qu'il s'agisse :

- des transplantations cellulaires, visant notamment à régénérer les cellules contractiles des zones détruites du myocarde ; après les déceptions avec les myocytes (étude MAGIC), les espoirs se portent sur les potentialités des cellules souches...
- de la thérapie génique visant notamment à réintroduire des gènes contrôlant les protéines des mouvements calciques.
- Sommes-nous dans le domaine du rêve ou de la réalité ? En tout cas, nous sommes très loin des applications cliniques, chaque découverte engendrant une nouvelle série de questions encore plus complexes...

Conclusion

En guise de conclusion, rappelons que « *l'avenir n'est pas écrit* » comme l'avaient rappelés Albert Jacquard et Axel Kahn dans un ouvrage qu'ils ont réalisé en commun. Si l'on ré-analyse les dessins de Léonard de Vinci, si l'on relit Jules Verne, on retrouve beaucoup de rêves passés à la réalité ; mais la faisabilité n'est pas toujours aisément suivie d'une transition vers la reproductibilité et la fiabilité : ainsi l'homme a mis le pied sur la lune en 1969 (« *Un petit pas pour l'homme, un grand pas pour l'humanité* » selon Aldrin), la réalisation des voyages n'a pas suivi et n'est pas encore pour demain...