

# Le registre « StuDoQ | Pancreas » de l'Association Allemande de Chirurgie Générale et Viscérale (DGAV) - un outil multi-institutionnel de mesure de la qualité et d'investigation des résultats en chirurgie pancréatique. Application à l'exemple des tumeurs neuroendocriniennes non fonctionnelles du pancréas (NF-pNET)

## The StuDoQ | Pancreas Registry of the German Association for General and Visceral Surgery - a Multi-Institutional Tool for Quality Assessment and Outcomes Research in Pancreas Surgery. The Example of the Non-Functional Neuroendocrine Pancreatic Tumors (NF-pNET)

F Billmann, D Bausch, U Wellner, T Keck

Département de chirurgie - CHU de Schleswig-Holstein, Allemagne.

### Mots clés

- ◆ Registre
- ◆ StuDoQ
- ◆ DGAV
- ◆ Pancreas
- ◆ Tumeur neuroendocrinienne
- ◆ Chirurgie
- ◆ Facteur de risque

### Résumé

Le nombre des résections pancréatiques, réalisées dans le cadre du traitement des tumeurs neuroendocriniennes (pNETs) du pancréas, a augmenté au cours des dernières décennies. La morbidité reste haute, et de nouvelles indications opératoires comme la chirurgie palliative des pNETs vont de pair avec un risque périopératoire accru. De plus, l'application de techniques mini-invasives est en plein essor dans le cadre de la chirurgie pancréatique. L'évaluation des résultats de cette chirurgie, en dehors des centres spécialisés et en particulier en ce qui concerne les techniques mini-invasives, reste limitée. Dans le but d'établir un instrument national de mesure de la qualité et d'évaluation des résultats en chirurgie pancréatique, l'Association Allemande de Chirurgie Générale et Viscérale (DGAV) a développé le registre « StuDoQ|Pancreas ».

Un ensemble de données de base et de facteurs de risque ont été sélectionnés à partir d'une revue de la littérature actuelle. Le détail des procédures chirurgicales, couvrant tout le spectre de la chirurgie pancréatique et des procédures palliatives, a été pris en compte et collecté. Durant les deux premières années de mise en place, plus de quarante départements allemands de chirurgie ont rejoint le registre. Les analyses initiales ont démontré la validité du registre et la possibilité d'études randomisées fondées sur ce dernier. Nous avons centré notre présentation sur l'utilisation de cet instrument pour l'étude des tumeurs neuroendocriniennes du pancréas. Son potentiel au niveau international semble évident; nous invitons, par conséquent, nos partenaires internationaux à participer à ce registre.

### Keywords

- ◆ Registry
- ◆ StuDoQ
- ◆ DGAV
- ◆ Pancreas
- ◆ Neuroendocrine tumor
- ◆ Surgery
- ◆ Risk factor

### Abstract

The number of pancreatic resections performed for various pathologies, and especially neuroendocrine tumors (pNET), has been increasing over the last decades. Morbidity remains high, and emerging indications like palliative surgery of neuroendocrine pancreas tumors carry an increased operative and perioperative risk. Furthermore, minimal-invasive approaches are increasingly applied in pancreatic surgery. Several analyses have demonstrated a significant volume-outcome relationship in pancreatic surgery. Data regarding pancreatic surgery outside of the specialized center setting and regarding minimal invasive techniques remains limited. With the aim to establish a tool for national quality assessment and outcomes research, the German Association for General and Visceral Surgery (DGAV) established the StuDoQ|Pancreas registry.

An array of baseline and risk factors was selected from review of the current literature. Details of the surgical procedure were included, covering the whole spectrum of pancreatic resection and palliative procedures. During the first 2 years after implementation, more than 40 German surgery departments have joined the registry. Initial analyses demonstrate validity of risk factors and feasibility of outcomes research including minimal invasive procedures, as well as the potential for randomized registry trials. Our aim was to demonstrate the registry as a potent aid to investigate neuroendocrine tumors of the pancreas. It is devoted to become a powerful international tool for quality control and the implementation of large studies; thus, participation of international members is welcomed.

### Correspondance :

Dr Franck Billmann, Directeur de la section de chirurgie endocrinienne - Département de chirurgie  
CHU de Schleswig-Holstein - Ratzeburger Allee - 160 D-23538 Lübeck, Allemagne.  
Tel : +491743080548 / Fax : +494515002069 / E-mail : Franck.Billmann@uksh.de

Le nombre des résections pancréatiques, réalisées dans le cadre du traitement des tumeurs neuroendocriniennes bénignes ou malignes du pancréas, a augmenté au cours des dernières décennies (1). Cette augmentation est, en partie, à mettre en relation avec l'augmentation de l'incidence de ces tumeurs (2) : elles sont en effet passées au deuxième rang des tumeurs gastro-intestinales en terme d'incidence, après les tumeurs coliques (2). Avec la spécialisation croissante des chirurgiens et des soins intensifs périopératoires, la mortalité a diminué pour s'établir sous la barre des 5 % dans bon nombre de centres (3,4). Cependant, la morbidité reste haute, et de nouvelles indications opératoires comme la chirurgie palliative des tumeurs neuroendocriniennes du pancréas (pNET) vont de pair avec un risque périopératoire accru (3,4). L'application croissante des techniques mini-invasives dans le cadre de la chirurgie pancréatique est autre élément-clé à prendre en compte (3,5-11). De nombreuses études en chirurgie pancréatique ont montré une relation statistique significative entre l'expérience d'un chirurgien ou d'une clinique et les résultats opératoires (12-19). L'évaluation des résultats de cette chirurgie en dehors des centres spécialisés, et d'autant plus en ce qui concerne les techniques mini-invasives, reste limitée. Dans le but d'établir un instrument national de mesure de la qualité et d'évaluation des résultats en chirurgie pancréatique, l'Association Allemande de Chirurgie Générale et Viscérale (DGAV) a développé le registre "StuDoQ|Pancreas" (20). Nous nous proposons de présenter au lecteur, d'une part la structure et le fonctionnement de ce registre et d'autre part l'immense potentiel de cet outil de travail dans l'évaluation épidémiologique et l'évaluation de la pratique chirurgicale appliquée aux tumeurs neuroendocriniennes non-fonctionnelles du pancréas (NF-pNET).

## Historique des registres

Dans le domaine médical, les registres ne sont pas une invention contemporaine. Déjà au milieu du XIXe siècle, des médecins utilisaient cette méthode de documentation, basée sur l'observation de paramètres prédéfinis, pour améliorer la prise en charge d'affections comme la tuberculose. Au milieu du XXe siècle, de tels registres se sont diversifiés et ont été utilisés pour l'étude épidémiologique des maladies dites "chroniques" (20).

Bien que, dans la plupart des cas, les deux groupes suivants se confondent dans le cadre des registres chirurgicaux, il est possible de définir deux types de registres :

- le registre épidémiologique, s'intéressant à l'incidence, la répartition géographique et l'évolution de la pathologie étudiée dans le temps ;
- le registre clinique dont le but est l'amélioration de la prise en charge de l'affection étudiée.

Aux États-Unis, des registres ont été mis en place de manière très précoce, et recensent actuellement un grand nombre de patients dans les différents domaines de la pratique médicale. Deux exemples de tels registres sont le registre SEER (Surveillance, Epidemiology, and End Results Programm), fondé le 1er janvier 1973, et le registre de traumatologie NTDB (National Trauma Data Bank), fondé en 1980. A titre de comparaison, le registre SEER recense 63.530 néoplasies du pancréas dont 3.850 tumeurs neuroendocriniennes du pancréas (pNET), alors que le registre allemand StuDoQ Pancreas, dont il est question dans cet article, n'en compte que 3.630 dont 238 pNET.

## Les registres StuDoQ de la Société Allemande de Chirurgie Générale et Viscérale - Deutsche Gesellschaft für Allgemein- und Viszeralchirurgie (DGAV)

### Les statuts de la DGAV à l'origine des registres StuDoQ

La société allemande de chirurgie générale et viscérale (Deutsche Gesellschaft für Allgemein- und Viszeralchirurgie, DGAV) a formulé dans ses statuts, sous le paragraphe 2 "But et missions de la société", les points-clés suivants comme étant ses missions prioritaires :

- avancement de la chirurgie générale et viscérale dans les domaines clinique et scientifique ;
- soutien et réalisation d'études scientifiques ;
- soutien de méthodes thérapeutiques dont l'efficacité a été scientifiquement démontrée ;
- participation à des mesures de contrôle et d'amélioration de la qualité de la pratique chirurgicale ;
- éducation sanitaire de la population sur les affections en chirurgie générale et viscérale ;
- soutien de la prévention, de la détection précoce et du traitement précoce des affections chirurgicales et de l'avancement des mesures de réhabilitation.

Les mesures de contrôle et d'amélioration de la qualité de la pratique chirurgicale sont considérées comme essentielles dans les statuts de la DGAV, et ce quel que soit la taille des services de chirurgie. De plus, cette analyse de la pratique chirurgicale peut avoir des conséquences directes positives pour les patients. Ceci n'est possible que si les informations cliniques sont correctement observées et documentées dans une base de données (registres). Une amélioration de la pratique chirurgicale grâce à de tels registres a été démontrée dans de récentes études (21,22). Afin d'appliquer et d'utiliser ces observations dans la pratique chirurgicale allemande, la DGAV a mis en place le système de registres StuDoQ (Studien-, Dokumentations- und Qualitätszentrum).

### Le système des registres StuDoQ

Le système StuDoQ a été mis en place en Allemagne afin d'améliorer la qualité de la chirurgie générale et viscérale. Il est donné à chaque chirurgien, et en particulier aux membres de la DGAV, la possibilité de documenter, d'analyser et d'améliorer la qualité de sa pratique chirurgicale. Afin d'atteindre ce but, la DGAV a mis en place un système de registres couvrant différentes entités chirurgicales / différentes techniques chirurgicales.

Les buts de chaque registre du système StuDoQ sont :

- le recensement épidémiologique d'affections en chirurgie générale et viscérale : documentation épidémiologique des facteurs de risque, des méthodes diagnostiques, des techniques chirurgicales, des résultats anatomopathologiques, des complications postopératoires et du suivi des patients ;
- l'analyse des résultats chirurgicaux de chaque participant : analyse annuelle par les comités de pilotage des résultats de chaque équipe chirurgicale/clinique chirurgicale ;
- un Benchmark (référence) : comparaison de résultats de chaque clinique avec les résultats des autres cliniques au niveau national/international. Un rapport annuel est publié et envoyé à chaque clinique participant au registre ;
- un examen par ses pairs (peer-review) : examen facultatif (sur demande) et purement consultatif par ses pairs d'une clinique chirurgicale ayant, sur une durée prolongée, des résultats significativement péjoratifs par rapport à la moyenne nationale. Le but de l'examen est l'identification des causes de ces résultats péjoratifs ;

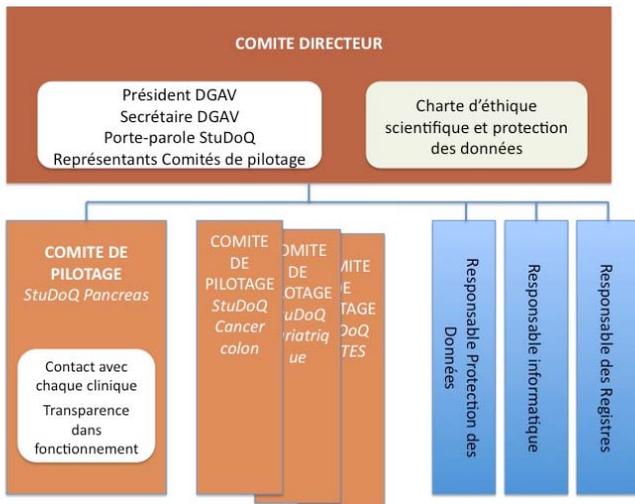


Figure 1. Diagramme présentant l'organisation du système de registres StuDoQ.

- une documentation de la qualité chirurgicale adaptée aux facteurs de risque : avant la mise en place des registres, une recherche sur la base des publications internationales a été réalisée afin de recenser les différents facteurs de risques à prendre en compte lors de la documentation de la qualité chirurgicale ;
- la mise en place d'un calculateur de risque de complication : le but est de mettre en place un calculateur permettant de calculer, avant l'intervention chirurgicale, le risque de complication spécifique pour chaque patient ;
- la recherche clinique : le registre pourra être la base de données pour des projets de recherche permettant l'étude des pathologies et des méthodes de traitement. Les données seront utilisées sous forme pseudonymisée ;
- des études prospectives randomisées basées sur registre : après validation par un comité d'éthique, les registres peuvent être la base d'études prospectives randomisées. Les données seront utilisées sous forme pseudonymisée.

Le premier registre StuDoQ a été mis en place en 2008 pour évaluer la mise en place des techniques NOTES en Allemagne. En 2010, a été mis en place le registre StuDoQ Cancer du rectum. Il existe actuellement huit registres StuDoQ (HIPEC, NOTES, Chirurgie laparoscopique sigmoïdienne, Cancer du côlon, Cancer du rectum, Pancreas, Chirurgie bariatrique et métabolique, Tumeurs pleurales).

### Structures du système StuDoQ

Le système de registres StuDoQ s'organise autour de plusieurs organes de coordination (Fig 1) :

- Conseil (de surveillance)
  - Composition : le conseil dispose d'un président, d'un secrétaire, d'un représentant StuDoQ, d'un représentant de chaque comité de pilotage, d'un représentant de l'institut de biométrie et d'épidémiologie de Munich (LMU Munich), d'un représentant de la centrale d'étude de la Deutsche Gesellschaft für Chirurgie (DGCH - Société Allemande de Chirurgie), d'un représentant du Deutsches Netzwerk Versorgungsforschung e.V., du responsable de protection des données ;
  - Rôles : résolution de problèmes afférents à la protection des données, discussion des questions d'ordre éthique, mise en place de règles de publication et de recherche liées aux registres ; vérification des résultats du contrôle de qualité ; mise en place d'éventuelle procédure de "Review" ; fonction de médiation ; fonction de référer pour des problèmes au sein des comités de pilotage ; discussion et soutien de projets d'étude liés aux registres ;

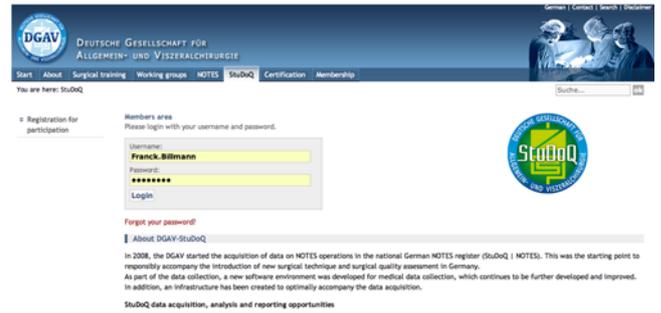


Figure 2. Page d'accueil du registre StuDoQ dans sa version anglaise.

### représentation de StuDoQ.

- Comités de pilotage : un comité pour chaque registre
  - Composition : un représentant du groupe de travail dont dépend le registre ; un représentant du conseil ; un représentant des cliniques participant au registre ; un représentant StuDoQ ; le responsable de la protection des données de la DGAV ;
  - Rôles : fonction de coordination et de contact avec les différentes cliniques participant aux registres ; responsables de la transparence dans le fonctionnement des registres ; responsables de l'évolution des registres (nouveaux items, correction d'erreurs...) ; réponse aux questions relative au fonctionnement des registres ; mise en place des indicateurs de qualité de la DGAV ; édition du rapport annuel pour chaque clinique ; interprétation statistique des données ; responsables de l'autorisation d'utilisation des données et de publication de résultats d'études relatives aux registres ; promotion des registres.
- Responsable(s) informatique(s) : responsable de la mise en place, du fonctionnement et du développement des logiciels utilisés par StuDoQ ; réponse aux questions des cliniques participantes en relation avec l'outil informatique ; actuellement Dr. Kai Lehmann et M. Carsten Klinger, Berlin.
- Responsable des registres : responsable de la mise à jour des informations dans chaque registre et en particulier des demandes de correction ; actuellement M. Carsten Klinger, Berlin.
- Responsable de la protection des données : en accords avec les réglementations nationale et internationale ; actuellement Dr. U. Schneider, Karlsruhe.

### Le registre StuDoQ | Pancreas

Le registre StuDoQ Pancreas a été mis en place le 1er septembre 2013. Plus de cinquante cliniques chirurgicales allemandes participent à ce registre à l'heure actuelle. Les centres enregistrant plus de 10 patients par an dans ce registre sont : Augsburg, Düsseldorf, Freiburg im Breisgau, Frankfurt, Lübeck, Marburg, München et Stuttgart. Douze centres européens et un centre extra-européen se sont déjà inscrits et y incluent des patients : CHU d'Amsterdam (Pr. Besselink), CHU de Kiev (Pr. Kopchak), CHU de Kiev (Pr. Shkarban), CHU de Kiev (Pr. Skums), CHR de Kiev (Pr. Semskov), CHU de Minsk (Pr. Varabei), CHU de Moscou (Pr. Khatkov), CHU de Moscou (Pr. Izrailov) CHU de Moscou (Pr. Egorov) CHR Botkin de Moscou (Pr. Tavobilov), CHU de Pise (Pr. Boggi), CHU de Southampton (Pr. Hilal), CHU de Wuhan (Pr. Shen). La plateforme en langue anglaise, permettant une participation de centres non-germanophones, a été mise en ligne le 13 mars 2016 (<https://www.dgav.de/english/studoq.html>). L'accès au registre est sécurisé pour chaque participant (Fig 2). La page d'accueil permet un enregistrement simple de chaque patient et un aperçu clair des patients correctement enregistrés et des patients présentant des erreurs de saisie. La saisie des données se fait par masques successifs (Fig 3A-B).

Validation status: ● not validated

**Informed consent**

Case Identification Number  
PAN-5716-16-0012

System Data Set Number  
25 (cannot be changed)

consent of patient \*  
 n/s  yes  no, refused  no, patient not asked

date of operation \*  
[dd/mm/yyyy]

Registry version  
Version 1 (until 11/2015)  
Version 2 (since 11/2015)

no, refused: The patient received the informed consent form and refused to consent.  
no, not asked before: The patient did NOT receive the informed consent form for logistic or other reasons.  
If you enter "No" here, only date of operation and case type can be documented.

**case type**

case type \*  
 n/s  
 surgical malignant primary case  
 surgical benign primary case  
 palliative primary case  
 not operated curative primary case  
 non-primary case

Primary definition

- surgical malignant primary case:**  
defined as: first diagnosis of a pancreatic adenocarcinoma (ICD-10: C20) treated by pancreatic resection. time of data assessment is the date of histologic diagnosis (not for example: start of neoadjuvant therapy or port implantation etc.).
- surgical benign primary case:**  
defined as: any pancreatic resection for benign disease. time of data assessment is the date of operation. malignant disease at histology precludes classification as surgical benign primary case.
- palliative primary case:**  
no tumor resection planned. Histologically confirmed adenocarcinoma of the pancreas. time of data assessment is the date of operation (for example bypass procedures).
- not operated curative primary case:**  
first diagnosis of adenocarcinoma of the pancreas. definite radio- or chemotherapy in curative intent. time of data assessment is the date of histologic diagnosis.
- non-primary case:**  
all cases not fulfilling any given definitions.

Figure 3. Interface StuDoQ Pancreas d'enregistrement des patients. A et B montrent deux exemples de masques d'enregistrement des différentes variables du patient.

**general preoperative parameters**

ASA \*  
[dropdown]

planned operation \*  
[dropdown]

unintentional weight loss >10% body weight during 6 months before operation \*  
 n/s  no  yes

cerebrovascular event \*  
[dropdown]

heart failure \*  
[dropdown]

severe COPD \*  
 n/s  no  yes

antihypertensive medication \*  
 n/s  no  yes

long term corticosteroid medication (> 7.5 mg Prednisolon per day >6 months) continued within 3 months before OP \*  
 n/s  no  yes

anti-coagulants (not discontinued before operation) \*  
[dropdown]

in smokers: number of pack years \*  
[dropdown]

In need of care during 30 days before operation \*  
[dropdown]

disseminated malignant disease \*  
 n/s  no  yes

Diabetes mellitus \*  
[dropdown]

coronary artery disease \*  
 n/s  no  yes

renal replacement therapy \*  
 n/s  no  yes

peripheral arterial occlusive disease with revascularization or amputation \*  
 n/s  no  yes

radio or chemotherapy within 3 months before operation \*  
[dropdown]

Immunosuppressive therapy (except corticosteroids) within 3 months before operation \*  
 n/s  no  yes

In smokers: how many years of active smoking \*  
[dropdown]

0 = no regular smoker  
-1 = unknown

Un ensemble de données de base et de facteurs de risque ont été sélectionnés à partir d'une revue de la littérature. Le détail des procédures chirurgicales, couvrant tout le spectre de la chirurgie pancréatique et des procédures palliatives, a été pris en compte et collecté. La collecte et l'évaluation des résultats postopératoires ont été basées sur les standards actuels de l'International Study Group for Pancreatic Surgery, les données de la littérature actuelle et les références allemandes en oncologie. Le registre a été mis en place sur la base d'un navigateur informatique avec un contrôle interne de vraisemblance et une option d'exportation des données en divers formats. Des instructions concernant la sécurisation et la publication des données ont été établies.

Les analyses initiales ont démontré la validité des facteurs de risque choisis et la faisabilité de l'analyse des résultats postopératoires, incluant également les procédures mini-invasives. D'autre part, ces analyses ont confirmé la possibilité d'études randomisées fondées sur ce registre.

#### Contact français

Franck Billmann

Directeur de la section de chirurgie endocrinienne

Hôpital Universitaire de Schleswig-Holstein

Ratzeburger Allee 160 - D-23538 Lübeck

Tel : +49 174 3080548 / E-mail : Franck.Billmann@uksh.de

#### Contact allemand

Ulrich Wellner

Hôpital Universitaire de Schleswig-Holstein

Ratzeburger Allee 160 - D-23538 Lübeck

Tel : +49 162 2016545 / E-mail : Ulrich.Wellner@uksh.de

Pour une courte présentation de StuDoQ : <http://www.en.studodq.de>

Pour enregistrer son service et participer au registre StuDoQ : <https://www.dgav.de/english/studodq/registration-for-participation.html>

## Les tumeurs neuroendocriniennes non fonctionnelles du pancréas (NF-pNET) dans le registre StuDoQ | Pancreas

Afin de tester la fonctionnalité de ce registre et sa capacité d'analyse, tant épidémiologique que clinique, nous avons centré notre présentation sur l'évaluation des tumeurs neuroendocriniennes non-fonctionnelles du pancréas (NF-pNET), incluses à l'heure actuelle dans le registre. Nous avons essayé

de répondre à deux questions toujours en suspens quant au traitement des NF-pNET :

- l'étendue de la résection pancréatique (résection oncologique vs. résection avec épargne parenchymateuse) : dans quels cas est-il indiqué de réaliser une résection oncologique avec curage lymphatique et dans quels cas une résection moins étendue permettant une épargne de parenchyme pancréatique est-elle suffisante ?
- la technique opératoire (laparoscopique vs. conventionnelle) : quelle est la technique opératoire adaptée dans le traitement des NF-pNET et quels sont les facteurs influençant la prise de décision ?

### Étendue de la résection des NF-pNET

Un problème majeur expliquant la difficulté rencontrée par le chirurgien dans la définition de l'étendue de la résection pancréatique des NF-pNET est l'absence de classification TNM dédiée à ces tumeurs. En 2000, l'Organisation mondiale de la Santé (WHO) établit la première des références permettant de classifier les NF-pNET en se basant sur la taille de la tumeur, l'index de mitose, le Ki67, l'angioinvasion et l'invasion péri-neurale (23). Se basant sur une conférence de consensus de 2005, la société européenne des tumeurs endocriniennes (ENETS) proposa une classification pour toutes les tumeurs neuroendocriniennes de l'intestin antérieur (foregut) en combinant le staging TNM à un système de grading histologique (24-26). Le système de classification le plus souvent utilisé reste cependant la 7<sup>e</sup> édition de la classification AJCC (27). Revue en 2010, elle s'applique à toutes les tumeurs exocrines et endocrines du pancréas, ne proposant donc pas de classification dédiée aux NF-pNET.

L'étendue de la résection parenchymateuse du pancréas est le facteur déterminant directement la fonction postopératoire (exocrine et endocrine) du rémanent pancréatique. Elle est, par conséquent, directement liée, par un lien de cause à effet, aux complications postopératoires comme la perte de poids définitive par insuffisance exocrine ou le diabète insulino-prive par insuffisance endocrinienne. Au point de vue de l'étendue de la résection pancréatique, il est possible de différencier les résections oncologiques avec dissection lymphonodale, des résections avec épargne parenchymateuse. Plusieurs techniques peuvent ainsi être utilisées afin de conserver le plus de parenchyme pancréatique fonctionnel possible, tout en réalisant une résection en tissu sain de la tumeur. Un exemple classique, pour des tumeurs du corps du pancréas, est la résection centrale du pancréas (épargne parenchymateuse) qui est à opposer aux résections caudales étendues au corps (résection oncologique) ou aux résections céphaliques

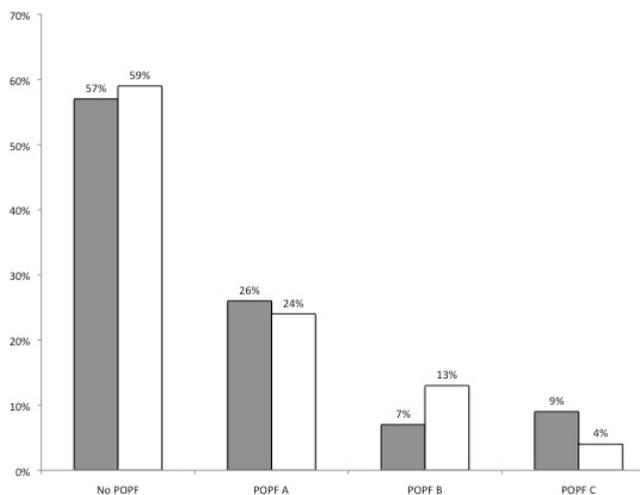


Figure 4. Comparaison des incidences des fistules pancréatiques postopératives entre procédures laparoscopiques et conventionnelles au sein du collectif StuDoQ Pancreas.

(résection oncologique). L'analyse des données du registre StuDoQ montre que, pour un diagnostic de NF-pNET du corps du pancréas, 35 % des patients ont été opérés avec une résection oncologique classique, et 61 % avec une résection avec épargne parenchymateuse. D'autre part, dans une analyse du registre StuDoQ comparant les résections pancréatiques caudales étendues aux résections centrales, il apparaît que l'incidence des complications postopératoires est significativement différente dans ces deux groupes :

- les résections caudales présentent en moyenne, sur une période de deux ans, une perte de poids irréversible de 8 à 10 %, alors que les résections centrales reviennent dans quasi 100 % des cas à leur poids initiale sur la même période de suivi ;
- 35 % des résections caudales développent un diabète insulino-prive, alors que seulement 5 % des résections centrales développent cette complication.

Ces données sont retrouvées dans des proportions comparables dans deux études ayant porté précisément sur le suivi des résections pancréatiques centrales (28,29).

Un des points essentiels de chaque classification TNM est la prévision du statut lymphonodale à partir de variables accessibles lors du bilan préopératoire, ce statut étant directement lié au pronostic du patient. L'étude de Qadan et al. (30) a ainsi confirmé en 2014, pour ces tumeurs neuroendocriniennes du pancréas NF-pNET, que le statut lymphonodal était directement et significativement lié à la survie globale et à la survie sans récurrence des patients. L'analyse des patients dans le registre StuDoQ permet de mettre en évidence que trois facteurs sont indépendamment liés à une positivité histologique des nœuds lymphatiques, confirmant les observations de Partelli en 2013 (31) :

- la taille de la tumeur NF-pNET (taille supérieure ou inférieure à 4 cm de diamètre) ;
- l'existence de nœuds lymphatiques suspects dans l'examen d'imagerie préopératoire (présence ou absence de nœuds suspects dans l'examen préop. d'imagerie) ;
- le grading de la tumeur (grading < ou ≥ G2).

La classification utilisée à l'heure actuelle pour les NF-pNET (classification AJCC des tumeurs malignes exocrines du pancréas) ne semble donc pas pertinente. L'analyse des informations du registre StuDoQ suggère la mise en place d'une classification nouvelle et dédiée aux NF-pNET. Notre analyse semble montrer que cette nouvelle classification devrait, dès lors, prendre en compte la taille de la tumeur neuroendocrinienne avec de nouveaux incréments, le grading de la tumeur, et l'aspect en imagerie des lymphonœuds drainant la tumeur. L'utilisation de ces facteurs pronostiques spécifiques aux NF-

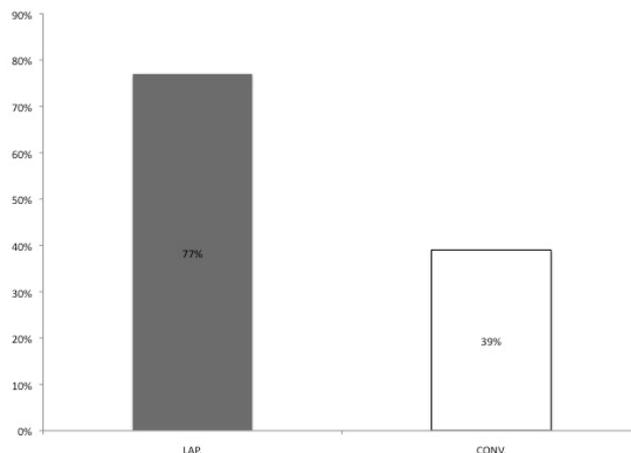


Figure 5. Comparaison des taux de préservation splénique entre procédures laparoscopiques et conventionnelles, au sein du registre StuDoQ Pancreas, dans le cadre des résections caudales du pancréas.

pNET, devrait permettre une décision de stratégie opératoire séparant clairement la résection oncologique de la résection avec épargne parenchymateuse :

- une résection oncologique est à privilégier pour des NF-pNET : de taille > 4 cm, et/ou de grading ≥ G2, et/ou N+ dans les examens d'imagerie ;
- une résection d'épargne parenchymateuse est à privilégier pour les NF-pNET de taille ≤ 4cm et de grading G1.

### Technique opératoire (laparoscopique vs. conventionnelle)

La méta-analyse de Drymoussis avait montré en 2014, dans le cadre du traitement des tumeurs neuroendocriniennes du pancréas, une nette supériorité des techniques laparoscopiques comparées aux techniques conventionnelles. Les auteurs de cette étude avaient démontré une réduction significative des complications, du volume de perte sanguine intraopératoire et de la durée d'hospitalisation chez les patients opérés par voie laparoscopiques (32). À partir des données du registre StuDoQ et pour ces NF-pNET, il a été possible de réaliser une étude comparant les techniques laparoscopiques aux techniques conventionnelles. Afin de supprimer les biais de sélection, nous avons procédé à une analyse après appariement. Il ressort de cette analyse que :

- les techniques laparoscopiques sont équivalentes aux techniques conventionnelles en ce qui concerne: la durée opératoire, les complications majeures postopératoires, la mortalité postopératoire, et les résultats oncologiques ;
- les techniques laparoscopiques semblent entraîner moins d'infections du site opératoire, et moins de complications thromboemboliques.

En ce qui concerne les fistules pancréatiques postopératoires, les techniques laparoscopiques ne semblent pas supérieures aux techniques conventionnelles. L'analyse des résultats du registre StuDoQ ne montre aucune de différence significative dans l'incidence des différents types de fistules pancréatiques postopératoires (POPF A, B, C) (Fig 4).

La préservation splénique, dans le cadre des résections pancréatiques caudales, est un autre facteur déterminant dans la prévention de complications majeures (en particulier infectieuses périopératoires), comme le montre l'étude de Shoup (33). L'analyse du registre StuDoQ, après appariement des indications, montre que cette préservation splénique est possible dans 77 % des résections caudales laparoscopiques, alors qu'elle n'est possible que dans 39 % des résections caudales conventionnelles (Fig 5). Ces résultats sont en tous points comparables à l'observation de Mehta et al. (34).

En ce qui concerne la question de la technique opératoire utilisée pour les résections caudales des NF-pNET, l'analyse

des données du registre StuDoQ semble pencher vers les techniques laparoscopiques. Au vu des résultats oncologiques comparables, d'une moindre incidence des complications (liées à une incidence moindre des splénectomies) et à une incidence comparable des fistules pancréatiques postopératoires, les techniques laparoscopiques sont à préférer lorsque la localisation et la taille de la tumeur le permettent.

## Conclusion

Le Registre StuDoQ Pancreas est un outil dont l'utilisation est actuellement en plein essor. Sa fonctionnalité et son efficacité ont été montrées en utilisant l'exemple des tumeurs NF-pNET. Un tel registre, et plus encore un registre de taille européenne, peut présenter plusieurs avantages :

- en supposant l'existence de différences épidémiologiques entre l'Europe et les USA, il permettra une analyse, une étude et une prise en charge plus fine des NF-pNET ;
- l'impossibilité d'utilisation des registres américains (SEER) a pour conséquence immédiate l'impossibilité pour la plupart des équipes européennes de profiter des avantages de tels registres (mesure de la qualité et d'évaluation des résultats en chirurgie pancréatique, avec possibilité de benchmark) ;
- l'impossibilité d'accès aux données des registres américains a pour corollaire un handicap des équipes européennes dans la réalisation d'étude de grande ampleur des NF-pNET. Palliant à ceci, le registre "StuDoQ|Pancreas" est un outil puissant d'analyse de la qualité, d'étude des résultats et d'études randomisées basées sur registre, pour la chirurgie neuroendocrinienne du pancréas en particulier, et la chirurgie pancréatique en général. Son potentiel au niveau international semble évident; nous invitons, par conséquent, nos partenaires internationaux à participer à ce registre.

## Discussion en séance

Question de F Richard

Si la CNAM acceptait que les participants à des registres aient un retour ? Accès aux données administratives de la CNAM ?

Réponse

La participation à un registre se base bien entendu sur la motivation qu'éprouvent les chirurgiens à inclure leurs patients dans ce dernier. Il faut donc, pour développer un tel outil, présenter aux chirurgiens les avantages que peut leur apporter un registre StuDoQ. Ces avantages sont multiples et sont selon moi chacun suffisant pris de manière indépendante :

- l'analyse de ses propres résultats chirurgicaux ;
- un possible Benchmark (référence) : permettant de comparer ses résultats ;
- la possibilité de solliciter un examen par ses pairs afin d'identifier des causes de résultats péjoratifs ;
- l'utilisation possible d'un calculateur de risque chirurgical pour chaque patient ;
- la possibilité de participer par ce biais à des études cliniques.

L'accès aux données n'est, à nos yeux, pas le seul problème que pose l'utilisation des données administratives de la CNAM. Il s'agit de données administratives collectées dans une optique tout à fait différente des buts définis dans le cadre du développement de StuDoQ : avancement des connaissances en chirurgie, mesures de contrôle et d'amélioration de la qualité de la pratique chirurgicale ou encore participations à des études cliniques ou thérapeutiques. Ce décalage est un réel biais (par exemple: pas de réflexion préalable sur les problématiques et les questions à aborder, pas d'exhaustivité, pas de relevé standardisé avec contrôle de qualité des données, pas d'évaluation automatique) dans le cadre d'une évaluation scientifique et standardisée des données.

Question d'H Judet

Problème des registres en France notamment en Orthopédie ? Réponse

Exerçant en Allemagne, il ne m'est malheureusement pas possible d'avoir une analyse assez fine de la situation en France et du cas particulier de la chirurgie orthopédique en France et de son utilisation des registres. Il semble, en effet, que la culture des registres ne soit pas aussi développée en France qu'en Allemagne. Le registre StuDoQ Pancreas offre aux chirurgiens français une opportunité exceptionnelle de profiter d'une structure existante, d'un registre ayant prouvé sa fonctionnalité depuis 2013 et disposant d'une plate-forme internationale. Le registre offre toutes les garanties de confidentialité et de sérieux dans le traitement des données. StuDoQ pourrait donc être une solution au problème des registres en France.

Question de P Massin

Exhaustivité, qualité du matériel, interpénétration des fichiers ?

Réponse

L'accès au registre est sécurisé en respectant les standards informatiques actuels. La page d'accueil permet un enregistrement simple de chaque patient. Un ensemble de données de base et de facteurs de risque ont été sélectionnés à partir d'une revue de la littérature. Le détail des procédures chirurgicales, couvrant tout le spectre de la chirurgie pancréatique et des procédures palliatives, a été pris en compte et collecté. La collecte et l'évaluation des résultats postopératoires ont été basées sur les standards actuels de l'International Study Group for Pancreatic Surgery, les données de la littérature actuelle et les références allemandes en oncologie. La qualité des informations recensées est dépendante de l'assiduité des personnes responsables de la documentation. Actuellement, la plupart des cliniques allemandes ont confié cette fonction à des médecins, dont une partie du volume horaire hebdomadaire est dédié à cette fonction. Le registre a été mis en place sur la base d'un navigateur informatique avec un contrôle interne de vraisemblance et une option d'exportation des données en divers formats.

Les analyses initiales ont démontré la validité des facteurs de risque choisis et la faisabilité de l'analyse des résultats postopératoires, incluant également les procédures mini-invasives. D'autre part, ces analyses ont confirmé la possibilité d'études randomisées fondées sur ce registre. Actuellement, il n'existe malheureusement pas d'interpénétration des registres StuDoQ, mais cette possibilité est à l'étude.

## Références

1. Clancy TE. Surgical management of pancreatic neuroendocrine tumors. *Hematol Oncol North Am* 2016;30:103-18.
2. Yao JC, Hassan M, Phan A, Dagohoy C, Leary C et al. One hundred years after "Carcinoid": epidemiology of and prognostic factors for neuroendocrine tumors in 35.825 cases in the United States. *J Clin Oncol*. 2008;26:3063-72.
3. Datta J, Vollmer CM. Advances in surgical management of pancreatic diseases. *Gastroenterol Clin North Am* 2016;45:129-44.
4. Kamisawa T, Wood LD, Itoi T, Takaori K. Pancreatic cancer. *Lancet* 2016; doi: 10.1016/S0140-6736(16)00141-0.
5. Antonakis PT, Ashrafian H, Martinez-Isla A. Pancreatic insulinomas: laparoscopic management. *World J Gastrointest Endosc* 2015;7:1197-207.
6. Bencini L, Anecchiarico M, Farsi M, Bartolini I, Mirasolo V et al. Minimally invasive surgical approach to pancreatic malignancies. *World J Gastroenterol Oncol* 2015;7:411-21.
7. Clancy TE. Surgery for pancreatic cancer. *Hematol Oncol Clin North Am*. 2015;29:701-16.
8. Fernandez Ranvier GG, Shouhed D, Inabnet WB 3rd. Minimally invasive techniques for resection of pancreatic neuroendocrine tumors. *Surg Oncol Clin North Am* 2016;25:195-215.
9. Parikh PY, Lillemoe KD. Surgical management of pancreatic cancer - distal pancreatectomy. *Semin Oncol* 2015;42:110-22.

10. Stafford AT, Walsh RM. Robotic surgery of the pancreas: the current state of the art. *J Surg Oncol* 2015;112:289-94.
11. Stauffer JA, Asbun HJ. Minimally invasive pancreatic surgery. *Semin Oncol* 2015;42:123-33.
12. Beyer-Berjot L, Palter V, Grantcharov T, Aggarwal R. Advanced training in laparoscopic abdominal surgery: a systematic review. *Surgery* 2014;156:676-88.
13. Donahue TR, Reber HA. Surgical management of pancreatic cancer - pancreaticoduodenectomy. *Semin Oncol* 2015;42:98-109.
14. Gooiker GA, van Gijn W, Wouters MW, Post PN, van de Velde CJ, Tollenaar RA, signalling Committee Cancer of the Dutch Cancer Society. Systematic review and meta-analysis of the volume-outcome relationship in pancreatic surgery. *Br J Surg* 2011;98:485-94.
15. Hartwig W, Werner J, Jäger D, Debus J, Büchler MW. Improvement of surgical results for pancreatic cancer. *Lancet Oncol* 2013;14:e476-e85.
16. Matsuoka L, Parekh D. The minimally invasive approach to surgical management of pancreatic diseases. *gastroenterol Clin North Am* 2012;41:77-101.
17. Merchant NB, Parikh AA, Kooby DA. Should all distal pancreatectomies be performed laparoscopically? *Adv Surg* 2009;43:283-300.
18. Raeburn CD, McIntyre RC. Laparoscopic approach to adrenal and endocrine pancreatic tumors. *Surg Clin North Am* 2000;80:1427-41.
19. Zhang T, Du X, Zhao Y. Laparoscopic surgery for pancreatic lesions: current status and future. *Front Med* 2011;5:277-82.
20. Buhr HJ, Holmer C, Klinger C, Lehmann KS. Nutzen versus Überinterpretation - am Beispiel der Register der DGAV/StuDoQ. *Zentralbl Chir* 2015;140:133-8.
21. Porter ME, Guth C. Chancen für das deutsche Gesundheitssystem. Von Partikularinteressen zu mehr Patientennutzen. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2012, ISBN: 978-3-642-25682-0
22. Stey AM, Russel MM, Ko CY, Sacks GD, Dawes AJ, Gobbons MM. Clinical registries and quality measurement in surgery: a systematic review. *Surgery* 2015;157:381-95
23. Solcia E, Kloppel G, Alhman H. *Histological Typing of Endocrine Tumors: WHO International Histological Classification of Tumors*. 2nd ed. Springer: Berlin; 2000.
24. Plockinger U, Rindi G, Arnold R, Eriksson B, Krenning EP, de Herder WW, Goede A, Caplin M, Oberg K, Reubi JC, Nilsson O, Delle Fave G, Ruzsniwski P, Ahlman H, Wiedenmann B, European Neuroendocrine Tumor Society. Guidelines for the diagnosis and treatment of neuroendocrine gastrointestinal tumours. A consensus statement on behalf of the European Neuroendocrine Tumor Society (ENETS). *Neuroendocrinology* 2004;80:394-424.
25. Rindi G, Kloppel G, Alhman H, Caplin M, Couvelard A, de Herder WW, Eriksson B, Falchetti A, Falconi M, Komminoth P, Körner M, Lopes JM, McNicol AM, Nilsson O, Perren A, Scarpa A, Scoazec JY, Wiedenmann B; all other Frascati Consensus Conference participants; European Neuroendocrine Tumor Society (ENETS). TNM staging of foregut (neuro) endocrine tumors: a consensus proposal including a grading system. *Virchows Arch* 2006;449:395-401.
26. Rindi G, Kloppel G, Couvelard A, Komminoth P, Körner M et al. TNM staging of midgut and hindgut (neuro) endocrine tumors: a consensus proposal including a grading system. *Virchows Arch* 2007;451:757-62.
27. Edge SE, Byrd DR, Compton CC, Fritz AG, Greene FL, Trotti A (Eds). *AJCC Cancer Staging Manual*. 7th ed. Springer: New York; 2010, ISBN:978-0-387-88440-0.
28. Hirono S, Tani M, Kawai M, Ina S, Nishioka R et al. A central pancreatectomy for benign or low-grade malignant neoplasms. *J Gastrointest Surg* 2009;13:1659-65.
29. Santangelo M, Esposito A, Tammaro V, Calogero A, Criscitiello C et al. What indication, morbidity and mortality for central pancreatectomy in oncological surgery? A systematic review. *Int J Surg* 2015; doi:10.1016/j.ijssur.2015.12.046.
30. Qadan M, Ma YM, Visser BC, Kunz PL, Fisher GA et al. Reassessment of the current American Joint Committee on Cancer staging system for pancreatic neuroendocrine tumors. *J Am Coll Surg* 2014;218:188-95.
31. Partelli S, Gaujoux S, Boninsegna L, Cherif R, Crippa S et al. Pattern and clinical predictors of lymph node involvement in non-functioning neuroendocrine tumors (NF-PanNETs). *JAMA Surg* 2013;148:932-9.
32. Drymousis P, Raptis DA, Spalding D, Fernandez-Cruz L, Menon D et al. Laparoscopic versus open pancreas resection for pancreatic neuroendocrine tumors: a systematic review and metanalysis. *HBP (Oxford)* 2014;16:397-406.
33. Shoup M, Brennan MF, McWhite K, Leung DH, Klimstra D et al. The value of spleen preservation with distal pancreatectomy. *Arch Surg* 2002;137:164-8.
34. Mehta SS, Doumane G, Nocca D, Fabre JM. Laparoscopic versus distal pancreatectomy: a single-institution case-control study. *Surg Endosc* 2012;26:402-7.

# La mécanique du transport de gaz et de fluides dans l'arbre trachéobronchique

## Mechanics of Gas and Fluid Transport in the Tracheobronchial Tree

Marcel Filoche

Laboratoire de physique de la matière condensée - École Polytechnique - CNRS - Université Paris Saclay - 91128 Palaiseau Cedex.

Equipe 13 - Institut Mondor de Recherche Biomédicale - Université Paris-Est - INSERM - Créteil.

### Mots clés

- ◆ Poumon
- ◆ Modèle mathématique
- ◆ Optimisation
- ◆ Ventilation
- ◆ Surfactant

### Résumé

Chez l'homme, le système de distribution chargé de transporter l'air frais depuis les voies aériennes supérieures jusqu'à la zone d'échange air-sang (les régions acinaires) est une structure branchée hautement ramifiée, l'*arbre trachéobronchique*. De façon étonnante, on peut montrer par des arguments physiques que cette structure complexe correspond à une optimisation simultanée de l'espace occupé, de la résistance aérodynamique et du temps de transit du mélange gazeux respiré. En revanche, ce caractère optimal disparaît dès lors que l'on s'intéresse au transfert de fluides, comme dans le cas de la *thérapie par substitution de surfactant*. Cette thérapie, qui vise à remplacer le surfactant absent dans les régions acinaires du poumon, opère en propageant tout au long des bronches un bouchon liquide initialement instillé par voie intra-trachéale. Or, deux mécanismes essentiels interviennent au cours de cette propagation : (i) le dépôt de fluide sur les parois des bronches lors de la progression du bouchon liquide, (ii) la division du bouchon à chaque bifurcation de l'arbre. Ces deux mécanismes conditionnent respectivement l'efficacité et l'homogénéité de la distribution finale de surfactant. Malheureusement, homogénéité et efficacité dépendent de manière contradictoire des conditions d'administration, en particulier du débit. Nos calculs montrent ainsi que, si la double contrainte d'efficacité et d'homogénéité peut être satisfaite assez aisément chez le nouveau-né, elle conduit en revanche chez l'adulte à une réduction considérable de la fenêtre des paramètres d'administration acceptables, et ainsi expliquer en partie certains échecs cliniques antérieurs de la thérapie par substitution de surfactant. La non-linéarité des phénomènes et la sensibilité de la thérapie aux conditions d'administration requièrent donc une véritable « ingénierie » de l'administration et, par conséquent, un dialogue très étroit entre la médecine et la physique ou la mécanique des fluides.

### Keywords

- ◆ Lung
- ◆ Mathematical model
- ◆ Optimization
- ◆ Ventilation
- ◆ Surfactant

### Abstract

In the human respiratory system, the distribution system in charge of bringing fresh air from the upper airways to the air-blood exchange region (the acinar regions) is a highly branched structure called the *tracheobronchial tree*. Interestingly, it is possible to show through physical arguments that this complex structure corresponds to a simultaneous optimization of its occupied space, of the hydrodynamic resistance, and of the transit time across the structure of the inhaled gas mixture. However, this optimization disappears when dealing with fluid transport, as it is the case for instance in *surfactant replacement therapy*. This therapy, which aims at replacing the surfactant missing in the acinar regions of the lung, operates by propagating through the bronchial system a liquid plug initially instilled into the trachea. Two main mechanisms govern this propagation: (i) coating of the liquid on the airway wall when the liquid plug moves along an individual airway, (ii) splitting of the plug at each bifurcation of the tree. They hence determine the homogeneity and the efficiency of the final surfactant distribution. Unfortunately, homogeneity and efficiency depend in contradictory ways on the delivery conditions, especially on the instilled flow rate. Our computations show that, even if this double constraint can be easily fulfilled in the premature neonate, it leads in the adult lung to a considerable narrowing of the window of admissible delivery parameters and can explain several unsuccessful clinical trials in surfactant replacement therapy. The non linearity of the physical phenomena and the sensitivity of the therapy to the delivery conditions require here a real "engineering" of the delivery and subsequently, a very close dialog between medicine, physics, and fluid mechanics.

L'homme partage avec tous les autres mammifères un organe de respiration, le poumon, à la morphologie très complexe. La plus grande partie du volume pulmonaire est occupée par des unités d'échange, les acinus, à l'intérieur desquels s'opèrent les échanges gazeux bidirectionnel entre l'air et le sang. Chaque acinus consiste en un réseau labyrinthique et arbores-

cent de canaux, les *conduits alvéolaires*, bordés d'alvéoles dont la surface, la *membrane alvéolo-capillaire*, est l'interface qui sépare l'air contenu dans les poumons du sang qui y circule. Pour répartir l'air frais depuis la trachée jusqu'à cette interface, dont la superficie totale est d'environ 100 m<sup>2</sup>, nous disposons d'un système de distribution remarquable,

### Correspondance :

Marcel Filoche, Directeur de recherche CNRS - Laboratoire de physique de la matière condensée - École Polytechnique - CNRS - Université Paris Saclay - 91128 Palaiseau Cedex.

E-mail : marcel.filoche@polytechnique.edu

une arborescence comportant 15 générations en moyenne, l'arbre trachéobronchique. Ce réseau de transport, qui part de la trachée (numérotée par convention comme la génération « 0 » de l'arbre) et finit dans les bronchioles terminales, est donc un système purement de conduction, sans contribution aucune aux échanges gazeux.

### La géométrie auto-similaire du poumon

Si l'on s'intéresse aux propriétés géométriques de cet arbre trachéobronchique, on s'aperçoit que sa structure est pratiquement « auto-similaire ». En d'autres termes, chaque génération est identique à la précédente à un facteur de réduction près. Dès 1962, Weibel et Gomez (1) ont rendu compte de cette auto-similarité en reportant le diamètre moyen des bronches en fonction de la génération, et en montrant que, de la génération 0 à la génération 15, ce diamètre suit une loi

$$D_n = h^n D_0$$

pratiquement géométrique de la forme

$$D_n = h^n D_0$$

étant le diamètre moyen à la génération  $n$ ,  $D_0$  le diamètre de la trachée, et  $h$  le facteur de réduction (ou facteur d'homothétie) à chaque nouvelle génération. Ce facteur est mesuré chez l'homme autour de 0,8.

Cette propriété fondamentale n'est pas due au hasard et on peut montrer, de façon assez étonnante, qu'elle permet de satisfaire simultanément une double contrainte contradictoire : celle d'une structure au volume réduit mais dont la résistance à l'écoulement des fluides (l'air respiré) est également réduite. Ce résultat avait déjà été obtenu par Hess (2) puis Murray (3) dans leurs travaux sur l'optimalité du réseau vasculaire. Nous allons voir maintenant comment on peut calculer le volume et la résistance dans un modèle simplifié d'arbre trachéobronchique obéissant à une loi d'échelle.

### Le volume de l'arbre trachéobronchique, ou volume « mort »

Si l'on représente la structure de l'arbre trachéobronchique de façon auto-similaire comme un assemblage de tuyaux successifs d'aspect identique, mais de taille décroissante à mesure que l'on progresse vers les parties les plus profondes de l'arbre, il est alors assez facile d'estimer le volume de cet arbre. En effet, l'arbre étant symétrique, chaque bronche d'une même génération (numérotée  $n$ ) a le même diamètre,

$$D_n$$

$$L_n$$

noté  $D_n$ , et la même longueur, notée  $L_n$ , qui vérifie

$$L_n = 3D_n$$

dans notre modèle. Cette longueur toujours

$$D_n$$

proportionnelle à  $D_n$  permet de conserver le même rapport d'aspect pour toutes les bronches, quelle que soit la génération. Enfin, l'arbre étant dichotomique, chaque génération comporte  $2^n$  bronches.

Le volume total de l'arbre est donc la somme sur toutes les générations de  $2^n$  fois le volume d'une bronche à la génération  $n$ , ce dernier volume n'étant rien d'autre que le volume

$$L_n$$

$$D_n$$

d'un cylindre de longueur  $L_n$  et de diamètre  $D_n$ , soit

$$\frac{\pi}{4} D_n^2 L_n$$

. Or ce dernier peut se déduire très simplement

$$V_0$$

du volume  $V_0$  de la branche initiale (la trachée) et du fac-

teur de réduction  $h$  en exploitant la relation géométrique présentée plus haut :

$$\frac{\pi}{4} D_n^2 L_n = \frac{3\pi}{4} D_n^3 = \frac{3\pi}{4} h^{3n} D_0^3 = h^{3n} V_0$$

Ainsi, le volume total de l'arbre trachéobronchique est la somme des volumes de toutes les bronches à chaque génération :

$$V_{\text{arbre}} = \sum_{n=0}^N 2^n (h^{3n} V_0) = \left( \sum_{n=0}^N (2h^3)^n \right) V_0$$

L'invariance d'échelle de l'arbre permet donc d'écrire son volume comme la somme d'une série dite géométrique de

$$2h^3$$

raison  $2h^3$ . Comme toute somme d'une série géométrique, celle-ci croît très rapidement dès que la raison est supérieure à 1. Il existe donc une valeur critique de  $h$ , que l'on appellera

$$h_c$$

, au-dessus de laquelle le volume de l'arbre trachéobronchique occupe une proportion déraisonnable du volume pulmonaire total. Or nous avons vu que l'arbre trachéobronchique ne participe pas directement à l'échange gazeux et constitue de ce fait ce que l'on appelle le volume mort. La

$$2h_c^3 = 1$$

valeur critique de  $h$ , qui correspond à

$$h_c \approx 0,79$$

, est par conséquent une valeur qu'il semblerait déraisonnable de trop dépasser dans un système naturel optimal. Voici une première contrainte sur le dimensionnement et les lois d'échelle des voies aériennes pulmonaires.

### La résistance de l'arbre trachéobronchique

Un type d'argument similaire permet d'évaluer la résistance à l'écoulement de l'air de l'ensemble de l'arbre de distribution. Il faut pour cela utiliser la formule dite de Poiseuille qui

$$\Delta P$$

relie la chute de pression  $\Delta P$  entre les extrémités d'un

$$\Phi$$

tuyau parcouru par un débit  $\Phi$  d'un fluide, à la géométrie de ce même tuyau (longueur et diamètre) et à la viscosité  $\mu$  du fluide le traversant. Cette formule est la suivante :

$$\frac{\Delta P}{\Phi} = R = \frac{128\pi}{\mu} \frac{L}{D^4}$$

Elle traduit une propriété importante, la linéarité de l'écoulement d'air : la chute de pression est proportionnelle au débit, le coefficient de proportionnalité  $R$  étant ce que l'on appelle la résistance hydrodynamique du tuyau (aérodynamique en fait dans le cas du poumon). Il faut souligner ici le caractère remarquable de l'exposant 4 qui apparaît en puissance du diamètre au dénominateur de cette formule. Il implique qu'une réduction de moitié du diamètre du tube débouche sur une multiplication par 16 de sa résistance au fluide ! Comme à la section précédente, il est possible d'exprimer la résistance d'une bronche à une génération  $n$  donnée en fonction de la résistance de la trachée et du facteur  $h$  de réduction :

$$R_n = \frac{128\pi}{\mu} \frac{L_n}{D_n^4} = \frac{128\pi}{\mu} \frac{h^n L_0}{h^{4n} D_0^4} = \frac{R_0}{h^{3n}}$$

La résistance totale de l'arbre peut alors se calculer de façon exactement identique à celle d'un réseau électrique, les ré-

sistances hydrodynamiques se manipulant comme des résistances électriques. Les bronches à l'intérieur d'une même génération transportant l'air « en parallèle », la résistance équivalente de la génération  $n$  s'obtient en divisant la résistance d'une bronche par le nombre de bronches à la généra-

tion  $n$ , soit  $2^n$ . Les générations successives étant en revanche « en série » l'une après l'autre, la résistance totale de l'arbre s'obtient en sommant les résistances de chaque génération. En définitive, cette résistance totale s'écrit :

$$R_{\text{arbre}} = \sum_{n=0}^{15} \frac{1}{2^n} \frac{R_0}{h^{3n}} = \left( \sum_{n=0}^{15} \frac{1}{(2h^3)^n} \right) R_0$$

Là encore, nous retrouvons la somme d'une suite géométrique,

$$\frac{1}{2h^3}$$

mais cette fois la raison de la suite est  $\frac{1}{2h^3}$ . Par conséquent, la résistance de l'arbre complet devient dramatique-

ment importante dès que  $2h^3$  est très inférieur à 1, ou encore dès que  $h$  est en-dessous de la valeur critique

$$h_c \approx 0,79$$

trouvée précédemment. Ces mathématiques un peu arides nous enseignent en fait une leçon simple et puissante : en raison de l'exposant 4 apparaissant dans la formule de la résistance de Poiseuille, il est très difficile de concilier au sein d'un même arbre volume réduit et résistance réduite (Fig 1). Plus l'arbre comporte de générations, et plus ce compromis ne s'opère que dans une très étroite région autour de

$$h = h_c$$

. Il est donc *a posteriori* remarquable, mais aussi naturel, que la valeur de ce facteur  $h$  mesurée chez l'homme par Weibel et Gomez en 1962 soit très proche de ce compromis optimal (4).

Nous ne développerons pas le calcul ici, mais l'on peut montrer mathématiquement que cette valeur correspond également au meilleur compromis possible entre une résistance des voies aériennes réduite et un temps de parcours limité pour les molécules depuis la trachée jusqu'aux acinus. La respiration humaine étant cyclique et alternée, il est en effet crucial que l'air frais entrant dans la trachée puisse atteindre la zone acinaire en moins d'une seconde afin de laisser un intervalle de temps suffisant pour permettre l'échange gazeux. Mais une résistance faible des voies aériennes nécessite un volume important, et donc une vitesse d'écoulement réduite, ce qui va à l'encontre d'un temps de parcours réduit. Là encore, la valeur mesurée de  $h$  permet le compromis entre ces deux contraintes contradictoires.

En résumé, des arguments mathématiques relativement simples, tirant parti de la *linéarité* des phénomènes décrits, permettent de comprendre le dimensionnement et les lois d'échelle de l'arbre trachéobronchique, aboutissement de millions d'années d'évolution.

## L'administration de surfactant

Si l'arbre trachéobronchique est en quelque sorte « optimal » pour l'écoulement et la distribution de l'air au sein du poumon, il en va tout autrement pour le transport d'autres fluides tels que le surfactant. Le surfactant est une substance chimique naturellement produite par des cellules de la paroi alvéolo-capillaire, qui s'étale en un film fin à la surface de l'eau qui tapisse cette paroi. Ce faisant, il permet de réduire considérablement la tension de surface régnant à l'interface air-eau et donc l'effort requis pour inspirer et expirer. Il permet également un gonflement homogène des acinus et des

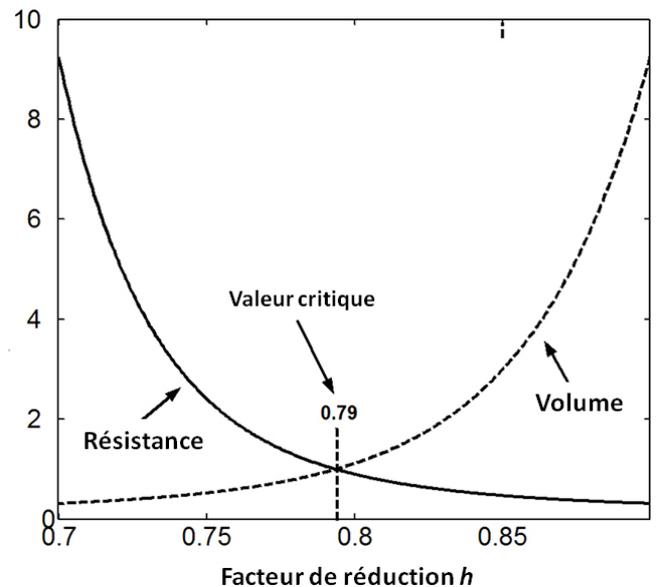


Figure 1. Volume (courbe en pointillés) et résistance hydrodynamique d'un arbre trachéobronchique symétrique de 10 générations en fonction du rapport d'homothétie (rapport des diamètres entre générations successives). Les volumes et résistance sont normalisés par rapport à leur valeur en  $h=0.79$ . (Inspiré de (4)).

poumons. Le surfactant pulmonaire n'étant produit qu'environ un mois avant le terme chez le fœtus, son déficit ou son absence peut induire chez les grands prématurés un *syndrome dit de détresse respiratoire du nouveau-né* (SDRN). Chez l'adulte, une inflammation au sein des alvéoles pulmonaires peut entraîner une perte d'étanchéité de la paroi alvéolo-capillaire, une arrivée de fluides et de matériel inflammatoire dans la partie aérienne de l'acinus, et une destruction partielle ou totale de l'interface air-surfactant. On parle alors de *syndrome de détresse respiratoire aigu* (SDRA), condition qui s'accompagne également d'un accroissement de la difficulté à respirer.

Une stratégie thérapeutique pour restaurer cette interface consiste à instiller par voie intra-trachéale un volume de liquide contenant du surfactant (extrait d'animaux ou bien de synthèse) afin qu'il se propage à travers l'arbre trachéobronchique pour finalement atteindre les zones acinaires et la paroi alvéolo-capillaire. Peu après son instillation, le volume forme un bouchon liquide à l'intérieur des bronches, bouchon qui se propage dans l'arbre trachéobronchique en se divisant à chaque bifurcation, et ce jusqu'aux bronchioles terminales. Cette stratégie thérapeutique s'est révélée remarquablement efficace chez les grands prématurés et les nouveaux nés dont elle a permis de réduire d'environ 50 % la mortalité (5). En revanche, elle s'est montrée particulièrement décevante chez l'adulte malgré quelques premiers essais prometteurs (6,7). Des premiers essais cliniques avaient notamment testé une administration chez l'adulte avec des doses volumiques de surfactant de 4 ml/kg, avec des résultats encourageants. Afin d'éviter de noyer le poumon des patients, des essais ultérieurs ont été effectués en réduisant la dose volumique, aux alentours de 1ml/kg, tout en augmentant la concentration afin d'administrer une quantité équivalente de surfactant. Ces essais n'ont pas permis d'observer une amélioration significative de l'état des patients. Or, sans renier la biochimie ou la physiologie, il est intéressant d'examiner les mécanismes qui gouvernent la propagation de bouchons liquides dans une structure branchée afin d'identifier les possibles origines physiques de cet échec.

## Le dilemme efficacité - homogénéité

Deux mécanismes essentiels opèrent à tour de rôle à de multiples reprises lors de la propagation d'un bouchon liquide dans les voies aériennes pulmonaires : il s'agit respectivement (i) du dépôt de surfactant sur les parois bronchiques lorsque ce bouchon se déplace le long d'une bronche, (ii) de la division de ce bouchon à chaque bifurcation de l'arbre. Le premier phénomène contribue à diminuer l'efficacité du traitement car le liquide déposé sur les parois de l'arbre trachéobronchique contient du surfactant qui n'atteint alors pas sa cible, la paroi alvéolo-capillaire. Le deuxième phénomène peut contribuer à altérer l'homogénéité de la répartition, en répartissant de façon inégale la quantité de liquide en aval de chaque bifurcation. Le surfactant n'atteint alors pas de façon équitable les diverses régions du poumon.

Or un même paramètre agit sur ces deux phénomènes, à savoir la vitesse de déplacement du bouchon ou, de manière équivalente, le débit de surfactant dans l'arbre trachéobronchique. La vitesse d'instillation de la dose de surfactant contrôle donc de manière indirecte à la fois l'efficacité et l'homogénéité de la distribution finale dans la région acinaire. Malheureusement, ce contrôle est contradictoire.

En effet, plus un bouchon liquide se propage rapidement le long d'un tube, plus il dépose un film épais sur les parois, perdant ainsi une partie de sa masse lors du déplacement. Des études expérimentales ont ainsi permis d'établir une loi empirique qui montre que presque la moitié du volume du tube peut être déposée sur les parois via ce mécanisme (8). Si l'on veut maximiser la quantité de surfactant administrée *in fine*, il faut donc réduire la vitesse de déplacement ou le débit d'instillation.

En revanche, plus un bouchon liquide se propage lentement, plus la répartition lors de la division de ce bouchon à chaque bifurcation de l'arbre trachéobronchique s'opère de manière inégalitaire. Cet effet est tout particulièrement prononcé pour les bouchons les plus larges, pour lesquels la gravité joue un rôle important. Selon les caractéristiques de la bifurcation, il existe même une vitesse critique au-dessous de laquelle le bouchon liquide ne se divise plus à la bifurcation, mais part au contraire intégralement dans la bronche fille située le plus bas, en suivant la ligne de plus grande pente. Ce phénomène peut être contrebalancé en augmentant la vitesse : ainsi, pour une bifurcation symétrique, la répartition devient totalement équitable (50/50) aux grandes vitesses, indépendamment de l'orientation respectives des bronches par rapport à la gravité.

La mécanique des fluides fait ainsi surgir une contradiction intrinsèque entre homogénéité et efficacité de cette stratégie d'administration. Pour comprendre comment cette contradiction se lève ou non selon la structure de l'arbre trachéobronchique, nous avons développé un modèle mathématique et avons eu recours à la simulation numérique, qui permet de tester très rapidement divers scénarios de propagation de fluide dans des structures extrêmement complexes. De façon schématique, l'arbre trachéobronchique est représenté dans notre modèle comme un assemblage de tuyaux cylindriques caractérisés par leur diamètre et leur longueur, ainsi que par leur position et leur orientation dans l'espace. Bien évidemment, cette orientation est modifiée lorsque l'on change la posture du patient, ce qui influence la distribution finale de surfactant.

## Simulations numériques de la propagation de bouchons liquidiens

La simulation de l'évolution d'un bouchon liquide au sein de la structure s'opère sous la forme d'une succession de dépôts et de séparations. Le calcul du dépôt sur les parois de la

bronche est fondé sur l'expression empirique proposé par Halpern et al. (8). Le calcul de la séparation à la bifurcation est effectué à partir d'équations de bilan tirées de l'équation de Bernoulli. L'intégralité du modèle est exposée dans (9) et (10).

Nous avons effectué des simulations numériques sur des géométries modèles simplifiées d'arbre trachéobronchique, pour le grand prématuré (pesant environ 1 kg) et l'adulte (70 kg). Dans chaque cas, l'arborescence est symétrique (égalité des diamètres et longueurs des branches filles à chaque bifurcation), et le rapport d'homothétie (rapport entre les diamètres de bronches de générations successives) est pris égal à 0,79. L'arborescence modélisant l'arbre trachéobronchique du nouveau-né a un diamètre de trachée égal à 4,5 mm et comporte 8 générations (256 « sorties »), tandis que l'arborescence représentant l'arbre trachéobronchique de l'adulte a un diamètre de trachée égal à 2 cm et comporte 12 générations (4096 « sorties »). Le surfactant constituant le bouchon liquide instillé dans le poumon possède une viscosité de 30 cP et une densité proche de 1.

Enfin, l'efficacité et l'homogénéité de la distribution finale de surfactant sont mesurées par deux quantités : la première est la fraction de la dose initiale qui atteint effectivement les « sorties » de l'arbre. C'est donc un pourcentage qui permet de caractériser la proportion de surfactant arrivant dans la zone acinaire ou, à l'inverse, de quantifier la proportion déposée sur les parois lors du transport liquide. Plus cette valeur est proche de 100 %, plus l'administration est efficace. La seconde quantité est reliée à l'écart-type de la distribution des divers volumes atteignant chacune des sorties de l'arbre, ces quantités étant normalisées de telle sorte que leur moyenne soit égale à 1. L'écart-type de cette distribution, baptisé SD (pour *Standard Deviation*) est donc un nombre sans dimension. Plus il est grand, plus la distribution finale parmi les sorties de l'arbre est hétérogène. Si cet écart-type est nul, alors toutes les sorties de l'arbre reçoivent exactement la même dose : l'administration est alors parfaitement homogène. Nous avons donc choisi de caractériser l'homogénéité de la distribution finale par l'inverse de l'écart-type, qui est une quantité sans dimension baptisée 1/SD. Plus l'écart-type est faible, plus la quantité 1/SD est forte, plus la distribution est homogène. Plus l'écart-type est important, plus cette quantité 1/SD est faible, moins la distribution est homogène. 1/SD est donc bien une mesure directe de l'homogénéité.

Les valeurs de débit et de doses retenues pour les simulations sont analogues à celles administrées en tests cliniques (6,7). Nos simulations ont révélé une profonde différence entre les distributions finales de surfactant chez l'adulte ou le grand prématuré. En effet, pour un débit de 6 ml/s et une dose initiale égale à 1 ml, la distribution finale chez le nouveau-né affiche une efficacité de 52,8 % et une homogénéité 1/SD proche de 5 (bonne homogénéité), dans le cadre d'une administration en position latérale gauche décubitus. En revanche, chez l'adulte de 80 kg, pour un débit de 240 ml/s et une dose initiale de 40 ml, l'efficacité chute à 13 % tandis que l'homogénéité s'écroule à 1/SD = 0,41 (très inhomogène).

Dans ces chiffres se trouve résumée l'essence du dilemme efficacité - homogénéité. En raison de sa taille, il est très difficile de déterminer pour le poumon de l'adulte un mode d'administration qui permette de faire parvenir de façon homogène et efficace à la fois une dose correspondant à 1 ml/Kg. Selon la vitesse d'instillation, le mécanisme de dépôt sur les parois crée en effet un « coût fixe » en termes de volume administré : une partie fixe du volume n'atteint jamais la zone acinaire. La seule façon d'éviter ce coût fixe consiste à instiller à très bas débit. Mais alors, les bouchons liquides vont essentiellement suivre les lignes de plus grande pente à chaque bifurcation et concentrer la distribution finale de surfactant dans une très petite fraction de la surface alvéolaire. Pour des volumes administrés trop faibles, on peut même observer en même temps chez l'adulte une faible effi-

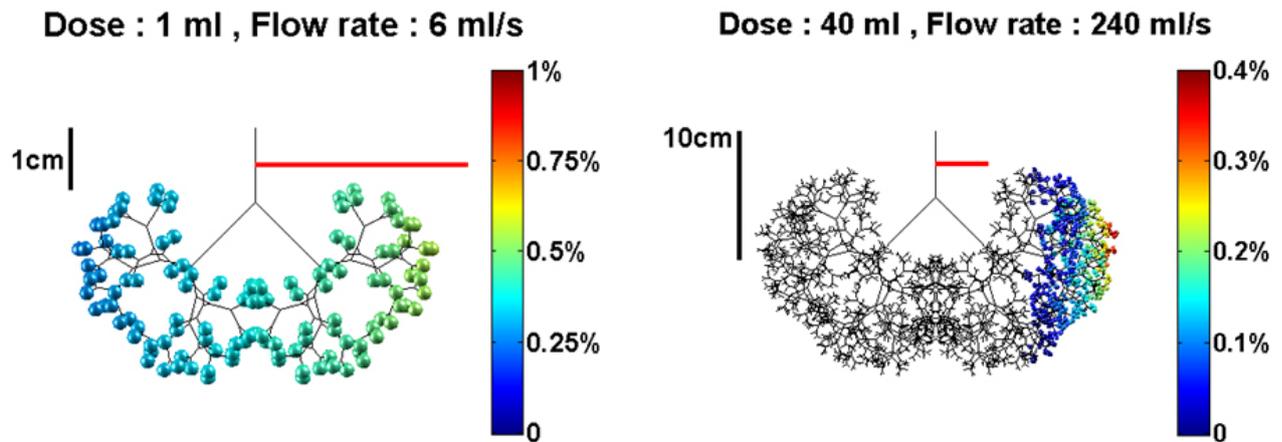


Figure 2. (Gauche) Vue en fausses couleurs de la distribution finale de surfactant simulée dans un modèle d'arborescence pulmonaire de grand prématuré. (Droite) Vue en fausses couleurs de la distribution finale de surfactant simulée dans un modèle d'arborescence pulmonaire chez l'adulte. Ce mode d'administration concilie efficacité (52,8 %) et homogénéité ( $1/SD=5$ ) chez le prématuré, tandis qu'il est d'une efficacité faible (13 %) et d'une homogénéité catastrophique ( $1/SD=0,41$ ) chez l'adulte. (Tiré de (10)).

efficacité et une mauvaise homogénéité (Fig 2, droite).

Comment peut-on expliquer que le poumon adulte soit simultanément quasi optimal pour la ventilation et si peu efficace quand il s'agit d'administration liquidienne ? La raison profonde de cette différence tient à ce que, à l'inverse de la ventilation en air, l'administration de liquide n'opère pas selon un mécanisme *linéaire*. Doubler la dose instillée ne double pas la dose finale distribuée dans la région acinaire. Et ceci est d'autant plus vrai que la taille du poumon augmente. Qui plus est, même si une partie importante de la dose instillée atteint la région acinaire, elle ne le fait pas uniformément. Ainsi, à l'inverse du système vasculaire où une administration systémique se répartit très rapidement uniformément dans l'organisme, le poumon ne peut être considéré comme un compartiment « bien mélangé », une hypothèse pourtant classiquement supposée en administration médicamenteuse. Le modèle numérique d'écoulement fluide que nous avons développé permet pour la première fois de mettre ce phénomène en évidence de façon claire. Il jette ainsi une lumière nouvelle sur les premiers essais chez l'adulte, en suggérant de revenir à des volumes instillés plus importants afin de s'affranchir du « coût fixe » de dépôt. Enfin, il ouvre la voie à une véritable « ingénierie » de l'administration, où l'on peut espérer jouer sur la viscosité, la densité, le débit, le volume, les positions pour optimiser de façon individualiser le traitement en fonction des spécificités de chaque patient.

## Conclusion

Des considérations physiques simples de mécanique des fluides permettent de comprendre le dimensionnement géométrique de l'arbre trachéobronchique et de l'interpréter comme le résultat d'un compromis optimal entre volume occupé et résistance hydrodynamique. Les prédictions d'une telle optimisation sont très bien vérifiées par les mesures effectuées sur des poumons réels. En revanche, dès lors que l'on s'intéresse au transport de fluide, et notamment à l'administration liquidienne de surfactant dans le système bronchique humain, il faut changer de modèle et tenir compte d'une part du mécanisme de dépôt d'une partie du fluide sur

les parois des bronches lors du déplacement des bouchons de liquide, et d'autre part de la division inégale entre les deux bronches filles à chaque bifurcation de l'arbre trachéobronchique. On s'aperçoit alors que l'administration de surfactant est un processus très sensible non seulement aux conditions d'instillation (volume, débit, position), mais également aux propriétés du surfactant (viscosité, densité) ainsi qu'à la géométrie des voies aériennes pulmonaires. Une amélioration significative de cette voie thérapeutique passe alors par une véritable « ingénierie » de l'administration, individualisée par patient, où seule l'interaction étroite entre ingénieur, physicien et médecin permettra de déboucher sur des traitements efficaces et reproductibles.

## Références

- Weibel ER, Gomez DM. Architecture of the human lung. Use of quantitative methods establishes fundamental relations between size and number of lung structures. *Science* 1962; 137(3530):577-85.
- Hess RW. Das Prinzip des kleinsten Kraftverbrauches im Dienste haemodynamischer Forschung. *Archiv für Physiologie* 1914; no. 1/2:1-62.
- Murray CD. The physiological principle of minimum work. I. The vascular system and the cost of blood volume. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 1926;12:207-14.
- Mauroy B, Filoche M, Weibel ER, Sapoval B. An optimal bronchial tree may be dangerous. *Nature* 2004; 427(6975):633-6.
- Barber M, Blaisdell CJ. Respiratory causes of infant mortality: Progress and challenges. *Am J Perinatol* 2010; 27:549-58.
- Spragg RG, et al. Effect of recombinant surfactant protein C-based surfactant on the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med* 2004; 351:884-92.
- Raghavendran KR, Willson D, Notter RH. Surfactant therapy of acute lung injury and acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Clinics.* 2011; 27:525-59.
- Halpern D, Jensen OE, Grotberg JB. A theoretical study of surfactant and liquid delivery into the lung. *J Appl Physiol.* 1998; 85:333-52.
- Zheng Y, Fujioka H, Grotberg JC, Grotberg JB. Effects of inertia and gravity on liquid plug splitting at a bifurcation. *J Biomech Eng.* 2006; 128:707-16.
- Filoche M, Tai CF, Grotberg JB. Three-dimensional model of surfactant replacement therapy. *Proc Natl Acad Sci USA.* 2015; 112:9287-92.

# Mesure du taux d'usure du polyéthylène selon le type de polyéthylène et le matériau de la tête fémorale après prothèse totale de hanche

## Wear of polyethylene according to polyethylene type and femoral head material in hip arthroplasty

M Hamadouche, A Zaoui, J Langlois, S El Hage, C Scemama, JP Courpied

*Service de chirurgie orthopédique - Hôpital Cochin - Paris.*

### Mots clés

- ◆ Arthroplastie
- ◆ Prothèse
- ◆ Hanche
- ◆ Polyéthylène
- ◆ Usure

### Résumé

**Objectif :** L'arthroplastie totale de hanche est une intervention fiable. La complication majeure à longs termes est le descellement des implants lié à l'usure du composant cotyloïdien en polyéthylène (PE) à l'origine d'une ostéolyse péri-prothétique. A l'hôpital Cochin, nous sommes restés fidèles aux principes initiaux de l'arthroplastie totale de hanche utilisant du polyéthylène et la fixation cimentée. Depuis 15 ans, nous avons mené trois études prospectives randomisées successives pour lesquelles la seule variable était le type de polyéthylène et/ou le matériau de la tête fémorale.

**Méthodes :** L'étude (1), réalisée entre 2000 et 2002, incluait 100 patients âgés en moyenne de 66 ans, randomisés de façon à recevoir un couple métal-PE conventionnel versus métal-PE hautement réticulé (HXLPE). L'étude (2) réalisée en 2006 incluait 100 patients âgés en moyenne de 65 ans randomisés selon 4 groupes : métal-PE, oxinium (oxyde de zirconium)-PE, métal-XLPE et oxinium-XLPE. L'étude (3) réalisée entre 2007 et 2008 incluait 110 patients âgés en moyenne de 60 ans, randomisés de façon à recevoir un couple métal-PE versus céramique Delta (oxyde mixte alumine-zircone)-PE. Pour chacune des études, le critère principal de jugement était le taux de pénétration de la tête fémorale dans le PE.

**Résultats :** Pour l'étude (1), 30 patients ont pu être analysés après un recul médian de 8.7 ans dans le groupe PE conventionnel et 38 patients après 9.11 ans dans le groupe HXLPE. Le taux d'usure à régime constant était de 0.14 mm/an dans le groupe PE conventionnel versus 0.0002 mm/an dans le groupe XLPE ( $p < 0.0001$ ). Pour l'étude (2), 86 patients ont pu être analysés après un recul médian de 6.5 ans. Le taux d'usure à régime constant était de 0.11 mm/an dans le groupe métal-PE, 0.03 mm/an dans le groupe oxinium-PE, 0.05 mm/an dans le groupe métal-HXLPE, 0.02 mm/an le groupe oxinium-HXLPE ( $p < 0.001$ ). Pour l'étude (3), 38 patients ont pu être analysés après un recul médian de 4.4 ans dans le groupe tête métal et 42 patients après un recul médian de 4.0 ans dans le groupe tête céramique Delta. Le taux d'usure à régime constant était de 0.07 mm/an dans le groupe tête métal versus 0.06 mm/an dans le groupe tête céramique Delta ( $p = 0.48$ ).

**Conclusion :** Nos résultats indiquent clairement que l'utilisation de HXLPE est à l'origine d'une réduction majeure de l'usure. Il est probable que cette réduction de l'usure sera à l'origine d'une réduction du risque d'ostéolyse et de descellement des implants.

### Keywords

- ◆ Arthroplasty
- ◆ Prosthesis
- ◆ Hip
- ◆ Polyethylene
- ◆ Wear

### Abstract

**Objective:** Total hip arthroplasty is a highly efficient surgical. The major long term complication is aseptic loosening related to wear of the polyethylene (PE) socket leading to wear debris induced osteolysis. At Cochin hospital, we have been using for more than 40 years, the metal on polyethylene combination and cement fixation. Since 2000, we have performed three prospective randomized studies for which the only variable was polyethylene type and/or material of the femoral head.

**Methods:** Study (1) conducted between 2000 and 2002 included 100 patients with a mean age of 66 years randomized to receive metal on conventional PE versus metal on highly cross-linked PE (HXLPE). Study (2) conducted in 2006 included 100 patients with a mean age of 65 years randomized into 4 groups: metal-PE, oxinium (oxidized zirconium)-PE, metal-XLPE, oxinium-XLPE. Study (3) conducted between 2007 and 2008 included 110 patients with a mean age of 60 years randomized to receive metal-PE versus Delta ceramic-PE. In each of these studies, the main criterion for evaluation was linear femoral head penetration.

**Results:** In study (1), 30 patients could be analyzed after a median follow-up of 8.7 years in the conventional PE group and 38 patients in the HXLPE group after 9.1 years. The mean steady state wear was 0.14 mm/year in the conventional PE group versus 0.0002 mm/year in the HXLPE group ( $p < 0.0001$ ). In study (2), 86 patients could be analyzed after a median follow-up of 6.5 years. The steady state wear was 0.11 mm/year in the metal-PE group, 0.03 mm/year in the oxinium-PE group, 0.05 mm/year in the metal-XLPE group, 0.02 mm/year in the oxinium-HXLPE group ( $p < 0.01$ ). In study (3), 38 patients could be analyzed after a median follow-up of 4.4 years in the metal group and 42 patients after a median follow-up of 4.0 years in the Delta group. The mean steady state wear was 0.07 mm/year in the metal group versus 0.06 mm/year in the Delta group ( $p = 0.48$ ).

### Correspondance :

Moussa Hamadouche - Department of Orthopaedic and Reconstructive Surgery - Service A - Centre Hospitalo-Universitaire Cochin - Port Royal - 27 rue du Faubourg St Jacques - 75014 Paris.

Tel : 01 58 41 31 14 / Fax : 01 58 41 31 14 / E-mail : moussah@club-internet.fr

Disponible en ligne sur [www.acad-chirurgie.fr](http://www.acad-chirurgie.fr)

1634-0647 - © 2016 Académie nationale de chirurgie. Tous droits réservés.

DOI : 10.14607/emem.2016.4.013

Conclusion: Our results demonstrated that use of HXLPE could significantly decrease polyethylene wear. This reduction will probably decrease the risk for osteolysis and implant loosening. Oxinium on HXLPE was associated with the lowest steady state penetration rate.

L'arthroplastie totale de hanche est une intervention pratiquée de façon courante depuis la fin des années 70 chez des patients souffrant de lésions dégénératives de la hanche, et s'est imposée comme l'intervention chirurgicale du 20<sup>ème</sup> siècle (1). Actuellement en France, environ 160.000 arthroplasties totales de hanche sont réalisées chaque année et 500.000 aux USA. Plus de 40 ans après son introduction, la prothèse à bas moment de friction imaginée et mise au point par Sir John Charnley utilisant la fixation cimentée et une tête fémorale en acier de 22.2 mm de diamètre frottant sur une cupule en polyéthylène reste le « gold standard » à laquelle toute innovation devrait être comparée. En effet, des études à plus de 20 ans de recul indiquent une survie des implants prothétiques supérieure à 80 % à 20 ans de recul (2). La cause principale des échecs est le descellement aseptique des implants lié à une usure excessive de la cupule en polyéthylène, classiquement au-delà de 0.1 mm/an. A l'hôpital Cochin, nous sommes restés fidèles aux principes initiaux de la prothèse de Charnley, utilisant depuis 1972 une prothèse dérivée dénommée prothèse de Charnley-Kerboull (3). Les résultats que nous avons publiés sont tout à fait superposables à ceux obtenus avec la prothèse de Charnley, même sur des séries de patients pour lesquels la pathologie sous-jacente implique quelques difficultés techniques et des risques d'échecs plus importants (4-7). Il nous est apparu clair à partir de l'ensemble de ces données que des améliorations étaient nécessaires visant à diminuer l'usure du polyéthylène. Deux choix étaient alors possibles : utiliser un polyéthylène plus résistant à l'usure ou diminuer le coefficient de frottement en modifiant le matériau de la tête fémorale. Ces options nous ont semblé plus judicieuses plutôt que de changer le mode fixation des implants ou d'éliminer le polyéthylène de l'articulation prothétique, ce qui aurait eu pour conséquence d'introduire de nouvelles variables avec des résultats incertains. À partir de Janvier 2000, nous avons mené dans le service trois études prospectives randomisées successives pour lesquelles la seule variable était le type de polyéthylène et/ou le matériau de la tête fémorale. Nous rapportons ici notre expérience de différents couples de frottement dans l'arthroplastie totale primaire de hanche cimentée utilisant une tête fémorale de 22.2 mm de diamètre et une cupule en polyéthylène.

## Méthodes

L'étude N°1 réalisée entre Juillet 2000 et Juillet 2002 incluait 100 patients (55 femmes et 45 hommes) âgés en moyenne de  $66.4 \pm 12.9$  ans (21 à 86 ans) randomisés selon le type de polyéthylène : 50 patients ont reçu une cupule en polyéthylène hautement réticulé irradié à 9.5 Mrads et refondu (Durasul, Centerpulse) et 50 patients une cupule en polyéthylène conventionnel irradié à 3.5 Mrads et recuit (Duration, Stryker). Tous les autres paramètres étaient identiques pour tous les patients et incluait une pièce fémorale en acier inoxydable et une tête en chrome-cobalt.

L'étude N°2 réalisée entre Janvier 2006 et Décembre 2006 incluait 100 patients (56 femmes et 44 hommes) âgés en moyenne de  $61.5 \pm 10.2$  ans (21 à 75 ans) randomisés selon le matériau de la tête fémorale : 50 patients ont reçu une tête fémorale en acier inoxydable et 50 patients une tête fémorale en oxyde de zirconium (Oxinium, Smith & Nephew). Par ailleurs, les 50 premiers patients ont reçu une cupule en polyéthylène conventionnel (non irradié et stérilisé à l'oxyde d'éthylène) et les 50 patients suivants une cupule en polyéthylène

hautement réticulé (XLPE, Smith & Nephew, irradié à 10 Mrads et refondu).

L'étude N°3 réalisée entre Avril 2007 et Juin 2008 incluait 110 patients (56 femmes et 54 hommes) âgés en moyenne de  $60.9 \pm 11.4$  ans (21 à 75 ans) randomisés selon le matériau de la tête fémorale : 55 patients ont reçu une tête fémorale en acier inoxydable et 55 patients une tête fémorale en oxyde mixte alumine-zircone (Delta, Ceramtec). Tous les autres paramètres étaient identiques pour tous les patients et incluait une pièce fémorale en acier inoxydable et une cupule en polyéthylène conventionnel (Duration, Stryker, irradié à 3.5 Mrads et recuit).

Toutes les interventions ont été réalisées par voie transtrochantérienne par des chirurgiens séniors. Les implants étaient toujours fixés par du ciment CMW à la gentamycine (Depuy). Les suites opératoires étaient identiques pour tous les patients.

Pour chacune de ces études, le critère majeur d'évaluation était la mesure de la pénétration linéaire de la tête fémorale représentant l'usure vraie et le fluage (déformation plastique) du polyéthylène à l'aide de la méthode de Martell (8,9). Nous avons utilisé une version spécifique du logiciel de Martell dédié aux cupules en polyéthylène cimentées et récemment validée selon les critères de l'ASTM. Le biais moyen est de  $0.089 \pm 0.060$  mm, et la reproductibilité de  $0.112 \pm 0.308$  mm (10). Toutes les mesures ont été réalisées sur des radiographies du bassin de face centrées sur la symphyse pubienne en décubitus dorsal. Ces radiographies ont été effectuées à 6 semaines (radiographie initiale), à 1 an et au dernier recul. Les radiographies ont ensuite été digitalisées (scanner Vidar VRX-plus) avec une densité de 150 dpi. Le logiciel de Martell Hip Suite version 8.0.4.3 est une méthode informatique validée qui fonctionne à l'aide de détection des contours. Ce logiciel indique la longueur du vecteur déplacement de la tête fémorale, sa direction, et le diamètre de la tête fémorale étant connu, permet de calculer l'usure volumétrique. Le taux d'usure à régime constant (usure vraie) a été mesuré selon la pénétration de la tête fémorale entre 1 an et le dernier recul. L'influence de divers facteurs sur l'usure a été évaluée, incluant l'âge des patients, l'activité, le sexe, l'indice de masse corporelle, et l'angle d'inclinaison de la cupule.

L'évaluation clinique a été réalisée selon la cotation de Merle d'Aubigné (11).

Pour chacune des études, un calcul de puissance a été réalisé de façon à définir le nombre de patients à inclure (risque de première espèce à 5 % et risque de deuxième espèce à 80 %). Les données examinées à l'aide d'un test de Shapiro-Wilk n'ayant pas une distribution normale, les différences ont été comparées par des tests non paramétriques de Mann-Whitney ou de Kruskal-Wallis. Les résultats cliniques ont été comparés par tests de Mann-Whitney. Les données ont été analysées selon le logiciel Statview (version 5.0; SAS Institute, Cary, North Carolina) et une valeur de  $p < 0.05$  était considérée comme significative.

## Résultats

### Résultats radiologiques

#### Etude N°1

Au recul minimal de 8 ans, quatre patients (8 %) étaient décédés dans le groupe XLPE et sept (14 %) dans le groupe PE con-

ventionnel. Cinq patients étaient perdus de vue dans chaque groupe, et deux patients ont été exclus dans le groupe PE conventionnel en raison d'une reprise de la prothèse (une pour infection et une pour luxation récidivante). Des données cliniques et radiologiques complètes étaient disponibles pour 38 patients dans le groupe XLPE (recul moyen de 9.1 ans, 8 à 10 ans) et 30 dans le groupe PE conventionnel (recul moyen de 8.7 ans, 8 à 10 ans). Au dernier recul la pénétration fémorale moyenne était de  $0.012 \pm 0.684$  mm dans le groupe XLPE versus  $1.090 \pm 0.904$  mm dans le groupe PE conventionnel. Le taux de pénétration à régime constant était de  $-0.0002 \pm 0.108$  mm/an dans le groupe XLPE versus  $0.1382 \pm 0.129$  mm/an dans le groupe PE conventionnel ( $p < 0.001$ ).

### Etude N° 2

Au recul minimal de 4 ans, trois patients étaient décédés, quatre perdus de vue et sept avaient des radiographies rejetées par le logiciel d'analyse en raison d'une variation de rotation pelvienne des radiographies de plus de  $25^\circ$ , laissant ainsi 86 patients avec recul clinique et radiologique complet (médiane de 6 ans, 4 à 8 ans). Dans le groupe PE conventionnel, 22 têtes métal et 22 têtes oxinium ont été analysées après un recul médian de 7 ans (5 à 8 ans) ; et dans le groupe XLPE, 21 têtes métal et 21 têtes oxinium ont été analysées après un recul médian de 6 ans (4 à 7 ans). Dans le groupe PE conventionnel, le taux d'usure médian à régime constant était de 0.03 mm/an (0.003 à 0.25 mm/an) pour les têtes oxinium versus 0.11 mm/an (0.03 à 0.29 mm/an) pour les têtes métal ( $p < 0.001$ ). Dans le groupe XLPE, le taux d'usure à régime constant était de 0.02 mm/an (-0.32 à 0.07 mm/an) pour les têtes oxinium versus 0.05 mm/an (-0.39 à 0.11 mm/an) pour les têtes métal ( $p < 0.001$ ).

### Etude N° 3

Au recul minimal de 3 ans, huit patients étaient perdus de vue dans chaque groupe, cinq patients repris pour sepsis (4 dans le groupe métal et 1 dans le groupe delta) et neuf patients avaient des radiographies rejetées par le logiciel d'analyse en raison d'une variation de rotation pelvienne des radiographies de plus de  $25^\circ$ , laissant ainsi 80 patients (38 dans le groupe métal et 42 dans le groupe Delta) avec recul clinique et radiologique complet (médiane de 4 ans, 3 à 5.4 ans). Le taux d'usure à régime constant était de  $0.07 \pm 0.007$  mm/an dans le groupe métal versus  $0.06 \pm 0.007$  mm/an dans le groupe delta ( $p = 0.48$ ). Aucun cas de fracture de tête delta n'était à déplorer au dernier recul.

### Résultats cliniques

Dans chacune des trois études, le score fonctionnel médian de Merle d'Aubigné au dernier recul était de 18 (15 à 18) sans différence significative entre les différents groupes étudiés.

### Discussion

L'arthroplastie totale de hanche à bas moment de friction est utilisée depuis plus de 40 ans avec d'excellents résultats cliniques et une survie élevée. Les échecs sont le plus souvent liés à une usure du polyéthylène  $> 0.1$  mm/an conduisant à une ostéolyse périprothétique et au descellement des implants. Il nous a donc semblé logique de continuer à utiliser cette prothèse en essayant de réduire l'usure du polyéthylène par le biais d'un polyéthylène hautement réticulé plus résistant à l'usure in vitro et/ou en réduisant le coefficient de frottement par le biais d'une tête fémorale dont les propriétés tribologiques in vitro sur du polyéthylène étaient meilleures. Les trois études rapportées dans ce travail qui s'étale sur une période de plus de 15 ans répondent à ces critères. En effet, la seule variable était le couple de frottement, tous les

autres paramètres incluant la pièce fémorale, le diamètre de la tête, la technique chirurgicale et les suites opératoires étant identiques chez tous les patients. Par ailleurs, ces trois études étaient prospectives randomisées et le principal critère de jugement était évalué à l'aide d'un logiciel validé. Notre travail indique clairement que l'utilisation de polyéthylène hautement réticulé réduit de façon importante l'usure, largement en deçà de la limite d'ostéolyse. En effet, les différents groupes pour lesquels la cupule était en HXLPE avaient une usure comprise entre  $-0.0002$  et  $0.02$  mm/an, correspondant à une réduction d'un facteur 50 à 500. En revanche la modification du matériau de la tête fémorale n'a pas influencé de façon notable l'usure du polyéthylène conventionnel ou hautement réticulé. En effet, dans l'étude N°2, les têtes en oxinium ont réduit de façon statistiquement significative l'usure des deux types de polyéthylène. Cependant, la différence entre les taux d'usure observés avec les têtes métal versus oxinium n'est probablement cliniquement significative. Par ailleurs, les têtes en céramique delta n'ont pas significativement réduit l'usure versus des têtes métal sur du polyéthylène conventionnel. Il faut cependant noter que le recul médian de cette étude était uniquement de 4 ans. Il est important de continuer de suivre les patients de ces trois études pour déterminer si les différences observées seront confirmées, et surtout pour déterminer si l'ostéolyse périprothétique et le nombre de descellements aseptiques est effectivement réduit.

Les différentes études rapportées dans ce travail ont cependant quelques limitations. Le logiciel utilisé Hip Suite analysis dédié aux cupules en polyéthylène a une précision et une reproductibilité inférieures à la version métal-back. Néanmoins nous l'avons récemment validé avec des résultats qui sont tout à fait acceptable. Par ailleurs, ces trois études étaient consécutives et non pas simultanées. Cependant, la technique chirurgicale et les opérateurs étaient identiques. Enfin, Le taux de sepsis dans l'étude N°3 comparant des têtes fémorales métal versus delta était anormalement élevé (5/110, 5.5 %). Nous n'avons pas d'explication à cette observation, et seule l'étude N°3 était concernée, les taux de sepsis dans les deux autres études étant conformes aux données de la littérature. Par ailleurs, ...

### Conclusion

Nos résultats indiquent clairement que l'utilisation de HXLPE est à l'origine d'une réduction majeure de l'usure. L'utilisation d'une tête fémorale en Oxinium réduit significativement la pénétration dans le PE en comparaison avec une tête en acier quel que soit le type de PE utilisé.

Il est probable que cette réduction de l'usure sera à l'origine d'une réduction du risque d'ostéolyse et de descellement des implants.

### Discussion en séance

Questions de J Caton

1- Quel polyéthylène hautement réticulé : refondu ? recuit ?

Réponse

Les deux types de traitement thermique post-irradiation, refonte et recuit, ont clairement démontré jusqu'à 10 ans de recul une réduction significative de l'usure du polyéthylène. Cependant, pour les polyéthylènes recuits, des études sur explants indiquent des signes importants d'oxydation, significativement plus importants que pour les polyéthylènes refondus, avec des risques inhérents de dégradation des propriétés mécaniques et tribologiques. Il semble donc qu'une refonte post-irradiation soit préférable à un recuit. Par ailleurs, des polyéthylènes contenant un antioxydant (essentiellement  $\alpha$  tocophérol, vitamine D) permettant de ne pas recourir à un

traitement thermique post-irradiation sont actuellement évalués avec des résultats à courts termes très encourageants.

2-Rayure des têtes oxinium ?

Réponse

Effectivement la couche oxydée qui mesure 4.5 microns peut être altérée avec pour conséquence l'apparition de rayures qui entraîneraient une augmentation de l'usure par mécanisme d'abrasion. Cependant, ce phénomène a été décrit (par nous-même également) uniquement après luxation itérative. Dans ce type de situations, l'usure n'est plus le problème, mais plutôt l'instabilité qu'il faut traiter.

3-Peut-on encore améliorer le PE standard ?

Réponse

Il me semble que le polyéthylène hautement réticulé est actuellement l'amélioration la plus aboutie du polyéthylène standard.

4-La double mobilité est-elle un nouveau couple de frottements ?

Réponse

Oui probablement, car par définition il existe deux articulations qui ne fonctionnent pas comme un insert fixe. La grosse articulation fonctionnant lorsque le col vient en contact avec l'insert, il me semble inapproprié voire dangereux d'utiliser du polyéthylène hautement réticulé car il s'agit d'une situation où les contraintes en fatigue ne seront pas tolérées par l'insert. Le risque de luxation intra-prothétique serait alors sûrement accru.

Question de M Filoche

La façon de marcher influence t'elle l'usure ?

Réponse

Oui très probablement, mais en dehors de l'activité (nombre de pas et type d'activité sportive ou sédentaire), cet élément n'a pas été évalué. Il est par ailleurs clair que les patients ne sont pas égaux face à l'usure et l'ostéolyse. Il existe très clairement un déterminisme génétique de la réponse aux débris de polyéthylène.

## Références

1. Learmonth ID, Young C, Rorabeck C. The operation of the century: total hip arthroplasty. *Lancet* 2007;370 :1508-19.
2. Berry DJ, Harmsen WS, Cabanela ME, Morrey BF. Twenty-five-year survivorship of two thousand consecutive primary Charnley total hip replacements : factors affecting survivorship of acetabular and femoral components. *J Bone Joint Surg Am.* 2002;84-A(2) :171-7.
3. Kerboull M, Postel M, Evrard J, Courpied JP. The Charnley-Kerboull Prosthesis. In: *Total Hip Replacement* [Internet]. Berlin Springer-Verlag; 1987. p. 13-7. Disponible sur : <http://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-69597-1>.
4. Kerboull L, Hamadouche M, Courpied JP, Kerboull M. Long-term results of Charnley-Kerboull hip arthroplasty in patients younger than 50 years. *Clin Orthop.* 2004;418 :112-8.
5. El Masri F, Kerboull L, Kerboull M, Courpied JP, Hamadouche M. Is the so-called « French paradox » a reality? : long-term survival and migration of the Charnley-Kerboull stem cemented line-to-line. *J Bone Joint Surg Br.* 2010;92 :342-8.
6. Hamadouche M, Kerboull L, Meunier A, Courpied JP, Kerboull M. Total hip arthroplasty for the treatment of ankylosed hips : a five to twenty-one-year follow-up study. *J Bone Joint Surg Am.* 2001;83-A :992-8.
7. Nich C, Courpied JP, Kerboull M, Postel M, Hamadouche M. Charnley-Kerboull total hip arthroplasty for osteonecrosis of the femoral head a minimal 10-year follow-up study. *J Arthroplasty.* 2006;21 :533-40.
8. Martell JM, Berdia S. Determination of polyethylene wear in total hip replacements with use of digital radiographs. *J Bone Joint Surg Am.* 1997;79 :1635-41.
9. Martell JM, Berkson E, Berger R, Jacobs J. Comparison of two and three-dimensional computerized polyethylene wear analysis after total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2003;85 :1111-7.
10. Langlois J, Zaoui A, Scemama C, Martell J, Bragdon C, Hamadouche M. Validation of a computer-assisted method for measurement of radiographic wear in total hip arthroplasty using all polyethylene cemented acetabular components. *J Orthop Res* 2015;33 :417-20.
11. Merle D'Augibné R. [Numerical evaluation of hip function]. *Rev Chir Orthopédique Réparatrice Appar Mot.* 1970;56 :481-6.

# Vertébroplastie, cyphoplastie et cimentoplastie dans les fractures ostéoporotiques

## Vertebroplasty, Kyphoplasty and Cementoplasty in Osteoporotic Fractures

JD Laredo, P Orcel

Service de radiologie ostéo-articulaire - Hôpital Lariboisière - Paris.

### Mots clés

- ◆ Vertébroplastie
- ◆ Cyphoplastie
- ◆ Cimentoplastie
- ◆ Fractures ostéoporotiques
- ◆ Fractures vertébrales
- ◆ Fractures par insuffisance osseuse

### Résumé

La cimentoplastie consiste à injecter un ciment à travers un trocart dans une fracture ou une zone ostéolytique ou tumorale. Elle se pratique au rachis (vertébroplastie), mais aussi sur les autres os (cimentoplastie).

Vertébroplastie : Un trocart est introduit par voie percutanée sous contrôle fluoroscopique et/ou scannographique, par voie postérieure sur un patient en procubitus, et avancé, à travers l'arc postérieur et le pédicule, jusqu'au corps vertébral. Deux à 8 cc de polyméthylmétacrylate (ciment qui sert aussi à sceller les prothèses articulaires) sont injectés dans le corps vertébral sous contrôle fluoroscopique.

L'objectif de la vertébroplastie est double : elle permet de consolider la fracture et de diminuer les douleurs et donc de reprendre ou faciliter la déambulation.

Son efficacité sur les douleurs vertébrales a été un temps remise en question par le résultat négatif de deux premiers essais randomisés mais d'autres études randomisées sont venues par la suite montrer son efficacité.

Une condition absolue à l'indication de la vertébroplastie est le caractère douloureux et récent de la fracture dont témoigne la présence d'un œdème médullaire en IRM ou l'absence de consolidation de la fracture vertébrale (pseudarthrose).

Les recommandations américaines (FDA) et anglaise (NICE) sur l'indication de la vertébroplastie dans les fractures ostéoporotiques sont précises : il faut la réserver aux cas où la douleur ne cède pas au traitement médical antalgique.

Cependant, outre leur caractère douloureux et handicapant, les fractures vertébrales augmentent la cyphose vertébrale qui est un facteur de morbidité, du fait du déséquilibre sagittal du rachis, de la diminution des capacités fonctionnelles et respiratoires, de la majoration du risque de chute et donc de survenue de nouvelles fractures. Il faut aussi tenir compte du risque que fait courir un décubitus prolongé imposé par une douleur vertébrale invalidante chez le patient âgé.

On est donc souvent amené à proposer d'emblée une vertébroplastie dans les fractures vertébrales ostéoporotiques récentes en présence de plusieurs paramètres qui font craindre l'installation d'une cyphose importante : âge élevé, caractère spontané de la fracture, densité minérale osseuse mesurée par ostéodensitométrie basse, antécédents personnels et familiaux de fracture ostéoporotique combinés dans le score FRAX et surtout siège de la fracture à la charnière thoraco-lombaire et nombre de fractures vertébrales prévalentes, qui permettent de prédire, dans une certaine mesure, la survenue de nouvelles fractures vertébrales.

Outre la vertébroplastie, il ne faut pas oublier d'instaurer un traitement anti-ostéoporotique qui doit être systématique dès la première fracture ostéoporotique.

Sacroplastie : La fracture par insuffisance osseuse du sacrum touche le sujet de plus de 80 ans dans la majorité des cas. C'est une fracture très douloureuse et invalidante qui cloue le patient au lit. Dans les cas où la douleur résiste aux antalgiques et où l'alitement prolongé fait courir un risque au patient, il est possible de cimenter les traits de fracture verticaux par voie percutanée (Sacroplastie). Ce geste a souvent un effet assez spectaculaire sur la douleur.

Autres cimentoplasties : Un point est essentiel à saisir : la cimentoplastie accroît fortement la résistance de l'os à la compression. Elle donc efficace et logique dans les zones osseuses soumises presque exclusivement à des forces en compression comme les vertèbres ou le toit du cotyle. En revanche, la cimentoplastie simple n'est pas mécaniquement efficace dans les segments osseux soumis à des forces de cisaillement comme le col fémoral et les os longs de façon générale. Dans ces cas, il est nécessaire de faire une ostéosynthèse qui peut être complétée d'une cimentoplastie.

### Keywords

- ◆ Vertebroplasty
- ◆ Kyphoplasty
- ◆ Cementoplasty

### Abstract

Vertebroplasty and cementoplasty consist in the percutaneous injection of a bone cement, usually polymethylmetacrylate, into a fractured or weakened bone.

In the case of vertebroplasty, a needle is introduced percutaneously into the vertebral body through the neural arch and vertebral pedicle in a patient in a prone position under fluoroscopic or scannographic guidance.

### Correspondance :

Pr Jean-Denis Laredo, Service de radiologie ostéo-articulaire - Hôpital Lariboisière - 2, rue Ambroise Paré - 75010 Paris.  
Tél : 01.49.95.91.07 / E-mail : jean-denis.laredo@lrp.aphp.fr

- ◆ Osteoporotic fractures
- ◆ Vertebral fractures

Goals of vertebroplasty in osteoporotic fractures are to decrease the pain related to the fracture and to help the patient to resume walking and normal activities.

The efficiency of vertebroplasty in osteoporotic vertebral fractures was once challenged by the publication in 2009 of two randomized multicentric trials, which both found no statistical difference on vertebral pain between vertebroplasty and a sham intervention. However, more recent randomized studies comparing vertebroplasty to conservative treatment found a significant difference in vertebral pain in favor of vertebroplasty.

Vertebroplasty is indicated in osteoporotic fractures only in the case of recent and painful fractures with presence of bone marrow edema at spine MRI or in the case of unhealed vertebral fractures with the persistence of an intravertebral cleft filled with vacuum or water.

According to the FDA and Nice recommendations, the use of vertebroplasty in osteoporotic vertebral fractures should be restricted to painful fractures resisting to conservative treatment. However, vertebral height loss and vertebral kyphosis may increase during this step of conservative treatment and have adverse effects on patient general status. In addition, the risk of complications of prolonged bed rest due to vertebral pain in elderly patients should also be taken into account. Therefore, vertebroplasty may be indicated earlier in elderly patients or when some criteria suggest an increased risk of additional vertebral fractures and increased kyphosis.

Sacroplasty, which consists in the percutaneous injection of polymethylmetacrylate in the sacral wings, may be indicated in patients with intractable pain due to insufficiency fractures of the sacrum.

Overall, indications of cementoplasty should be restricted to bone areas submitted to compressive forces. Conversely, cementoplasty should not be used in bone areas where shearing forces are exerted.

## Fractures vertébrales ostéoporotiques

### Rappel sur l'épidémiologie et les conséquences des fractures vertébrales ostéoporotiques

Les fractures vertébrales ostéoporotiques sont extrêmement fréquentes à partir d'un certain âge et source de douleurs et d'un handicap importants. Si environ deux tiers des fractures vertébrales sont dites asymptomatiques, environ 40 à 50.000 fractures vertébrales en France chaque année sont responsables de douleurs rachidiennes plus ou moins invalidantes. Souvent, ces douleurs se résolvent en quelques semaines, du fait de l'évolution naturelle vers la consolidation de la plupart des fractures. Cependant, dans certains cas, les patients restent invalidés plusieurs mois par des douleurs intenses justifiant le recours aux morphiniques. Parfois, la fracture se majore progressivement ce qui peut entraîner une importante perte de hauteur du corps vertébral et une majoration de la cyphose avec ses conséquences sur la statique et une pérennisation des douleurs.

Parfois encore, se constituent sur certaines fractures une véritable pseudarthrose créant un foyer de mobilité au sein de la fracture, empêchant la consolidation et expliquant des douleurs mécaniques d'évolution prolongée. C'est souvent dans ce type de fracture vertébrale que l'on observe sur les radiographies (Fig 1a-b) et en scanner une image gazeuse intracorporelle et une image cavitaire linéaire en hypersignal liquidien en IRM. Parfois, l'image gazeuse ou liquidienne n'est pas spontanément visible mais on peut la suspecter sur la présence d'une fente horizontale du corps vertébral correspondant à une pseudarthrose. Dans ces cas, une radiographie de profil du rachis en extension peut démasquer cette image de vide intra-somatique.

Les fractures vertébrales ostéoporotiques ont tendance à se grouper dans le temps, survenant par salves, mais aussi dans leur localisation sur le rachis, aggravant les déformations statiques. Devant une fracture vertébrale ostéoporotique, le risque de nouvelle fracture dans l'année passe de 3,4 % environ chez le patient n'ayant aucune fracture vertébrale prévalente à 24 % chez ceux qui présentent au moins deux fractures vertébrales prévalentes (1).

Les fractures vertébrales s'accompagnent d'une perte de la lordose lombaire et d'une augmentation de la cyphose thoracique. Plus particulièrement, les fractures de la charnière thoraco-lombaire entraînent souvent une cyphose angulaire importante et préjudiciable sur le plan fonctionnel. Roux et al. ont évalué prospectivement sur trois ans l'influence de la cyphose thoracique sur le risque de fracture vertébrale incidente et sur la qualité de vie dans une population de 1624 femmes ménopausées ostéoporotiques non traitées. Une cy-

phose plus importante (quelle qu'en soit la cause) est un facteur de risque important et indépendant du risque de nouvelle fracture vertébrale et d'une altération de la qualité de vie (2).

On sait aussi depuis des études épidémiologiques récentes que les fractures vertébrales ostéoporotiques sont associées à une surmortalité. L'effet d'une vertébroplastie ou d'une cyphoplastie sur la mortalité associée aux fractures vertébrales a même été évalué récemment (4). Un échantillon de patients issus de la base Medicare a été suivi pendant deux ans après une fracture vertébrale, avec (81.662 patients) ou sans (329.303 patients) geste de vertébroplastie. Le taux global de survie est plus important dans le groupe vertébroplastie (74,8 % contre 67,4 % à 24 mois). Le risque de décès dans les deux ans est de 44 % inférieur dans le groupe vertébroplastie. Il existe aussi une différence entre cyphoplastie et vertébroplastie, le risque de décès à deux ans étant 12,5 % plus faible après la première technique (4).

### Faut-il utiliser le terme de tassement vertébral ostéoporotique ou de fracture vertébrale ostéoporotique ?

Le terme de tassement vertébral illustre bien la perte de hauteur du corps vertébral. Il est consacré par l'usage. Cependant, il est associé chez nos patients à l'idée de vieillissement, fatalité à accepter sans recours possible, plutôt qu'à celui d'une affection à traiter. Cependant, il existe maintenant des traitements médicaux de l'ostéoporose fracturaire qui, dans l'ensemble, diminuent par deux le risque de nouvelles fractures et qu'il faut systématiquement mettre en jeu devant une fracture ostéoporotique, vertébrale ou extra-vertébrale, en sus de la correction d'une très fréquente carence en vitamine D. Le terme de fracture vertébrale correspond à la réalité et incite naturellement à mettre en jeu ces traitements.

### En quoi consiste la vertébroplastie et la kyphoplastie ?

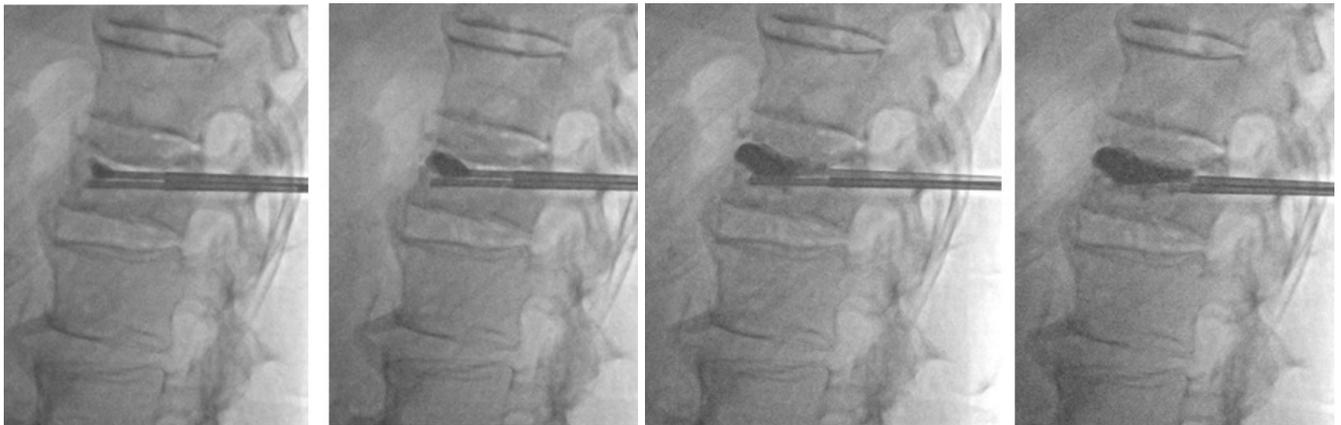
La vertébroplastie consiste à injecter dans le corps vertébral fracturé un ciment acrylique qui est de même nature que ceux qui sont utilisés pour sceller les prothèses articulaires (polyméthylmétacrylate) (Fig 1a-f). La vertèbre est abordée par voie postérieure. La plupart des opérateurs utilise une voie transpédiculaire qui a l'intérêt, de contenir, dans la vertèbre un éventuel reflux de ciment. L'abord bipédiculaire demande plus de temps mais permet d'obtenir une meilleure répartition du ciment dans la vertèbre aux étages thoracique inférieur et lombaire. A l'étage thoracique supérieur et moyen, un abord unilatéral est souvent suffisant car les corps



Figure 1 : Vertébroplastie d'une fracture ostéoporotique de L1 avec fente gazeuse intra-corporeale (pseudarthrose), chez un homme de 71 ans.

a et b: Radiographies pré-opératoires.

c et d: Radiographies prises au cours de la vertébroplastie montrant le remplissage progressif de la vertèbre par le ciment acrylique.



e et f: Radiographies finales après vertébroplastie montrant le remplissage progressif de la vertèbre par le ciment acrylique.



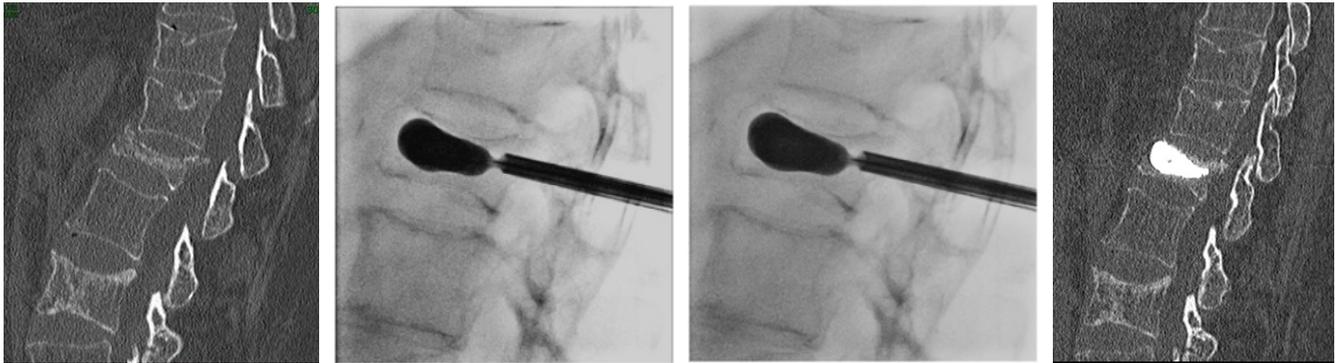
vertébraux sont plus étroits. A l'étage thoracique supérieur, une voie suprapédiculaire ou parapédiculaire, dans l'espace costo-vertébral doit être utilisée. En cas de galette corporeale, une voie paravertébrale, croisant l'orifice externe du foramen, doit parfois être utilisée. Une fois le trocart en place dans le corps vertébral, 2 à 8 cc de polyméthylmétaacrylate, selon la taille de la vertèbre, sont lentement injectés sous contrôle scopique afin de s'assurer de l'absence de fuite extravertébrale. Il faut s'efforcer d'obtenir un remplissage du corps vertébral allant d'un plateau vertébral pour former un étau et prévenir le risque de nouvelle fracture du même corps vertébral.

Dans la cyphoplastie, l'injection est précédée d'une tentative de ré-expansion du corps vertébral fracturé visant à regagner une partie de la hauteur perdue et à réduire la cyphose due à la fracture vertébrale. Dans la kyphoplastie à ballon-

nets, des ballonnets sont mis en place par voie transpédiculaire dans le corps vertébral fracturé, puis gonflés sous pression pour relever le plateau vertébral enfoncé et créer ainsi une cavité intra-corporeale (Fig 2). Les ballonnets sont ensuite retirés et le ciment peut ensuite être injecté à basse pression pour remplir ces cavités ce qui devrait diminuer le risque de fuite extravertébrale de ciment (3). A côté de la kyphoplastie à ballonnets qui sont retirés avant que le ciment ne soit injecté, sont maintenant proposés de nombreux dispositifs implantables de réexpansion vertébrale tels que des stents ou des « cricks » qui servent à repousser le plateau vertébral enfoncé et qui sont laissés en place et « coulés » dans le ciment.

L'objectif de ces dispositifs est de réduire au moins partiellement l'angle de cyphose vertébral parfois important dans certaines fractures avec tassement cunéiforme (Fig 3).

Figure 2 : Kyphoplastie à ballonnets d'une fracture ostéoporotique de L1 chez un homme de 68 ans.



a : Reconstruction scanner sagittale pré-opératoire.

b et c : Radiographies prises au cours de la kyphoplastie montrant les ballonnets gonflés dans la vertèbre. Noter la ré-expansion du corps vertébral.

d : Reconstruction scanner sagittale post-opératoire. Noter le gain en hauteur du corps vertébral par comparaison au scanner pré-opératoire (a).

### Quels sont les objectifs de la vertébroplastie et de la kyphoplastie dans les fractures ostéoporotiques ?

L'objectif premier de ces deux techniques est antalgique : consolider le corps vertébral et soulager les patients invalidés par des douleurs intenses et persistantes. La consolidation de la fracture est particulièrement importante en cas de pseudarthrose.

### Quelles sont les indications de la vertébroplastie dans les fractures ostéoporotiques ?

Les recommandations américaines (FDA) et anglaise (NICE) sur l'indication de la vertébroplastie dans les fractures ostéoporotiques sont précises : il faut la réserver aux cas où la douleur ne cède pas au traitement médical antalgique. Faut-il cependant toujours passer par l'étape du traitement médical dans les fractures vertébrales ostéoporotiques récentes ? La réponse à cette question doit être nuancée et dépend notamment de l'angle de vue sur la maladie ostéoporotique vertébrale que l'on adopte. Si l'on considère isolément l'épisode fracturaire, dans la mesure où les douleurs s'amendent spontanément et la fracture consolide dans la majorité des cas en quelques semaines ou mois, il paraît logique de réserver la vertébroplastie aux échecs du traitement conservateur, sauf chez les personnes âgées, quand l'alitement prolongé, imposé par la douleur, comporte ses propres risques.

Le point de vue est différent si l'on s'attache à considérer la statique vertébrale dans son ensemble et ses conséquences sur l'avenir du patient. Tout d'abord, un pourcentage notable des fractures récentes continue de se majorer après leur révélation avec augmentation de l'angle de cyphose. Une fracture cunéiforme de la charnière thoraco-lombaire ou du rachis thoracique peut générer jusqu'à 15 ou 20° de cyphose, ce qui est loin d'être anodin. L'observation de tels cas fait regretter que le patient n'ait pu bénéficier d'une vertébroplastie avant que la déformation ne s'accroisse. Surtout, certains patients vont faire de nouvelles fractures vertébrales dans le même segment rachidien et dont le cumul va conduire au développement d'une grande cyphose angulaire. Le traitement anti-ostéoporotique, qui doit être systématique après la première fracture, diminue le risque de nouvelle fracture de 50 % mais ne l'annule pas. L'âge, le caractère spontané de la fracture, la densité minérale osseuse mesurée par ostéodensitométrie, les antécédents personnels et familiaux de fractures ostéoporotiques combinés dans le score FRAX et surtout le siège de la fracture à la charnière thoraco-lombaire et le nombre de fractures vertébrales prévalentes permettent de prédire, dans

une certaine mesure, la survenue de nouvelles fractures vertébrales, même si celles-ci restent, pour une large part, imprévisibles. Or la cyphose vertébrale est un marqueur du vieillissement physiologique et un facteur de morbidité, du fait du déséquilibre sagittal du rachis, de la diminution des capacités fonctionnelles et respiratoire, de la majoration du risque de chute et donc de nouvelles fractures; elle accroît aussi le risque de mortalité. La cyphose crée aussi un cercle vicieux mécanique : chaque fracture vertébrale l'accroît et majore le déséquilibre antérieur du rachis, la charge sur les autres vertèbres et donc le risque de nouvelle fracture.

Le risque de complications dues à la vertébroplastie doit aussi être pris en compte. Avec les progrès dans les matériels utilisés (qualités rhéologiques des ciments de polyméthylmétacrylate principalement) et l'expérience des opérateurs, les risques de fuite veineuse et d'embolie pulmonaire de ciment et de passage dans le canal rachidien ou un foramen intervertébral à l'origine d'une compression nerveuse sont devenus rares ou très rares mais ils existent de même que le risque infectieux. Si le patient présente plus de deux vertèbres à cimenter, l'anesthésie générale devient nécessaire.

Compte tenu de tous ces éléments, quelle est donc l'attitude à adopter devant une fracture vertébrale ostéoporotique récente avec oedème vertébral en IRM ? En pratique, le patient a souvent déjà fait son choix entre traitement conservateur ou la vertébroplastie. Si son choix le guide vers la vertébroplastie, notamment quand la douleur reste importante et handicapante malgré le traitement antalgique, il faut bien l'informer des risques encourus sans pour autant les majorer. On orientera aussi le patient vers la vertébroplastie quand le risque de survenue de nouvelles fractures vertébrales et d'ins-

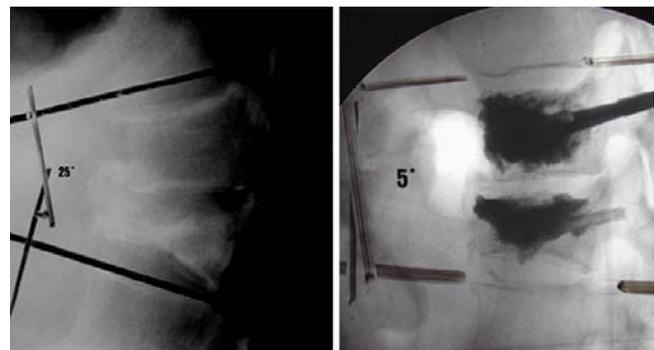


Figure 3 : Diminution de l'angle de cyphose qui passe de 25 à 5° après vertébroplastie de deux fractures adjacentes récentes de la charnière thoraco-lombaire.

tallation d'une cyphose vertébrale créant un déséquilibre sagittal paraît élevé : âge avancé, caractère spontané de la fracture, densité minérale osseuse basse en ostéodensitométrie, antécédents personnels et familiaux de fractures ostéoporotiques, siège de la fracture à la charnière thoracolumbaire, présence d'autres fractures vertébrales. L'évaluation de l'équilibre sagittal du rachis par de grands clichés du rachis en entier (appareillage de radiographie EOS notamment) doit aussi être systématiquement pris en compte. Même si le patient opte pour le traitement conservateur, il faut l'informer de l'importance d'une consultation après d'un rhumatologue pour mise en route d'un traitement anti-ostéoporotique, d'un suivi radiologique et de consulter rapidement en cas de nouvelle douleur vertébrale ou de perte de taille pour traiter à temps une nouvelle fracture vertébrale.

### Pourquoi tenter de redresser la cyphose ?

La correction de la cyphose pourrait avoir une action préventive des fractures ultérieures. Roux et al. ont évalué prospectivement sur trois ans l'influence de la cyphose thoracique sur le risque de fracture vertébrale incidente et sur la qualité de vie dans une population de 1 624 femmes ménopausées ostéoporotiques non traitées. Une cyphose plus importante (quelle qu'en soit la cause) est un facteur de risque important et indépendant du risque de nouvelle fracture vertébrale et d'une altération de la qualité de vie (2).

La vertébroplastie par la mise en hyperlordose des patients pour la réalisation de la procédure et la poussée du ciment et la cyphoplastie grâce à l'expansion d'un dispositif intracorporel peuvent permettre de réduire au moins partiellement l'angle de cyphose parfois important dans les fractures cunéiformes (Fig 3) (5). Cet argument, suggéré par les données de certains essais ouverts est mis en avant par les firmes qui développent des dispositifs d'expansion du corps vertébral (6-8). Cependant, deux réserves doivent être faites. Tout d'abord, il reste à prouver que le gain de hauteur et d'angle obtenu par les dispositifs de cyphoplastie soit suffisamment pertinent d'un point de vue clinique pour justifier une dépense supplémentaire importante par rapport à la simple vertébroplastie. Par ailleurs, un gain de cyphose vertébrale ne peut être obtenu, par vertébroplastie ou par cyphoplastie, que quand la fracture n'est pas consolidée, autrement dit dans les fractures récentes (toutes premières semaines d'évolution) et dans les fractures pseudarthrosées avec fente ou vide intra-vertébral.

### Efficacité de la vertébroplastie et de la cyphoplastie sur la douleur des fractures vertébrales ostéoporotiques

De nombreuses séries ouvertes ont rapporté un effet antalgique rapide chez 60 à 100 % des patients de la vertébroplastie ou de la cyphoplastie (9-19), confirmées dans des méta-analyses récentes (20, 21).

Trois essais contrôlés ont été publiés dans le courant de l'année 2009 et avec des résultats contrastés.

L'essai « FREE » est une étude contrôlée comparant cyphoplastie par ballonnet (n = 149) et traitement médical (n = 151) chez 300 patients ayant de une à trois fractures vertébrales récentes (signal œdémateux en IRM) et douloureuses (EVA  $\geq$  4) presque toutes d'origine ostéoporotique (22). A un an, les résultats sont significativement supérieurs dans le groupe cyphoplastie pour le critère principal (score de qualité de vie SF-36) et tous les critères secondaires (score de douleur rachidienne, index d'Eiffel, réduction d'activité, consommation d'opioïdes). Les limites de cette étude randomisée sont de ne pas comporter de méthode précisément décrite pour assurer l'insu de l'évaluateur par rapport au traitement reçu par le patient et surtout d'avoir été sponsorisé par le fabricant du matériel de cyphoplastie (22).

Deux essais multicentriques contrôlés en double aveugle ont été publiés simultanément en Août 2009, dans le même numéro du New England Journal of Medicine en 2009 l'un conduit par une équipe australienne de Melbourne et l'autre piloté par l'équipe de la Mayo Clinic (23, 24). Les deux essais comparaient la vertébroplastie percutanée et une procédure de vertébroplastie factice avec mise en place d'une aiguille contre le rachis et ouverture d'un flacon de ciment acrylique à l'odeur caractéristique. Ces deux études n'ont pas montré de supériorité de la technique de vertébroplastie sur la douleur.

L'étude australienne a été menée dans quatre centres, d'avril 2004 à Octobre 2008 et a inclus des patients souffrant depuis moins de 12 mois de rachialgies en relation avec la présence d'une ou de deux fractures vertébrales ostéoporotiques récentes (23). Sur les 71 patients évalués jusqu'à 6 mois, la vertébroplastie n'a modifié aucun critère d'évaluation de façon différente de la procédure factice (23).

Le format du second essai, étude multinationale pilotée par l'équipe de la Mayo Clinic, est très proche mais avec un raffinement méthodologique supplémentaire puisque les patients avaient éventuellement l'option de choisir l'autre technique s'ils s'estimaient insatisfaits de leur traitement (24). Soixante-huit patients de plus de 50 ans et présentant une à trois fractures douloureuses évoluant depuis moins d'un an ont été inclus dans le groupe vertébroplastie et 63 patients dans le groupe procédure factice. L'IRM n'était pas systématique mais faite seulement en cas de doute sur l'ancienneté de la fracture et pouvait être remplacée par une scintigraphie osseuse. Il n'a pas été observé de différence sur le critère principal qui était l'évolution du score de handicap rachidien sur l'indice de Roland-Morris (Eiffel en France) et aucune différence significative en terme d'intensité de la douleur entre les deux groupes. La douleur s'améliore dès les premiers jours dans les deux groupes et la différence moyenne d'EVA douleur à trois mois entre les deux groupes était très faible : 0,7 points d'EVA (-0,3 à 1,7 ; p=0,19). A noter cependant que 43 % des patients du groupe placebo ont réclamé un changement de traitement lors de l'évaluation à trois mois - c'est à dire la « vraie » procédure - contre seulement 12 % dans le groupe vertébroplastie (24).

On pourrait donc conclure, à partir des résultats de ces deux premiers essais randomisés contre une procédure factice, à l'absence d'effet bénéfique de la vertébroplastie par rapport à une intervention factice sur les différents items évalués chez des patients ayant des fractures vertébrales ostéoporotiques : douleur, fonction, qualité de vie. Cependant, il est important de considérer l'influence d'un « effet placebo » important de la procédure factice chez ces patients qui ont eu une intervention chirurgicale en tout point similaire dans sa mise en scène à la vertébroplastie et on connaît l'importance que peut avoir ce type de mise en scène sur l'évaluation de la douleur. Il n'en reste pas moins que ces résultats allaient à l'encontre des données antérieures des études ouvertes ou rétrospectives ainsi que des convictions issues de la pratique clinique.

L'analyse détaillée de ces deux essais contrôlés laisse cependant apparaître un certain nombre de limites méthodologiques. En premier lieu, l'ancienneté de la fracture et de la douleur était très hétérogène et un faible nombre de patients avaient des douleurs et une fracture de moins de trois mois. Inclure des patients jusqu'à un an après la survenue de leur fracture vertébrale ostéoporotique va à l'encontre du bon sens clinique, d'autant que les garanties apportées par les auteurs sur la relation entre la fracture et les douleurs persistantes sont insuffisantes. Il y a également quelques limites techniques dans la procédure décrite : le trocart était de faible calibre, l'abord unipédiculaire et par conséquent la quantité de ciment injectée dans les corps vertébraux était relativement faible. Il n'y a pas de groupe contrôle sans intervention et on se trouve dans des conditions d'essai qui sont

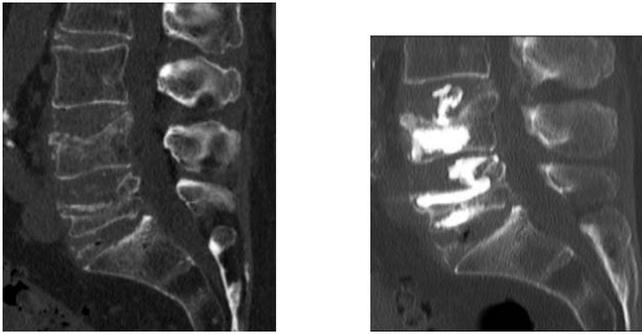


Figure 4 : Fuite discale de ciment au cours d'une vertébroplastie pour fractures ostéoporotiques de L4 et L5.

assez éloignées de la pratique clinique où, en règle générale, la vertébroplastie est comparée au traitement médical. Enfin et surtout, deux limites majeures de ces études sont à souligner. L'intensité douloureuse requise pour pouvoir inclure ces patients était très modérée puisque le seuil d'EVA était seulement de trois sur l'échelle visuelle analogique de 10 cm. Ceci peut avoir introduit un biais de sous-estimation de l'effet thérapeutique de la procédure à évaluer. Par ailleurs, on observe également un manque de rigueur sur l'éligibilité des fractures pour inclure les patients : il est inconcevable d'envisager une procédure de vertébroplastie sans s'être formellement assuré de la présence d'un signal IRM d'œdème médullaire, qui est de fait le critère majeur de définition du caractère récent d'une fracture vertébrale ostéoporotique. Cet œdème est bien corrélé à l'existence et à la persistance des douleurs et est nécessaire pour affirmer que les douleurs sont bien la conséquence de la fracture.

L'étude VERTOS 2 ne comporte pas tous ces biais. 101 patients ont été randomisés dans un groupe vertébroplastie et 101 dans un groupe traitement médical conventionnel avec des critères d'inclusion très stricts : douleur évoluant depuis moins de six semaines, d'intensité supérieure ou égale à cinq sur l'échelle visuelle analogique avec une douleur locale à la pression ou à la percussion à l'endroit de la fracture vertébrale, des patients qui devaient avoir une fragilité osseuse attestée par l'ostéodensitométrie avec au moins une ostéopénie et surtout deux critères d'imagerie indispensables : présence d'une fracture vertébrale, avec une diminution d'au moins 15 % de la hauteur du corps vertébral, et présence d'un œdème médullaire sur la séquence T2 en IRM (25). Dans ces conditions méthodologiques, les auteurs observent une diminution des douleurs à un mois et à un an avec une diminution de plus de trois points sur l'échelle visuelle analogique (EVA), un nombre plus élevé de jours avec une EVA inférieure à trois et une diminution de la consommation d'antalgiques. Ceci va de pair avec une amélioration de la qualité de vie, une tolérance excellente avec peu d'effets secondaires immédiats et pas d'augmentation du risque de fractures adjacentes. Dans ce groupe de patients avec une fracture vertébrale récente et un signal œdémateux persistant en IRM, la vertébroplastie est pour les auteurs un traitement efficace et bien toléré (25).

On voit donc que les données d'efficacité des techniques de vertébroplastie sont favorables dans des données ouvertes dans notre expérience, dans les études FREE et VERTOS mais pas dans les deux essais contrôlés du New England Journal of Medicine. Les données de tolérance par contre sont excellentes dans toutes les études y compris dans les études du New England. La supériorité de la cyphoplastie par ballonnet notamment pour le redressement de la cyphose n'est pas démontrée.

### Quelles sont les complications de la vertébroplastie et de la cyphoplastie ?

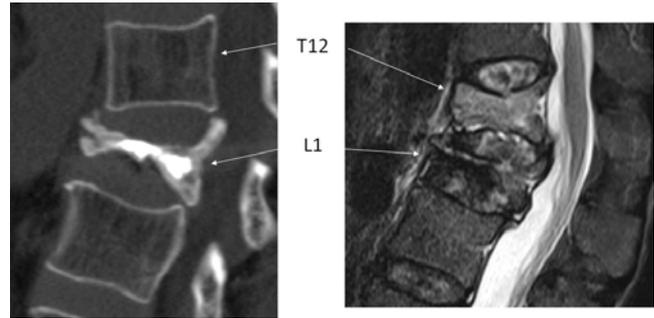


Figure 5 : Fracture vertébrale de T12 survenant dans les suites d'une vertébroplastie pour fracture en galette ostéoporotique de L1. La fracture de T1 est survenue dans les semaines suivant la vertébroplastie de T12.

a : Scanner fait dans les suites immédiates de la vertébroplastie de L1.  
b : IRM, coupe T2 avec saturation de la graisse, faite pour une recrudescence des douleurs un mois après la vertébroplastie de L1, montrant une fracture du plateau inférieur de T12 avec « œdème » osseux (hypersignal T2).

Les complications de la vertébroplastie simple ou de la cyphoplastie sont bien connues (26). Elles sont, dans l'ensemble, rares et opérateur-dépendantes.

Les fuites de ciment peuvent se produire dans l'espace épidual, les forams, les tissus mous pré- ou latéro-vertébraux, les disques intervertébraux adjacents (Fig 4) et les vaisseaux périvertébraux. Les fuites épidurales ou foraminales peuvent être responsables de compressions nerveuses voisines, mais, heureusement, cette complication est exceptionnelle. Les petites fuites veineuses sont fréquentes. La densité des plexus veineux périvertébraux explique la fréquence de ces fuites veineuses asymptomatiques (25). Les migrations vasculaires de ciment à distance sont plus rares, mais peut-être sous-estimées. Des micro-embols de ciment dans la vascularisation pulmonaire ne sont pas rares si un scanner thoracique sans injection est systématiquement fait après une vertébroplastie faite avec des ciments de viscosité faible ou moyenne. Les études ayant comparé vertébroplastie et cyphoplastie par ballonnet suggèrent que cette dernière comporte moins de risque de fuites (3, 21). Enfin, l'utilisation de ciments très visqueux est recommandée par certains pour diminuer ce risque de fuite (26).

### La vertébroplastie/cyphoplastie favorise-t-elle la survenue d'une fracture des vertèbres adjacentes ?

Une éventuelle augmentation du risque de nouvelle fracture vertébrale adjacente à une vertèbre cimentée a fait couler beaucoup d'encre (Fig 5). L'introduction d'un matériau dur entre des vertèbres fragiles précipiterait leur fracture.

Une augmentation de ce risque a été mise en avant par plusieurs auteurs dans les suites d'une vertébroplastie. Grados et al (Rheumatology 2001) estiment que le risque de fracture vertébrale adjacente est doublé dans l'année qui suit le geste (risque relatif 2,27 [1,1-4,56]) quand on le compare au risque de constater une fracture sur une autre vertèbre à distance de la vertèbre injectée (risque relatif 1,44 [0,82-2,55]) (27). Ces données sont confortées par d'autres auteurs (13, 28-30). Dans une comparaison entre vertébroplastie et cyphoplastie par ballonnet, Frankel et al. (31) ont récemment rapporté une incidence plus élevée de fractures vertébrales adjacentes dans le groupe cyphoplastie... Dans une étude rétrospective d'une cohorte de patients ostéoporotiques avec fracture vertébrale, Mudano et al. ont évalué la fréquence de nouvelles fractures adjacentes au niveau traité survenant dans les 90 ou 360 jours chez des patients traités par vertébroplastie ou cyphoplastie (n=48) ou pris en charge médicalement (n=164) (32). Ces auteurs constatent une augmentation significative du risque de fracture secondaire adjacente à 90 jours (odds

ratio ajusté = 6.8; 1.7-26.9) et à 360 jours (OR = 2.9; 1.1-7.9), et ce pour les deux procédures (32).

Les études sont donc contradictoires de ce point de vue mais une méta-analyse conclue à l'absence de majoration du risque de fracture des vertèbres adjacentes (21). Dans ce débat, il est important de rappeler que l'évolution naturelle montre que les fractures vertébrales ostéoporotiques ont tendance à se grouper dans le temps et dans l'espace et que l'incidence des nouvelles fractures vertébrales dans l'année qui suit une fracture ostéoporotique est du même ordre que celle qui est constatée après vertébroplastie. Ce débat n'est donc pas clos, mais ce risque de nouvelle fracture incite parfois à réaliser des injections multiples de ciment dans les corps vertébraux, adjacents à la vertèbre cimentée soit lorsque l'IRM révèle un discret signal œdémateux dans une vertèbre adjacente, soit lorsqu'une vertèbre saine est intercalée entre deux vertèbres fracturées qui doivent faire l'objet d'une injection de ciment. Il est évident que cette approche, intuitivement logique, doit être évaluée.

## Sacroplastie

La fracture par insuffisance osseuse du sacrum touche le sujet de plus de 80 ans dans la majorité des cas. C'est une fracture très douloureuse et invalidante qui cloue le patient au lit. Il ressent souvent des douleurs dans le territoire sciatique. Dans sa forme anatomique complète, les traits de fractures ont une disposition en H avec un trait vertical de chaque côté dans l'aileron sacré unis par un trait horizontal passant dans S2 ou le premier trou sacré. Sur la radiographie de profil, il existe souvent un décalage dans l'alignement des corticales antérieures des première et deuxième pièces sacrées. Cependant, cette fracture ne cause pas de déficit neurologique et ne modifie pas la statique pelvienne. Le traitement est d'abord médical. Dans les cas où la douleur résiste aux antalgiques et où l'alitement prolongé fait courir un risque au patient, il est possible de cimenter les traits de fractures verticaux par voie percutanée (Sacroplastie). Ce geste a souvent un effet assez spectaculaire sur la douleur.

## Autres cimentoplasties

Un point est essentiel à saisir : la cimentoplastie accroît fortement la résistance de l'os à la compression. Elle donc efficace et logique dans les zones osseuses soumises presque exclusivement à des forces en compression comme les vertèbres ou le toit du cotyle. En revanche, la cimentoplastie simple n'est pas mécaniquement efficace dans les segments osseux soumis à des forces de cisaillement comme le col fémoral et les os longs de façon générale. Dans ces cas, il est nécessaire de faire une ostéosynthèse qui peut être complétée d'une cimentoplastie

## Conclusion

Les fractures vertébrales ostéoporotiques sont associées à une augmentation de la morbidité qu'il est important de prévenir par la prise en charge adaptée de l'ostéoporose, mais aussi de traiter lorsqu'une fracture vertébrale symptomatique est responsable de douleurs et d'une invalidité importantes et rebelles. Dans ce contexte, les techniques de vertébroplastie, qui ont fait la preuve de leur utilité médicale dans les fractures par ostéolyse maligne, pourraient avoir plusieurs avantages - antalgie rapide, amélioration de la fonction de soutien du rachis, restauration partielle de la statique rachidienne - au prix de risques peu importants entre des mains entraînées. La supériorité de la cyphoplastie par ballonnet pose toujours question, alors que son coût est beaucoup plus élevé : cela

justifie de poursuivre un effort d'évaluation, en veillant à éviter tout conflit d'intérêt dans cette évaluation avec les fabricants de ces dispositifs.

## Références

- Lindsay R, Silverman SL, Cooper C et al. Risk of new vertebral fracture in the year following a fracture. *JAMA*. 2001;285:320-3.
- Roux C, Fechtenbaum J, Kolta S, Said-Nahal R, Briot K, Benhamou CL. Prospective assessment of thoracic kyphosis in postmenopausal women with osteoporosis. *J Bone Miner Res* 2010;25:362-8.
- Phillips FM, Todd Wetzel F, Lieberman I, Campbell-Hupp M. An in vivo comparison of the potential for extravertebral cement leak after vertebroplasty and kyphoplasty. *Spine* 2002;27:2173-8.
- Edidin AA, Ong KL, Lau E, Kurtz SM. Mortality risk for operated and non-operated vertebral fracture patients in the U.S. medicare population. *Osteoporos Int* 2010;21 (Suppl 1): S19 (abstract OC23).
- Carlier RY, Gordji H, Mompoin DM, Vernhet N, Feydy A, Vallée C. Osteoporotic vertebral collapse: percutaneous vertebroplasty and local kyphosis correction. *Radiology* 2004;233:891-8.
- Ledlie JT, Renfro M. Balloon kyphoplasty: one-year outcomes in vertebral body height restoration, chronic pain, and activity levels. *J Neurosurg* 2003;98(1 Suppl):36-42.
- Ledlie JT, Renfro MB. Kyphoplasty treatment of vertebral fractures: 2-year outcomes show sustained benefits. *Spine* 2006;31:57-64.
- Taylor RS, Fritzell P, Taylor RJ. Balloon kyphoplasty in the management of vertebral compression fractures: an updated systematic review and meta-analysis. *Eur Spine J* 2007;16:1085-100.
- Cortet B, Cotten A, Boutry N, Flipo RM, Duquesnoy B, Chastanet P, Delcambre B. Percutaneous vertebroplasty in the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures: an open prospective study. *J Rheumatol* 1999;26:2222-8.
- Cyteval C, Sarrabère MP, Roux JO, Thomas E, Jorgensen C, Blotman F, Sany J, Taourel P. Acute osteoporotic vertebral collapse: open study on percutaneous injection of acrylic surgical cement in 20 patients. *Am J Roentgenol* 1999;173:1685-90.
- Heini PF, Wälchli B, Berlemann U. Percutaneous transpedicular vertebroplasty with PMMA: operative technique and early results. A prospective study for the treatment of osteoporotic compression fractures. *Eur Spine J* 2000;9:445-50.
- Zoarski GH, Snow P, Olan WJ, Stallmeyer MJ, Dick BW, Hebel JR, De Deyne M. Percutaneous vertebroplasty for osteoporotic compression fractures: quantitative prospective evaluation of long-term outcomes. *J Vasc Interv Radiol* 2002;13:139-48.
- Diamond TH, Bryant C, Browne L, Clark WA. Clinical outcomes after acute osteoporotic vertebral fractures: a 2-year non-randomised trial comparing percutaneous vertebroplasty with conservative therapy. *Med J Aust* 2006;184:113-7.
- Lieberman IH, Dudeney S, Reinhardt MK, Bell G. Initial outcome and efficacy of "kyphoplasty" in the treatment of painful osteoporotic vertebral compression fractures. *Spine* 2001;26:1631-8.
- Theodorou DJ, Theodorou SJ, Duncan TD, Garfin SR, Wong WH. Percutaneous balloon kyphoplasty for the correction of spinal deformity in painful vertebral body compression fractures. *Clin Imaging* 2002;26:1-5.
- Coumans JV, Reinhardt MK, Lieberman IH. Kyphoplasty for vertebral compression fractures: 1-year clinical outcomes from a prospective study. *J Neurosurg* 2003;99(1 Suppl):44-50.
- Majd ME, Farley S, Holt RT. Preliminary outcomes and efficacy of the first 360 consecutive kyphoplasties for the treatment of painful osteoporotic vertebral compression fractures. *Spine J* 2005;5:244-55.
- Pateder DB, Khanna AJ, Lieberman IH. Vertebroplasty and kyphoplasty for the management of osteoporotic vertebral compression fractures. *Orthop Clin North Am* 2007;38:409-18.
- Taylor RS, Taylor RJ, Fritzell P. Balloon kyphoplasty and vertebroplasty for vertebral compression fractures: a comparative systematic review of efficacy and safety. *Spine* 2006;31:2747-55.
- Eck JC, Nachtigall D, Humphreys SC, Hodges SD. Comparison of vertebroplasty and balloon kyphoplasty for treatment of vertebral compression fractures: a meta-analysis of the literature. *Spine J* 2008;8:488-97.
- Hulme PA, Krebs J, Ferguson SJ, Berlemann U. Vertebroplasty and kyphoplasty: a systematic review of 69 clinical studies. *Spine* 2006;31:1983-2001.
- Wardlaw D, Cummings SR, Van Meirhaeghe J, Bastian L, Tillman JB, Ranstam J, Eastell R, Shabe P, Talmadge K, Boonen S. Efficacy and safety of balloon kyphoplasty compared with non-surgical

- care for vertebral compression fracture (FREE): a randomised controlled trial. *Lancet* 2009;373:1016-24.
23. Buchbinder R, Osborne RH, Ebeling PR, Wark JD, Mitchell P, Wriedt C, Graves S, Staples MP, Murphy B. A randomized trial of vertebroplasty for painful osteoporotic vertebral fractures. *N Engl J Med* 2009;361:557-68.
  24. Kallmes DF, Comstock BA, Heagerty PJ, Turner JA, Wilson DJ, Diamond TH, Edwards R, Gray LA, Stout L, Owen S, Hollingworth W, Ghdoke B, Annesley-Williams DJ, Ralston SH, Jarvik JG. A randomized trial of vertebroplasty for osteoporotic spinal fractures. *N Engl J Med* 2009;361:569-79.
  25. Venmans A, Klazen CA, Lohle PN, van Rooij WJ, Verhaar HJ, de Vries J, Mali WP. Percutaneous Vertebroplasty and Pulmonary Cement Embolism: Results from VERTOS II. *Am J Neuroradiol*. 2010 May 20. [Epub ahead of print]
  26. Laredo JD, Hamze B. Complications of percutaneous vertebroplasty and their prevention. *Skeletal Radiol* 2004;33:493-505.
  27. Grados F, Depriester C, Cayrolle G, Hardy N, Deramond H, Fardellone P. Long-term observations of vertebral osteoporotic fractures treated by percutaneous vertebroplasty. *Rheumatology (Oxford)* 2000;39:1410-4.
  28. Uppin AA, Hirsch JA, Centenera LV, Pfiefer BA, Pazianos AG, Choi IS. Occurrence of new vertebral body fracture after percutaneous vertebroplasty in patients with osteoporosis. *Radiology* 2003;226:119-24.
  29. Fribourg D, Tang C, Sra P, Delamarter R, Bae H. Incidence of subsequent vertebral fracture after kyphoplasty. *Spine* 2004;29:2270-6.
  30. Grafe IA, Da Fonseca K, Hillmeier J, Meeder PJ, Libicher M, Nöldge G, Bardenheuer H, Pyerin W, Basler L, Weiss C, Taylor RS, Nawroth P, Kasperk C. Reduction of pain and fracture incidence after kyphoplasty: 1-year outcomes of a prospective controlled trial of patients with primary osteoporosis. *Osteoporos Int* 2005;16:2005-12.
  31. Frankel BM, Monroe T, Wang C. Percutaneous vertebral augmentation: an elevation in adjacent-level fracture risk in kyphoplasty as compared with vertebroplasty. *Spine J* 2007;7:575-82.
  32. Mudano AS, Bian J, Cope JU, Curtis JR, Gross TP, Allison JJ, Kim Y, Briggs D, Melton ME, Xi J, Saag KG. Vertebroplasty and kyphoplasty are associated with an increased risk of secondary vertebral compression fractures: a population-based cohort study. *Osteoporos Int* 2009;20:819-26.

# Devenir orthopédiste pédiatre en Europe

## How to Become a Pediatric Orthopedist in Europe?

Pierre Lascombes

*Service d'orthopédie pédiatrique - Département des enfants et adolescents - Hôpitaux Universitaires de Genève.*

### Mots clés

- ◆ Orthopédie
- ◆ Traumatologie
- ◆ Chirurgie pédiatrique
- ◆ Formation
- ◆ Europe

### Résumé

L'orthopédie pédiatrique est une discipline chirurgicale dont l'exercice nécessite des acquisitions et des compétences en orthopédie-traumatologie et en chirurgie infantile. En France, il est possible de devenir orthopédiste pédiatre en passant par un DESC soit de chirurgie orthopédique et traumatologie, soit de chirurgie infantile. Cette double voie est une singularité française, car ailleurs en Europe, les orthopédistes pédiatres sont avant tout formés en orthopédie-traumatologie. L'analyse des modalités de formation dans les différents pays européens et en Suisse montre une disparité dès l'accès à la filière par un concours type ECN ou par un simple entretien : Pour la validation d'une spécialité, les examens varient d'une simple évaluation à des épreuves complètes écrites et orales ainsi que des demandes de communication lors de congrès et/ou de publications scientifiques. Pourtant, l'équivalence des diplômes est reconnue au sein de l'espace européen. C'est une des raisons pour laquelle l'union européenne des médecins spécialistes (UEMS) réfléchit à améliorer la formation européenne pour qu'elle atteigne un haut niveau dans tous les pays et à proposer des examens acceptés par tous. Les sociétés savantes de chaque nation peuvent travailler ensemble au sein de la société européenne d'orthopédie pédiatrique (EPOS). L'objectif de ce travail est de susciter des voies de réflexion quant à l'avenir de l'orthopédie pédiatrique qui n'est pas une spécialité ordinale. Sa spécificité provient d'une part de son activité métier qui est manifestement de nature orthopédie-traumatologie avec un apprentissage en chirurgie de l'appareil locomoteur, et d'autre part, des conditions d'accueil et de travail qui doivent exister au sein d'un environnement pédiatrique. Ces deux conditions sont indispensables à une excellente qualité de prise en charge des enfants traités.

### Keywords

- ◆ Orthopedics
- ◆ Traumatology
- ◆ Pediatric surgery
- ◆ Education
- ◆ Europe

### Abstract

Pediatric orthopedics is a surgical activity which needs knowledge, an education, and skills in both orthopedics-traumatology and pediatric surgery. In France, the residents may become pediatric orthopedist through a DESC (diplôme d'étude spécialisée complémentaire) either in orthopedic surgery and traumatology, or pediatric surgery. This double track is a French peculiarity, as elsewhere in Europe, pediatric orthopedists are trained primarily in orthopedics and traumatology. Analysis of training methods in various European countries and Switzerland shows a disparity starting at the access of the residency: some organize a national classification of the students as other prefer an introduction of the candidates to a local committee. At the end, being graduated may also differ from a simple local simple evaluation to complete written and oral tests combined with podium presentations during scientific conferences and / or publications. So far, the equivalence of diplomas is recognized within the European area. For that reason, some goals of the European Union of Medical Specialists (UEMS) are the improvement of the training reaching a high level in all countries, and the proposal of accepted exams by all. The national societies are working together within the European pediatric orthopedics society (EPOS). The main goal of the current work is creating a pediatric orthopedics in the future brainstorming, as this activity is not supported by any recognition as a speciality. Its uniqueness comes on one hand from its job which is obviously orthopedic and traumatology and on the other hand from the pediatric word. The two conditions should be joined for a high quality of care for treated children and adolescents.

Lors de la 34<sup>ème</sup> réunion annuelle de l'EPOS (European Paediatric Orthopaedic Society) que nous avons organisée à Marseille en avril 2015 en tant que Président de cette Société et grâce aux efforts de la professeure Elke Viehweger, nous avons proposé aux Sociétés Nationales en orthopédie pédiatrique de présenter leurs activités sous forme de posters et de répondre à la question suivante : *comment devient-on orthopédiste pédiatre aujourd'hui ?* 18 sociétés nationales parte-

naires de l'EPOS ont répondu favorablement (1). Cette question paraît étrange car cette hyper spécialité, l'orthopédie pédiatrique, n'est pas une spécialité médicale et n'a aucune reconnaissance ordinale. Pourtant, des médecins spécialisés en orthopédie pédiatrique prennent chaque jour en charge de nombreux enfants et adolescents qui présentent soit un traumatisme de l'appareil locomoteur, soit une affection de nature congénitale, infectieuse, tumorale, spécifique d'une

### Correspondance :

*Pr Pierre Lascombes, Ancien Président de l'EPOS - Ancien Président de la SOFOP - Chef du service d'orthopédie pédiatrique - Département des enfants et adolescents - Hôpitaux Universitaires de Genève - Rue Willy Donzé 6 - CH-1211 Genève 14.  
Tél: +41 22 372 47 86 / Fax: +41 22 372 47 83 / E-mail : pierre.lascombes@hcuge.ch*

localisation précise (par exemple : scoliose, épiphysiolyse de la tête fémorale, luxation fémoro patellaire, pied creux, inégalité de longueur des membres...), syndromique, métabolique, génétique, endocrinienne, voire rhumatologique pédiatrique...

Le modèle de la formation française avec l'actuel ECN (« éprouves classantes nationales ») créé en 2004 (2), avec un accès à l'orthopédie pédiatrique via l'une des filières de DESC (diplôme d'études spécialisées complémentaires) qui est soit la chirurgie orthopédique et traumatologie soit la chirurgie infantile sont-ils spécifiques à la France ? Ce modèle est-il le garant de la meilleure formation possible ? Mes expériences de « fellow » en Amérique du Nord, de chef de service en orthopédie pédiatrique au CHU de Nancy pendant 18 ans, puis à l'hôpital universitaire de Genève depuis 2012 m'ont fait côtoyer plusieurs systèmes qui ont chacun leurs avantages et leurs inconvénients.

L'objectif de ce travail est de nous faire réfléchir sur l'avenir de l'orthopédie pédiatrique et sur les moyens à mettre en œuvre pour offrir à nos jeunes patients les meilleurs soins possibles.

## La Formation

### Formation en orthopédie

Dans la plupart des pays européens, les études médicales, longues de six années, sont sanctionnées par un examen de fin d'étude. En Espagne, cet examen donne directement accès à la pratique de la médecine générale (MRI), tandis qu'ailleurs une année supplémentaire est souvent nécessaire comme cela existait en France avant la création de l'ECN. Au Royaume Uni (RU), il donne le titre de Docteur en médecine, mais l'autorisation d'exercer la médecine n'est possible qu'après des années complémentaires de « *post training* ».

L'entrée dans la carrière chirurgicale, et plus spécifiquement l'accès à la formation en orthopédie - traumatologie (ou internat) diffère significativement selon les pays. Si l'ECN ou un autre type de classement national est organisé dans plusieurs pays du Sud de l'Europe (Italie depuis 2014, Portugal, Roumanie), d'autres pays recrutent leurs futurs spécialistes soit à la suite d'un examen pour devenir spécialiste (Espagne), soit au décours d'un examen propre à chaque université en Belgique (7 universités indépendantes), soit après un entretien devant une commission d'engagement (RU, Suisse), ou encore plus simplement avec le chef de service (Allemagne). En cas d'entretien, les candidats doivent démontrer leur motivation pour l'orthopédie. Ils ont alors à cœur de présenter un CV attractif pour pouvoir être accepté dans la filière, de rapporter leur participation à des masters et à d'autres travaux de recherche ainsi que les stages effectués en orthopédie. Ils ont donc, en quelque sorte, « *30 minutes pour convaincre* » qu'ils sont les meilleurs candidats pour devenir chirurgien orthopédiste et que leur candidature doit être retenue.

La durée de l'internat ou de la spécialisation pour devenir chirurgien orthopédiste - traumatologue est le plus souvent de 5 ans. En Allemagne, en Belgique, au Portugal, en Suisse..., le cursus est de 6 ans ; il peut atteindre 10 ans au RU. Chaque pays, voire pour certains chaque Université, décline ses propres maquettes de stages. Deux années préliminaires ou de tronc commun de chirurgie sont requis en Allemagne et en République Tchèque. Ces premiers stages validant se font en chirurgie générale, aux soins intensifs, en anesthésie, et/ou aux urgences. En Belgique, l'interne doit réussir un examen annuel pour poursuivre son internat. En Suisse la formation se compose d'une année de formation de base, qui doit être effectuée dans une discipline prédéfinie (telle que l'anesthésie, la rhumatologie ou une discipline chirurgicale) et de cinq années de formation spécifique en orthopédie et traumatologie

de l'appareil moteur. Les examens se composent d'un examen chirurgical de base, de trois examens intermédiaires et d'un examen final écrit et oral. La réussite à l'examen chirurgical de base est un pré requis pour poursuivre le cursus. Les trois examens intermédiaires sont les suivants : anatomie et voies d'abord orthopédiques, tumeurs osseuses, et orthopédie pédiatrique. Au Royaume Uni, la formation est sous la responsabilité du *Royal College of Surgeons* (3). Les candidats à la spécialité doivent effectuer, lors de stages rémunérés, deux ans de formation de base (*foundation training*), deux ans de formation chirurgicale (*core surgical training*) et six ans de spécialité.

L'internat (ou son équivalent) est toujours conclu par un examen final qui donne le titre de spécialiste en orthopédie - traumatologie. Cependant, les exigences sont des plus variables, depuis le simple entretien de 30 minutes avec l'équipe universitaire locale comme en Allemagne, jusqu'à l'examen écrit associé à la publication de travaux scientifiques, en passant par la formule actuelle du DESC français avec une épreuve écrite initiale nationale puis une épreuve inter-régionale comprenant une présentation de son CV, la présentation d'un mémoire et la discussion d'un dossier clinique. En Belgique, le 6ème examen annuel oral, comprend également la publication d'un travail scientifique. En Suisse, les candidats doivent démontrer qu'ils ont participé à un nombre minimum d'interventions (dénommé le « catalogue des opérations ») en tant qu'opérateur ou premier assistant, qu'ils ont assisté aux congrès de la société suisse d'orthopédie et qu'ils ont participé à certaines formations telles que : ATLS (*Advanced Trauma Life Support*), expertises, radioprotection, stage chez un technicien orthopédiste. De plus ils doivent avoir publié au moins un travail de recherche scientifique et avoir présenté une communication lors d'un congrès national ou international. Ainsi, la durée de l'internat helvète peut dépasser six ans ; un interne peut dès lors être nommé chef de clinique par son chef de service, dans le cadre d'une nomination sans FMH (*Fédération des Médecins Helvètes* (4)), c'est-à-dire sans titre de spécialité. Au Royaume Uni, les épreuves sont d'une part écrites comprenant 4 heures de question à choix multiples, et d'autre part orales avec 18 mises en situation à répondre en 9 minutes chacune.

### Formation en orthopédie-traumatologie pédiatrique

Concernant la formation en orthopédie pédiatrique proprement dite, l'obligation de faire un stage de 6 mois dans un service validant cette discipline n'est requise qu'en France, Italie et Portugal. Elle est simplement recommandée en Espagne, et facultative dans d'autres pays. La spécialité en orthopédie pédiatrique ne semble exister qu'en Roumanie où un programme d'internat spécifique comprend deux ans et sept mois en orthopédie pédiatrique, un an en orthopédie-traumatologie adulte, un an en chirurgie pédiatrique, et cinq mois dans une spécialité chirurgicale.

L'orientation en orthopédie pédiatrique se fait donc à la suite du diplôme de spécialiste en orthopédie - traumatologie. Si en France une année de post internat est requise, un an et demi sont nécessaires en Allemagne, deux ans en Croatie dont trois mois en international, et deux à trois ans en Suisse. En fait, la plupart des orthopédistes pédiatres travaillent ensuite dans des centres hospitaliers voire hospitalo-universitaires, ce qui leur donne la possibilité de prolonger leur formation pendant plusieurs années.

La possibilité de devenir orthopédiste pédiatre par une autre voie que celle de l'orthopédie-traumatologie ne semble possible qu'en France. Elle consiste à suivre le cursus de la spécialité en chirurgie infantile. Au début, les internes s'inscrivent au DES de chirurgie générale (DESCG). Puis, il leur faut décider d'une orientation soit vers le DESC de chirurgie orthopédique et traumatologie en suivant ainsi une formation com-

parable à leurs collègues européens, soit vers le DESC de chirurgie infantile (5). Ces deux DESC appartiennent au groupe II des DESC car ils sont qualifiants (DESCQ). Il en résulte à la fin de leur formation, et après avoir demandé leur qualification ordinale, de pouvoir exercer la médecine de façon exclusive soit en orthopédie-traumatologie, soit en chirurgie infantile (6). Cette formation française via le DESC de chirurgie infantile semble donc unique parmi les pays européens. Elle n'est plus possible en Allemagne depuis quelques années.

Quant à la traumatologie pédiatrique, il existe une grande disparité entre la formation et la réalité sur le terrain. Dans de nombreux pays, la traumatologie fait partie intégrante du cursus en orthopédie-traumatologie. Les fractures de l'enfant sont certes traitées par les orthopédistes pédiatres, mais très souvent aussi par les chirurgiens orthopédistes adultes. Outre Rhin, l'exercice de la traumatologie est différent car il est souvent assuré par des traumatologues compétents, chez l'adulte comme chez l'enfant, qui sont capables de traiter toute la traumatologie viscérale et squelettique. Aussi, toujours en Allemagne, la tendance actuelle se fait vers la spécialisation première en orthopédie-traumatologie suivie de trois années de traumatologie. En revanche en Suisse, la traumatologie pédiatrique, faisant aussi partie du programme de qualification FMH en chirurgie pédiatrique, est théoriquement assurée par les chirurgiens pédiatres. Mais dans les faits, ce sont les orthopédistes pédiatres des grands centres hospitaliers et hospitalo-universitaires suisses qui assurent eux-mêmes la prise en charge de la traumatologie de l'appareil locomoteur de l'enfant.

La différenciation entre chirurgie infantile et chirurgie pédiatrique peut paraître subtile, car toutes deux regroupent volontiers une même entité. Le terme « infantile » devrait concerner toutes les spécialités dédiées à l'enfant qui sont aujourd'hui réunies au sein du CNCE (conseil national professionnel de la chirurgie de l'enfant). Aussi en France, il est habituel de séparer la chirurgie pédiatrique orthopédique (et traumatologique) de la chirurgie pédiatrique viscérale. En Suisse, la chirurgie pédiatrique comprend la chirurgie pédiatrique viscérale et de la traumatologie, cette dernière étant en fait le plus souvent assurée par les orthopédistes pédiatres.

### Formation médicale continue

Quant à la formation ultérieure dite médicale continue, de nombreux pays dont la liste n'est pas exhaustive la rendent obligatoire (Allemagne, Belgique, Croatie, France, Pologne, Roumanie, Suisse), mais ce n'est pas le cas partout dont en Espagne où elle n'est pas revendiquée.

### Comparaison de la formation en France et en Suisse

Nous osons tenter une comparaison de la formation de nos spécialistes français et suisses. En France, grâce à une pratique intensive et à un compagnonnage efficace, les internes acquièrent très rapidement un excellent niveau technique chirurgical, ce qui en fait des chefs de cliniques opérationnels, en particulier en traumatologie. Leur formation théorique reste cependant très dépendante de leur université d'appartenance. L'enseignement des stratégies chirurgicales et des indications opératoires peut varier selon les villes françaises, et il dépend volontiers des héritages transmis par les grands patrons d'autrefois. En s'éloignant des centres universitaires pour s'intéresser aux hôpitaux de niveau 1 ou 2, force est de constater l'hétérogénéité des compétences en traumatologie pédiatrique et la grande inégalité de la qualité des soins sur le territoire français. Ce constat doit faire évoquer la question de la légitimité de l'autorisation d'exercer la chi-

urgie de l'enfant par des chirurgiens insuffisamment formés aux activités pédiatriques.

En Suisse, la densité médicale est presque deux fois plus importante qu'en France. Ainsi, dans la plupart des services universitaires, l'apprentissage de la technique chirurgicale est plus lent, et rares sont les internes qui peuvent, par exemple, traiter deux fractures supra-condyliennes de l'enfant par mois. Ainsi, leur formation technique est plus longue, l'internat y est plus long, et leur autonomie chirurgicale est plus tardive. La situation de la Suisse romande (Genève et Lausanne) est néanmoins plus favorable car les médecins cadres (équivalents des PH) aident volontiers les internes au bloc opératoire. En revanche, les connaissances théoriques sont excellentes car les nombreux examens FMH exigent une préparation intense, et parce que la motivation des nombreux enseignants est grande, doublée d'une obligation universitaire d'assurer un enseignement contrôlé au risque de voir les contrats de travail non renouvelés. Car effectivement dans la confédération helvétique, les médecins hospitaliers et universitaires ont des contrats à durée déterminée et renouvelables. Les internes reçoivent ainsi un enseignement hebdomadaire très structuré sous forme de présentations de cas, de colloques divers et d'études de la littérature. Les références de l'apprentissage théorique proviennent essentiellement des journaux nord-américains et de « l'evidence based medicine ». De plus, l'obligation pour les internes suisses d'assister aux congrès d'orthopédie et de publier des travaux de recherche, couplée à la nécessité pour les praticiens d'organiser des séances d'enseignement et de bibliographie (*Journal club*) hebdomadaires permettent à tous d'acquérir et/ou de maintenir un niveau de connaissance théorique des plus élevés.

Le système français a donc ses points forts qui permettent de former des élites chirurgicales, mais il présente également beaucoup de points faibles. Parmi ceux-ci, notons l'insuffisance de l'implication de certains enseignants, à tous les niveaux, dans la formation médicale théorique des étudiants durant les études de médecine. Ensuite, chacun reconnaît que les critères de sélection retenus par l'ECN ne sont pas les plus adéquats pour former des bons chirurgiens et que ce mode d'accès à la spécialité doit être profondément révisé. À Genève, les cours magistraux sont intégralement remplacés dès la 3ème année de médecine par des enseignements individuels ou en petits groupes, extrêmement interactifs. Dès les 3 - 4èmes années, les étudiants font preuve d'une grande maturité : ils réfléchissent à leur véritable projet professionnel et ils construisent déjà leur entrée dans une spécialité.

Quant à la recherche scientifique, elle présente des insuffisances en France, d'une part parce que les travaux scientifiques publiés en langue française ont une très faible probabilité d'être lus et reconnus, et d'autre part parce que les études cliniques de niveau d'évidence 1 et randomisées sont rares.

### Équivalences européennes

Nous constatons donc des disparités dans la formation en orthopédie-traumatologie selon les pays. Toutefois, l'équivalence du titre de spécialiste en orthopédie-traumatologie est reconnue entre les états européens eux-mêmes et avec la Suisse. Au sein de l'EFORT (*European Federation of Orthopaedics and Traumatology* (7)) et de l'UEMS (*Union européenne des médecins spécialistes* (8)), un groupe de travail réfléchit à un curriculum européen. Dans l'article III « Objectifs » de ses statuts, l'UEMS poursuit les buts non lucratifs d'utilité internationale suivants :

- L'étude et la promotion du plus haut niveau de formation des médecins spécialistes, de la pratique médicale et des soins de santé dans l'UE ;
- L'étude et la promotion de la libre circulation des médecins spécialistes à travers l'UE ;

Figure 1 : Logos de l'EPOS et de 14 sociétés nationales européennes d'orthopédie pédiatrique.

De gauche à droite :

-1ère ligne : Europe, France, Belgique, Croatie.

-2ème ligne : Espagne, Pays germanophones, Kosovo, Italie.

-3ème ligne : Pologne, Portugal, République Tchèque, Roumanie.

-4ème ligne : Royaume-Uni, Suède, Turquie.



- La représentation, dans ce cadre, de la profession médicale spécialisée des États membres de l'UE auprès des autorités de l'UE et de toute autre autorité et/ou organisation traitant de questions concernant directement ou indirectement le Corps médical, ainsi que toute action susceptible de favoriser la réalisation des objectifs précités ;
- La défense des intérêts professionnels des médecins spécialistes européens.

Le CESMA (*Council for European Specialist Medical Assessments*) est l'organe qui organise les examens européens. Un examen ou board européen « EBOT » (*European Board of Orthopaedics and Traumatology* (9)), actuellement en langue anglaise, certifie les candidats qui le passent. Peu d'internes français obtiennent ce diplôme car ils n'en ressentent pas l'utilité. En revanche, pour les médecins des pays de l'Est de l'Europe, cette reconnaissance est un élément positif de leur CV. Le programme des connaissances à acquérir est disponible sur le site web sous la forme d'un syllabus. Il est fort probable que dans l'avenir, un certain nombre de pays s'orientent vers une qualification reconnue sur la scène européenne. L'EFORT et l'EPOS travaillent de concert sur un curriculum européen en orthopédie pédiatrique et vers l'obligation d'offrir la possibilité de passer ces examens dans différentes langues.

## Orthopédie pédiatrique

Comme nous l'avons bien compris, l'orthopédie pédiatrique n'est pas une spécialité chirurgicale. La majorité de nos Maîtres n'était, au sens de leur qualification ordinaire française, « *que des chirurgiens généraux* ». Actuellement, les jeunes orthopédistes pédiatres français doivent se définir comme étant soit des orthopédistes-traumatologues, soit des chirurgiens infantiles tandis qu'ailleurs en Europe et en Amérique du Nord, ils sont exclusivement orthopédistes-traumatologues. Et donc les questions suivantes se posent :

- L'orthopédiste pédiatre est-il un orthopédiste-traumatologue qui traite les enfants et les adolescents ? Cela a du sens car l'activité métier est bien évidemment l'orthopédie. La chirurgie de l'appareil locomoteur est unique et indivisible quelle que soit l'âge du patient. L'ana-

tomie, les gestes opératoires, les instruments chirurgicaux sont les mêmes au travers des âges, même si la spécificité de la croissance modifie quelques approches. Les technologies représentées par la robotique, la chirurgie assistée par navigation, le monitoring neurologique per opératoire de la chirurgie du rachis, ou encore l'imagerie sont communes et indépendantes de l'âge. Certes, des hyperspécialisations adulte-enfant ont leur logique comme la chirurgie de la main (pour ne citer qu'elle) de façon à traiter les patients de tous les âges par les chirurgiens les plus compétents. D'autres domaines se développeront certainement dans le futur selon ce modèle, et impliqueront plus de collaboration et plus d'activités pluridisciplinaires autour d'une pathologie cible, d'une région ou encore d'une technique (par exemple et respectivement : tumeurs osseuses, chirurgie du rachis ou arthroscopie de la hanche...). En fait, le nombre de patients traités par chaque chirurgien est le critère essentiel qui doit influencer une organisation vers une médecine hautement qualifiée spécialisée où les chirurgiens mettent leurs talents en commun au profit des patients.

- L'orthopédiste pédiatre français est-il un chirurgien infantile qui « fait du dur » ? Cela a également du sens car l'environnement de travail est de nature pédiatrique : anesthésistes spécialisés en pédiatrie dans un bloc opératoire dédié, secteurs d'hospitalisation pour les enfants et chambres mère-enfant, personnel soignant dédié à la pédiatrie (infirmières, kinésithérapeutes, aides-soignantes, assistante sociales...), activités scolaires et ludiques autour de l'enfant (éducateurs, enseignants, clowns, musiciens et autres artistes...). Ce concept n'est pas propre à l'orthopédie pédiatrique. Il concerne toutes les spécialités chirurgicales de l'enfant : chirurgie cardiaque, chirurgie pédiatrique, chirurgie plastique, maxillo-faciale, neuro chirurgie, ORL, ophtalmologie, urologie... qui justifient leur rassemblement au sein du CNCE.
- Dans ce contexte, il convient de réfléchir au modèle de formation en orthopédie pédiatrique français que nous souhaitons :
  - devons-nous former nos élèves selon notre identité métier, c'est-à-dire en leur permettant d'être avant tout des chirurgiens orthopédistes-traumatologues spécialisés en

pédiatrie selon le modèle international ?

- devons-nous former des chirurgiens pédiatres qui opéreront l'appareil locomoteur selon une exception dite « à la française » ? Dans ce cas, nos élèves seront forcément éloignés des activités et des équipements modernes utilisés par les orthopédistes dits adultes, de la pathologie de l'adolescent et ils prendront le risque d'être contraints à la prise en charge exclusive des petits enfants : pied bot, luxation congénitale de la hanche, traumatologie du jeune enfant ;
- pouvons-nous garder le système actuel avec ses deux voies de formation et solliciter une spécialisation mixte pédiatrique et orthopédique ?

Il est aussi également important de penser l'avenir de nos hôpitaux. Nos patients en orthopédie pédiatrique ont aujourd'hui besoin d'un environnement d'accueil pédiatrique comme ils le trouvent dans nos actuels hôpitaux d'enfants, voire de mère-enfants. Mais ces patients doivent aussi pouvoir profiter des progrès techniques utilisés au profit des adultes. Par exemple, il n'est pas normal qu'un enfant ne puisse pas bénéficier d'une chirurgie assistée par navigation-ordinateur sous prétexte que les appareils sont localisés dans les blocs opératoires dédiés aux adultes. La construction des futurs hôpitaux devra intégrer ce concept d'hospitalisation spécifique pédiatrique combinée à une accessibilité aux blocs techniques. Ce principe général concerne tous les âges, depuis la pédiatrie jusqu'à la gériatrie, et toutes les pathologies. Un modèle de construction idéale serait composé de plusieurs corps de bâtiments disposés plus ou moins en étoile dont les bras seraient reliés à un axe central regroupant les blocs techniques : blocs opératoires, secteurs d'imagerie diagnostique et interventionnelle, laboratoires, pharmacie... Une des branches de l'étoile dédiée aux enfants, rassemblerait tout ce qui est indispensable à l'activité hospitalière et ambulatoire pédiatrique. À titre de comparaison, l'orthopédie gériatrique, qui est une discipline en grand développement du fait du vieillissement des populations, pourrait bénéficier du même principe avec une autre branche de l'étoile qui lui serait dédiée, et ainsi de suite.

## Les Sociétés Savantes (Fig 1)

La SOFOP (Société Française d'Orthopédie Pédiatrique) (10) est une société bien structurée, qui développe depuis 40 ans une activité de formation soutenue : un double séminaire annuel d'enseignement thématique est dédié aux jeunes chirurgiens et aux paras médicaux (infirmiers, kinésithérapeutes...) ; il est couplé à un séminaire de recherche scientifique. Partenaire de la SOFCOT (Société Française d'Orthopédie et de Traumatologie), la SOFOP participe très activement à toutes les activités scientifiques lors du congrès annuel de la SOFCOT. La SOFOP s'associe également aux manifestations scientifiques organisées par le CNCE autour de la chirurgie de l'enfant, en collaboration avec la Société Française de Chirurgie Pédiatrique (SFCEP). D'autres congrès et séances de formation concernent des activités transversales autour de la chirurgie de l'enfant en regroupant les chirurgiens et les anesthésistes spécialistes des pathologies pédiatriques, ainsi que les pédiatres.

En Europe, parmi les sociétés nationales, certaines sont plus actives que d'autres. Le nombre de leurs membres très variable est dépendant de la population du pays concerné. La société la plus importante est la « VKO (*Vereinigung für Kinderorthopädie*) » qui regroupe les orthopédistes pédiatres germanophones d'Allemagne, d'Autriche et de Suisse alémanique (DACH). Quant à l'EPOS (11) son objectif primordial est la formation des chirurgiens européens et du pourtour de la Méditerranée en orthopédie pédiatrique au travers de différentes modalités : une réunion annuelle (plus de 800 participants à Rome en 2016) et des formations spécifiques :

- les cours « BAT - *basic, advanced, traumatology* » selon une

trilogie de trois journées sur une période de 18 mois où se succèdent des conférences, des controverses, des discussions de cas, des travaux pratiques ;

- des formations délocalisées dans des pays européens qui le souhaitent : « RCCC - *Regional Core Curriculum Courses* » ;
- des tutoriaux ou formations de jeunes chirurgiens dans des centres formateurs ;
- des programmes de travelling fellowship avec l'Amérique du Nord et l'Amérique Latine.

Les membres de l'EPOS sont issus de 51 pays, et 26 Sociétés nationales d'orthopédie pédiatrique y adhèrent. L'éducation est donc la première mission de l'EPOS qui œuvre pour harmoniser le niveau d'exercice de notre discipline dans toute l'Europe.

## Conclusion

Tout chirurgien qui a décidé de pratiquer l'orthopédie pédiatrique n'a jamais regretté son choix car cette surspécialité est très enthousiasmante. En effet, pouvoir remettre un enfant sur ses pieds est un acte merveilleux, et la réparation *ad integrum* est un but accessible dans de nombreux cas. Si certains chirurgiens d'adulte craignent les troubles de la croissance, les orthopédistes pédiatres savent quant à eux les anticiper, les déjouer, les contrôler et les corriger grâce à une bonne connaissance de la physe.

La formation pour devenir orthopédiste pédiatre est longue car elle nécessite des acquis à la fois en orthopédie-traumatologie et en chirurgie infantile. La double voie du DESC est encore aujourd'hui possible en France, pendant que l'ensemble des pays européens a choisi la voie de la chirurgie de l'appareil locomoteur. Notre devoir reste cependant d'assurer un haut niveau d'éducation en orthopédie pédiatrique en formant les spécialistes les plus qualifiés pour offrir les meilleurs soins au profit des enfants et adolescents. Cette éducation doit être soutenue par les pouvoirs publics qui savent bien qu'*un enfant bien réparé sera un adulte actif*.

## Remerciements

Remerciements à la Dre Amanda Gonzalez pour les informations sur la formation médicale en Suisse, et à la Professeure Elke Viehweger pour son action auprès des sociétés nationales d'orthopédie pédiatrique européennes.

## Discussion en séance

Question de F Dubois

Éviter l'hyperspécialisation ?

Réponse

Je vous remercie pour cette pertinente question qui pose la question fondamentale de notre métier. Nous devons d'une part être extrêmement compétents pour offrir la meilleure qualité des soins à nos patients et pour leur procurer le meilleur résultat possible. Mais nous devons aussi avoir une grande culture médicale, preuve de notre ouverture d'esprit et de notre humanisme. Le cycle de formation des études médicales spécialisées dans une discipline chirurgicale doit effectivement débiter par un apprentissage essentiel des connaissances de base : l'anatomie, la physiologie, la sémiologie, la réanimation, les (poly)traumatismes, les abords chirurgicaux, les sutures et la cicatrisation, la prise en charge de la douleur, les stratégies thérapeutiques, les complications, l'étude des bénéfices-risques, l'information aux patients, le dossier médical dont le compte rendu opératoire... Puis l'interne s'oriente en orthopédie-traumatologie (ou en chirurgie infantile). Mais il ne doit pas perdre de vue une formation com-

plète : par exemple faire des stages en chirurgie vasculaire, thoracique, plastique me paraît important. Quant à l'orientation pédiatrique, elle ne peut exceller qu'à l'issue d'un parcours complet en orthopédie et traumatologie. Et finalement, le jeune chirurgien orthopédiste pédiatre pourra orienter sa carrière vers par exemple le rachis et les tumeurs osseuses comme l'a fait notre modérateur le Pr Jean Dubousset dont chacun reconnaît l'immensité des connaissances et le talent chirurgical. Plus tard, l'hyperspécialisation me paraît être un bonus, à condition d'envisager cette activité après un minimum d'expérience et de polyvalence. Une hyperspécialisation trop précoce serait une erreur à moins de considérer chaque geste chirurgical comme réalisable par une machine. Mais dans ce cas, qui poserait l'indication chirurgicale, et qui organiserait le contact humain si précieux avec le patient et sa famille ?

## Références

1. Présentation des posters des Sociétés Nationales en orthopédie pédiatrique. 34ème réunion annuelle de l'EPOS. Marseille, 16-18 avril 2015.
2. [www.education.gouv.fr](http://www.education.gouv.fr): informations relatives à l'ENC.
3. [www.rcseng.ac.uk](http://www.rcseng.ac.uk): site du Royal College of Surgeon pour les britanniques.
4. [www.fmh.ch/fr](http://www.fmh.ch/fr): site de la Fédération des Médecins helvètes.
5. Livret du chirurgien pédiatre en formation (Log Book), [www.livres-medicaux.com](http://www.livres-medicaux.com) Sauramps édition, 2012, Montpellier.
6. [www.conseil-national.medecin.fr](http://www.conseil-national.medecin.fr): site du Conseil national de l'Ordre des Médecins.
7. [www.efort.org](http://www.efort.org): site de la "European Federation of Orthopaedic and Traumatology".
8. [www.uems.eu](http://www.uems.eu): site de l'Union Européenne des médecins Spécialistes.
9. [www.ebotexam.org](http://www.ebotexam.org): site de l'examen "European Board Orthopaedics and Traumatology".
10. [www.sofop.org](http://www.sofop.org): site de la Société Française d'Orthopédie Pédiatrique.
11. [www.epos.org](http://www.epos.org): site de la "European Paediatric Orthopaedic Society". Un lien vers les sites web des sociétés nationales européennes y est présent.

# La chirurgie des paragangliomes tympano-jugulaire : un défi raisonné

## The Surgery of Glomus Jugulare Tumors: a Reasoned Challenge

V Darrouzet [1], D Liguoro [2], V Franco-Vidal [1], A Huchet [3]

1. *ORL - Professeur des Universités - Chef du service ORL du CHU de Bordeaux - Université de Bordeaux.*

2. *Neurochirurgien, Professeur des Universités, Université de Bordeaux, chef du service de Neurochirurgie A du CHU de Bordeaux.*

3. *Radiothérapeute, Patricien Hospitalier, Service de radiothérapie du CHU de Bordeaux.*

### Mots clés

- ◆ Paragangliome
- ◆ Foramen jugulaire
- ◆ Radiothérapie
- ◆ Tumeur du rocher
- ◆ Paralysie faciale
- ◆ Nerfs mixtes

### Résumé

**But :** Préciser la philosophie de notre École en matière de prise en charge des paragangliomes tympano-jugulaires (PTJ) à partir d'une expérience de 25 ans sur 88 cas traités par le même chirurgien.

**Résultats :** Sept prérequis sont nécessaires avant toute prise en charge : 1/une séméiologie précise des nerfs crâniens 6 à 12 ; 2/une évaluation collaborative de l'état général du patient ; 3/ Une imagerie complète associant IRM, angio-IRM 4D et scanner ; 4/ la disponibilité d'un plateau technique et d'une équipe multidisciplinaire adaptés : neuroradiologue, neurochirurgien, phoniatre et orthophoniste, radiothérapeute, généticien et endocrinologue ont une place essentielle ; 5/ un information éclairée du patient orientée sur les risques chirurgicaux et ceux propres à l'embolisation ; 6/ un décision prise en réunion de concertation pluridisciplinaire ; 7/ un bilan génétique clinique et biologique.

La chirurgie sera privilégiée dans les contextes suivants : patients de moins de 50 ans, formes génétiquement déterminées, formes évolutives sous surveillance IRM, formes déjà responsables d'une paralysie faciale, d'une atteinte des derniers nerfs crâniens et les échecs d'irradiation

**Conclusion :** La chirurgie des PTJ reste un défi. Mais il doit être raisonné, après un cheminement clinique et paraclinique et une décision collégiale. L'exérèse de ces tumeurs est plus qu'exigeante pour l'otologiste, heureux néanmoins de n'être jamais seul dans ce combat qui le conduit au sommet de son art. Les paragangliomes sont, de façon générale, de maniement difficile de par leur caractère hémorragique et souvent sécrétant. Mais les formes tympano-jugulaires, en cumulant contraintes et obstacles, sont, par expérience, les plus difficiles à appréhender : absence de limite nette, infiltration diffuse d'un os pneumatiqué et spongieux, envahissement vasculaire à haut risque, infiltration de la dure-mère et de l'endocrâne, du nerf facial et des nerfs mixtes, inaccessibilité d'une dévascularisation complète préalable au geste chirurgical en cas de sollicitation des pédicules vasculaires intracrâniens en sont les principaux. Ces dernières années ont vu pour toutes ces raisons la radiothérapie exclusive par modulation d'intensité prendre une place croissante dans le traitement de ces tumeurs, car elle sait se montrer plus épargnante sur le plan fonctionnel.

### Keywords

- ◆ Paraganglioma
- ◆ Paraganglioma treatment
- ◆ Jugular paraganglioma
- ◆ Lower cranial nerves
- ◆ Facial paralysis

### Abstract

**Aim:** To delineate the philosophy of our School in the management of jugular paraganglioma (JP), based on the experience of 88 cases treated over 25 years by the same surgeon

**Results:** Seven prerequisites have been identified before any decision is taken: 1/a complete analysis of cranial nerves (CN) functions (CN6-12); 2/a thorough multidisciplinary evaluation of the patient's general condition; 3/a complete imaging work-up (MRI, 4D angio-MR, CT scan); 4/ the availability of a high-level technical and medical support. Neurosurgeon, speech therapist, neuroradiologist, geneticist, endocrinologist are necessary to the patient's evaluation and pre and postoperative management; 5/ a dedicated informed consent including information about surgery and embolization; 6/ a multidisciplinary meeting to decide which management is to be used: wait and scan, surgery or radiotherapy; 7/a genetic work-up including clinical evaluation of the family and blood samples for mutation research. Surgery is preferred in case of patients <50 yrs, in genetically induced lesions, in rapidly growing monitored tumors, in case of cranial nerve palsy (7, 9-12) and when radiation therapy was unsuccessful.

**Conclusion:** Surgery of JP remains a challenge. But it must be reasoned, as the result of a planned multidisciplinary clinical and instrumental path. The tumor removal is highly demanding for the otologist. Paragangliomas are generally difficult to manage but JP are the most complex because of: a/the lack of clear tumor limits in the petrous bone; b/ the vital arterial and venous structures involvement; c/the intracranial penetration through the jugular foramen; d/the risk of life-threatening CN6-12 compromises; e/ the difficulty for the radiologist to penetrate in all the feeding vessels. For all these reasons, exclusive radiotherapy is taking an increasing role in the management of some JPs since it may spare cranial nerves functions.

### Correspondance :

Pr Vincent Darrouzet

Service ORL de l'Hôpital Pellegrin - Place Amélie Raba-Léon - 33076 Bordeaux Cedex.

E-mail : [vincent.darrouzet@chu-bordeaux.fr](mailto:vincent.darrouzet@chu-bordeaux.fr)

Disponible en ligne sur [www.acad-chirurgie.fr](http://www.acad-chirurgie.fr)

1634-0647 - © 2016 Académie nationale de chirurgie. Tous droits réservés.

DOI : 10.14607/emem.2016.4.031



Figure 1. Image otoscopique caractéristique de « framboise » dans l'oreille moyenne (oreille gauche).

Les paragangliomes tymano-jugulaires (PTJ) sont des tumeurs neuro-endocrines faisant hernie au travers du plancher de l'oreille moyenne après être nées du glomus situé dans l'adventice du bulbe supérieur de la veine jugulaire interne (1). C'est un diagnostic d'abord clinique, la tumeur étant visible au travers du tympan (Fig 1).

Bien que bénignes, elles sont très invasives, embolisent l'axe veineux où elles naissent pour diffuser vers la région cervicale, infiltrant le rocher de façon diffuse, se développant médialement vers l'apex pétreux le long de l'artère carotide interne (ACI), puis débordant dans l'angle ponto-cérébelleux au travers du foramen jugulaire. Dans leur chemin elles infiltrant le labyrinthe et les nerfs crâniens 6 à 12.

Dans les trente dernières années, leur prise en charge s'est transformée. L'évolution s'est faite d'une chirurgie exhaustive à très haut risque hémorragique vers une chirurgie moins obstinément radicale, plus fonctionnelle et partant moins dangereuse, facilitée par le développement de l'embolisation préopératoire (1). Elle n'en reste pas moins très experte et exclusive. Parallèlement, sont apparus des outils de radiothérapie focalisée conformationnelle offrant la possibilité d'une irradiation exclusive et montrant une efficacité certaine à

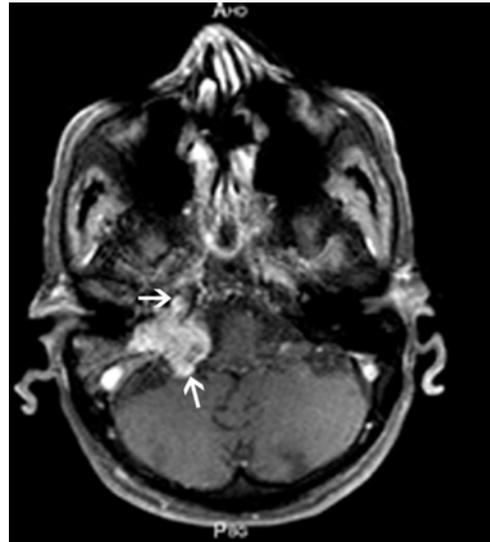


Figure 2. IRM en T1 après injection de gadolinium. PTJ classé C2Di1 du côté droit : la tumeur est en contact étroit avec l'ACI verticale (C3) (flèche avant) et pénètre de moins de 2 cm dans l'angle ponto-cérébelleux (D11) (flèche arrière).

court et moyen terme. La radiothérapie à modulation d'intensité (IMRT) en est l'exemple actuellement le plus abouti (2,3). Notre école s'est depuis longtemps investie dans la prise en charge des PTJ, en participant au développement du diagnostic génétique des formes familiales (4,5), en précisant le contour des indications opératoires et s'intéressant très tôt aux possibilités offertes par la radiothérapie (1,3).

Nous souhaitons ici dégager des lignes forces à partir de notre expérience des différentes modalités thérapeutiques et ceci au travers d'une série homogène de 88 PTJ pris en charge dans les 25 dernières années par le même chirurgien.

Nous avons choisi de décrire une philosophie de prise en charge, largement soutenue par la littérature, plutôt que de revenir sur des résultats chiffrés.

## Notre expérience

De 1990 à 2015, nous avons traité 142 paragangliomes de la tête et du cou, dont 102 formes tympaniques et tymano-jugulaires. Trente-sept paragangliomes tympaniques purs ont été enlevées de façon simple, sans embolisation en utilisant des voies d'abord à minima de tympanoplastie. Nous n'avons

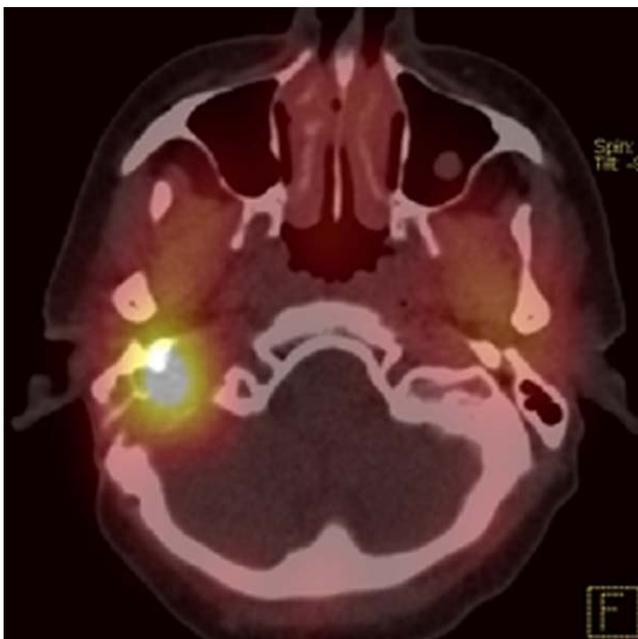


Figure 3. Octreoscan à l'indium 111 d'une PTJ droit. Fort rehaussement signant le caractère neuroendocrine de la tumeur.

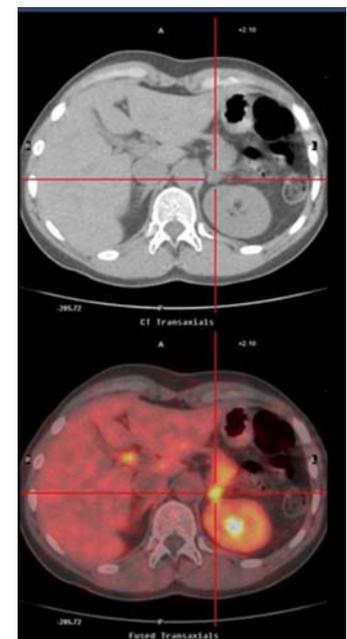


Figure 4. PET scan à la dopamine révélant un phéochromocytome sur la surrénale droite dans une forme génétique SDH-B.

**Classification de Fisch**

- A - tumeur confinée à l'oreille moyenne
  - B - tumeur occupant l'oreille moyenne et la mastoïde.
  - C - tumeur sous-labyrinthique allant vers l'apex pétreux
    - C1 - atteinte limitée ACI verticale
    - C2 - invasion de l'ACI verticale
    - C3 - invasion ACI horizontale
  - D - extension intracrânienne.
    - De - extradurale
    - Di - intradurale
    - D1 - extension < 2 cm en diamètre.
    - D2 - extension > 2 cm en diamètre
- Les D sont des C : C1De2, C2Di2...etc

Tableau 1. Classification de Fisch.

observé ni récidive ni séquelle auditive. Ces formes, nées du glomus tympani adjacent au nerf de Jacobson, sont à différencier très nettement des PTJ car si leur histologie est la même, elles ne posent aucun des problèmes techniques et évolutifs de ces dernières : pas d'atteinte des nerfs crâniens ni des axes vasculaires, pas de contexte héréditaire, pas de nécessité d'embolisation préopératoire.

Nous nous intéressons donc exclusivement aux leçons tirées des 65 cas de PTJ opérés et des 35 patients irradiés (dont 12 ayant subi un traitement combiné).

Nous avons mis en évidence dans ce groupe 32 formes génétiques dont 8 formes bilatérales.

Nous avons utilisé, comme l'ensemble des équipes, la classification de Fisch en 4 grands stades car elle va guider la conduite à tenir (Tableau 1). Les formes A et B sont les moins complexes et ne nécessitent pas toujours d'embolisation. Dans les formes C et D l'embolisation préopératoire s'impose. On distingue les formes C1 (atteinte du coude de l'ACI), les formes C2 (invasion de l'ACI dans sa portion verticale) et les formes C3 (invasion de l'ACI dans sa portion horizontale). Dans les formes D, caractérisée une extension intracrânienne, il faut absolument différencier les formes De (infiltration extradurale) des formes Di (infiltration indurale).

## L'évaluation préthérapeutique

La prise en charge thérapeutique des PTJ est basée sur sept prérequis qui sont pour nous incontournables :

- 1. Une évaluation très précise de la fonction des nerfs crâniens (6 à 12), du côté de la tumeur et en controlatéral, ces lésions pouvant être bilatérales. C'est une appréciation qui est plus aisément faite par un ORL, au travers d'une endoscopie rigide phoniatrique et d'une fibroscopie dynamique de la déglutition pour ce qui concerne les nerfs mixtes 9 à 11 (Vidéo 1).
- 2. Une évaluation collaborative de l'état général du patient au travers d'un avis anesthésique ou d'un avis cardiologique. Les PTJ isolé sont rarement sécrétant car parasympathiques et n'ont pas de conséquences tensionnelles à la différence des paragangliomes sympathiques, tels les phéochromocytomes, qui peuvent cependant y être associés dans les formes familiales.
- 3. Une imagerie extrêmement complète permettant de définir l'extension et la taille de la tumeur selon la classification de Fisch, mais également la nature des vaisseaux nourriciers, la qualité du drainage veineux cérébral homolatéral et controlatéral, l'extension ou non dans le labyrinthe et l'infiltration du canal de Fallope (avec ou sans paralysie faciale). Scanner et IRM avec angio-IRM 4D sont à cet égard indispensables (Fig 2). Ils permettent en outre de révéler des paragangliomes cervicaux associés au niveau des glomi vagues et carotidiens, exclusivités des formes génétiques. Dans ces dernières, l'imagerie nucléaire, représentée ici par l'octeoscan (Fig 3) ou le TEP scan (Fig 4), est une aide pré-

cieuse pour dépister les lésions thoraco-abdominales éventuellement associées.

- 4. Disposer d'un plateau technique haut de gamme, propre en France au CHU : l'otorhinolaryngologiste doit être familier de l'oto-neurochirurgie, mais également de la chirurgie cervicale. Il doit savoir s'entourer dans les formes les plus étendues d'une collaboration neurochirurgicale. Les formes C et D requièrent l'expertise d'un neuroradiologue pour l'embolisation. Les complications et séquelles opératoires éventuelles affectant la fonction des derniers nerfs crâniens nécessitent la participation d'un rééducateur, d'un orthophoniste, voire d'un laryngologiste.
  - 5. Cette chirurgie nécessite une information éclairée du patient, très complète, orientée à la fois sur les risques chirurgicaux importants et sur les risques propres à l'embolisation.
  - 6. La décision thérapeutique doit être multidisciplinaire. Notre équipe a pris la résolution d'étudier le dossier de ces patients en Réunion de Concertation Pluridisciplinaire comme nous le faisons pour toutes les tumeurs de la base du crâne. La réflexion commune, fruit de la collaboration de neurochirurgiens et de radiothérapeutes, doit évaluer la place respective de la surveillance simple, de la chirurgie et/ou de la radiothérapie pour chaque patient.
  - 7. Le bilan génétique doit être systématique. Seul les paragangliomes purement tympaniques en sont exclus. Les patients sont pour ce faire confiés à nos collègues généticiens pour une étude clinique familiales et des prélèvements sanguins à la recherche de mutation du gène de la succinate déshydrogénase (SDH). Dans la très grande majorité des cas ce sont des mutations SDH-D qui sont mises en évidence. En cas de mutation SDH-B il faut craindre l'association de paragangliomes thoraciques ou abdominaux et notamment de phéochromocytomes susceptibles de modifier l'indication chirurgicale et de s'imposer dans l'ordre de prise en charge.
- En comparaison des tumeurs vagues et carotidiennes qui sont parfaitement limitées et peuvent être réséquées en monobloc, la grande difficulté de traitement des PTJ tient à une infiltration osseuse dont les limites apparaissent au cours d'un fraissage osseux qui se fait donc sans limites autres que celle de la connaissance parfaite de l'anatomie du rocher. Ce sont des tumeurs « insaisissables » développée dans un nœud anatomique redoutable où concourent les axes veineux jugulaires, l'axe artériel carotidien, les derniers nerfs crâniens et le labyrinthe.

## Quelles voies d'abord et quels pièges ?

Les voies d'abord utilisées ont évolué avec le temps.

### La voie de Fisch de type A

Elle s'est très longtemps imposée comme la voie « royale » permettant d'exposer et de réséquer ces lésions, quelle qu'en soit la taille, en utilisant ou non en fonction de son extension un sacrifice du labyrinthe ou un déroutement antérieur du nerf facial, potentielle source de séquelles motrices faciales (6). Son principal inconvénient est de nécessiter une fermeture du méat auditif externe cutané en bourse et une exclusion de l'oreille moyenne. Ces sacrifices ont du sens si le labyrinthe est infiltré ou si la tumeur infiltre largement l'ACI (stades C2 et C3 ou D). Tympan, marteau et enclume sont alors enlevés après désarticulation de l'étrier et la trompe auditive occluse par du fascia et de la cire de Horsley.

### Les voies préservatrices de l'oreille moyenne

Se sont désormais imposées dans les formes les moins évoluées B et C1 des PTJ des voies sous et rétro-faciales épar-

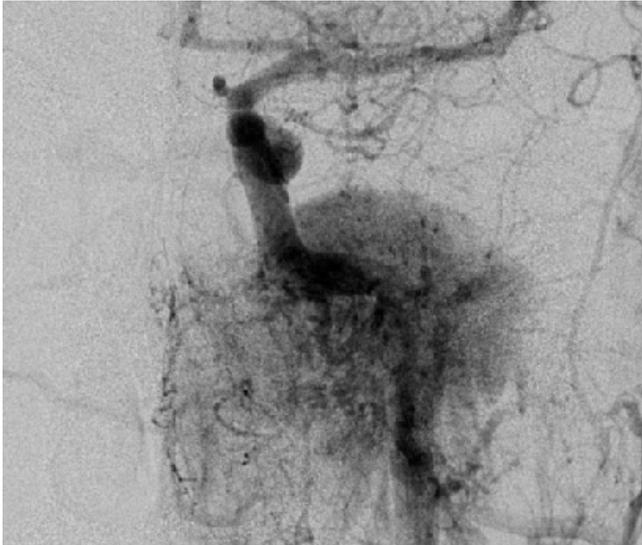


Figure 5. Angiographie carotidienne interne gauche. Très important blush tumoral nourri par l'ACI dont la paroi est infiltrée. Une exclusion de l'artère par ballonnets intraluminaux fut ici nécessaire.

gnant le système tympano-ossiculaire. Reconnaissons que dans ces cas certains restent fidèles à la voie de Fisch sans déroutement du VII, car elle permet une parfaite exposition de l'ACI, au centre des préoccupations et parfois des inquiétudes du chirurgien.

La tendance est pourtant aujourd'hui d'être le moins invasif et le plus fonctionnel possible au travers de voies laissant le nerf facial en place. Au travers d'une rotation céphalique plus importante et d'un fraisage occipital plus large que dans la voie de Fisch, l'accès se fait en rétro facial et en transjugulaire vers la portion verticale de l'ACI dans. Plusieurs voies ont ainsi été décrites (Jackson, Glasscock) (1,7-10).

### Les voies cervicales trans occipitales

Certains auteurs ont décrit des approches chirurgicales respectant le rocher. Beaucoup plus latérales et postérieures (dites « extrêmes latérales »), elles dérivent des voies d'abord décrites pour atteindre le foramen magnum. Elles nécessitent une désinsertion des muscles longs du cou et une dissection de l'artère vertébrale (11). On retiendra ainsi la voie juxta-condylienne décrite par George et Tran ba Huy (12). Ces accès ont des indications limitées car les PTJ infiltrent l'oreille moyenne et ce type d'abord ne permet pas son bon contrôle, de même que le celui de l'ACI dans sa portion horizontale.

### Les points clés de l'exérèse

Quel que soit le choix du chirurgien en matière de voie d'abord, certaines étapes de l'exérèse tumorale sont communes.

- a. l'occlusion veineuse : c'est le fait central de la chirurgie. Il en fait une partie de la difficulté. La tumeur occupant le bulbe jugulaire et se développant dans l'axe veineux en amont dans le sinus sigmoïde et en aval dans la veine jugulaire interne, il est nécessaire pour en assurer l'exérèse d'interrompre le flux veineux par une ligature de la veine jugulaire interne dans la région cervicale en aval de l'embolie tumorale et par le blocage du sinus sigmoïde dans son trajet prémastoidien. Il ne peut se faire que si le système veineux controlatéral est compétent et peut assumer à lui seul le drainage cérébral. C'est un temps très délicat et souvent hémorragique. Les blocages d'amont et d'aval achevés, la paroi veineuse est incisée et l'embolie tumorale enlevé jusqu'au bulbe. La libération du bulbe génère à nou-

veau un saignement veineux important issu de l'abouchement du sinus pétreux inférieur dans sa lumière. Un rapide packing de Surgicel™ permet de le contrôler aisément.

- b. le non franchissement de la paroi veineuse médiale du bulbe. Il permet d'éviter de pénétrer dans la pars nervosa du foramen jugulaire et de respecter les nerfs crâniens 9 à 11 en évitant toute coagulation à leur contact. On peut bien sûr s'affranchir de cette règle en cas d'atteinte préalable de ces nerfs crâniens.
- c. le risque carotidien est également au centre de cette chirurgie si particulière. La dissection au plus près de la paroi fragilisée de l'ACI peut conduire, quand la tumeur infiltre totalement la paroi vasculaire, à des ruptures carotidiennes toujours catastrophiques. Il faut savoir anticiper ce risque vital en prévenant cette complication par une exclusion de l'axe artériel par des ballonnets intraluminaux dans les formes C3 les plus infiltrantes de l'axe artériel (Fig 5). Le premier ballonnet est gonflé avant le départ de l'artère ophtalmique et le deuxième est mis en place en région cervicale après la bifurcation carotidienne, sous surveillance clinique et neurophysiologique. Cette décision ne sera prise qu'avec toutes les précautions nécessaires permettant de supposer une bonne suppléance vasculaire. Certains préfèrent un stenting métallique soutenant la paroi vasculaire (13).
- d. l'infiltration de l'angle ponto-cérébelleux. Parfois se pose le problème d'une atteinte concomitante intradurale (De). Nous prônons un abord concomitant de l'angle ponto-cérébelleux par une voie à la fois infralabyrinthique et rétro-labyrinthique, à l'instar de ce que nous faisons pour les méningiomes du foramen jugulaire (1,14).

## Les suites opératoires

On peut observer :

### Une atteinte des derniers nerfs crâniens

Le déficit peut-être plus ou moins complet. Il faut vraiment l'éviter quand cela est possible et qu'il n'est pas déjà présent, plus ou moins compensé en préopératoire. Ses conséquences peuvent être redoutables chez les sujets âgés. Il se manifeste par :

- une dysphonie avec voix de fuite, empêchent toute communication à voix haute, et rendant toute toux inefficace, en liaison avec l'atteinte du nerf vague, provoquant une hémiplegie laryngée en ouverture (Vidéo 1).
- d'importants troubles de déglutition. On observe des fausses routes alimentaires et salivaires et une toux, autant liés aux troubles moteurs qu'aux troubles sensitifs (atteinte du IX et du X). La paralysie de l'hémivoile (XI bulbaire) peut également être source de fausses routes nasales. Ils doivent faire l'objet d'une prise en charge très rapide par phoniatre et orthophoniste, afin d'instaurer une compensation. Quand dysphonie et troubles de déglutition sont majeurs et ne cèdent pas, la paralysie laryngée peut être corrigée soit par une injection de graisse intracordale soit en cas de caractère pérenne par une médialisation chirurgicale de la corde vocale.
- une raideur et une impotence fonctionnelle de l'épaule, source de douleurs et gênes importantes (atteinte du XI médullaire).

### La paralysie faciale

Elle peut préexister ou être le résultat d'un déroutement nerveux. Elle est moins sévère mais plus gênante sur le plan cosmétique. Sa sévérité peut conduire à une rééducation prolongée.

## La surdité

Elle peut être le résultat de l'atteinte du noyau labyrinthique par la tumeur. Il s'agit alors d'une surdité neurosensorielle totale pouvant s'accompagner de vertiges et ne pouvant se compenser que par un appareillage en CROS-Wifi. Elle est plus souvent due au sacrifice partiel ou total de tout ou partie de l'oreille moyenne lors de la voie d'abord ou de l'exr se chirurgicale. Il s'agit alors d'une surdité de transmission pouvant être traitée par un implant d'oreille moyenne.

## La fuite de liquide cérébro-spinal

Elle peut apparaître en cas de traitement d'une forme Di. Elle peut nécessiter une reprise chirurgicale parfois complexe.

## Le syndrome de Claude Bernard-Horner

Il découle de la dissection de l'artère carotide interne et du sympathique recouvrant sa paroi.

## Quelle attitude adopter face à un PTJ en 2016

### • Qui opérer ?

En 2016, le but de la chirurgie n'est pas ou n'est plus d'être exhaustif, tant exhaustivité peut rimer avec invalidité. L'évolution des voies d'abord et de la technique chirurgicale permet aujourd'hui d'être moins délétère. Il ressort de notre expérience que certains patients sont clairement plus du ressort de la chirurgie que de la radiothérapie :

- les patients jeunes de moins de 50 ans, car le risque évolutif est bien présent chez eux ;
- les formes génétiques multicentriques, plus évolutives et récidivantes ;
- les formes évolutives sous surveillance IRM ;
- les formes d j   responsables d'une paralysie faciale partielle  vulsive ou totale ;
- les formes d j   responsables d'une atteinte des derniers nerfs crâniens et de troubles de déglutition importants. Le risque chirurgical d'atteinte des nerfs mixtes n'est plus craint ;
- les échecs d'irradiation.

### • Qui surveiller ?

La surveillance n'est pas un aveu d'impuissance. Elle est devenue une véritable décision de prise en charge dans certains contextes (15). Il convient en effet de tenir compte qu'il s'agit d'une tumeur bénigne (très exceptionnelles sont les formes malignes dans ce site), que certaines tumeurs sont peu évolutives et peu symptomatiques et que les risques de l'acte chirurgical sont bien réels. On pr f rera donc surveiller :

- Les petites tumeurs chez des personnes fragiles ou fragilisées ;
- Les petites tumeurs quand existe une atteinte des derniers crâniens du côté opposé ;
- Les reliquats lésionnels non évolutifs.

### • Qui irradier par IMRT ?

Ces dernières années ont vu la radiothérapie exclusive prendre une place croissante dans le traitement de ces tumeurs, car elle sait se montrer plus  pargnante sur le plan fonctionnel (2,3). Les techniques modernes d'IMRT, voire de Gamma-Knife™, ont conduit à des évolutions spectaculaires en termes d'efficacité et de réduction des effets collatéraux, même si le risque de radio-cancer ne peut jamais être écarté et doit être gardé en mémoire. Le rayonnement délivré épargne désormais les glandes salivaires et les tissus sains ne reçoivent que

des doses faibles, rendant la tolérance de ce traitement excellente. On confiera plus volontiers au radiothérapeute :

- les patients porteurs de reliquats chirurgicaux évolutifs ;
- les formes développées en controlatéral d'une intervention conduite sur un paragangliome cervical ayant laissé des séquelles nerveuses dans le cadre de formes multifocales ;
- les patients de plus de 65 ans ;
- les formes étendues C2 et C3, voire D, sans déficits fonctionnels, à haut risque chirurgical.

## Conclusion

Parler de défi technique pour la chirurgie PTJ n'est pas exagéré. L'exr se de ces tumeurs est plus qu'exigeante pour l'otologiste, heureux néanmoins de n'être jamais seul dans ce combat qui le conduit au sommet de son art. Le neuroradiologue et parfois le neurochirurgien, le phoniatre laryngologue et son équipe r educative, le radiothérapeute, l'endocrinologue ont également une place essentielle. C'est un vrai travail collaboratif, qui ne peut se concevoir, de l'indication thérapeutique jusqu'au suivi postopératoire, hors de centres experts. Les paragangliomes sont, de façon générale, de mani ment difficile de par leur caractère hémorragique et souvent sécrétant. Mais les formes tympano-jugulaires, en cumulant contraintes et obstacles, sont, par expérience, les plus difficiles à appréhender : absence de limite nette, infiltration diffuse d'un os pneumatiss  et spongieux, envahissement vasculaire à haut risque, infiltration de la dure-mère et de l'endocrâne, du nerf facial et des nerfs mixtes, inaccessibilité d'une dévascularisation complète préalable au geste chirurgical en cas de sollicitation des pédicules vasculaires intracrâniens en sont les principaux. Ces dernières années ont vu pour toutes ces raisons la radiothérapie exclusive prendre une place croissante dans le traitement de ces tumeurs, car elle sait se montrer plus  pargnante sur le plan fonctionnel. Mais elle ne peut pas tout. La chirurgie prime chez les sujets jeunes, notamment dans un contexte génétique, ou chez ceux présentant des tumeurs volumineuses associées à des atteintes des nerfs crâniens

## Références

1. Darrouzet V, Franco-Vidal V, Liguoro D, Lavieille JP, Les tumeurs du foramen Jugulaire. In EMC Techniques chirurgicales tête et cou. Elsevier SAS. 2013;18: 1-15.
2. Combs SE, Salehi-Allameh B, Habermehl D, Kessel KA, Welzel T, Debus J. Clinical response and tumor control based on long-term follow-up and patient-reported outcomes in patients with chemodectomas of the skull base and head and neck region treated with highly conformal radiation therapy. *Head Neck*. 2014;36:22-7.
3. Galland-Girodet S, Maire JP, De-Mones E, Benech J, Bouhoreira K et al. The role of radiation therapy in the management of head and neck paragangliomas: impact of quality of life versus treatment response. *Radiother Oncol*. 2014;111:463-7.
4. Burnichon N, Rohmer V, Amar L, Herman P, Lebouilleux S et al. The succinate dehydrogenase genetic testing in a large prospective series of patients with paragangliomas. *J Clin Endocrinol Metab*. 2009;94:2817-27.
5. Darrouzet V, Rivel J, Deminiere C, Boissieras P, Verhust J et al. Familial malignant carotid body chemodectoma with lymph node metastases. Light and electron microscopy study. *Ann Pathol*. 1982;2:163-7.
6. Fisch U. Infratemporal fossa approach for lesions in the temporal bone and base of the skull. *Adv Otorhinolaryngol*. 1984;34:254-66.
7. Martin C, Prades JM. Removal of selected infralabyrinthine lesions without facial nerve mobilization. *Skull Base Surg*. 1992;2:220-6.
8. Pensak ML, Jackler RK. Removal of jugular foramen tumors: the fallopian bridge technique. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 1997;117:586-91.
9. Jackson CG, Harris PF, Glasscock ME 3rd, Fritsch M, Dimitrov E, Johnson GD, Poe DS. Diagnosis and management of paragangli-

- omas of the skull base. *Am J Surg.* 1990;159:389-93.
10. Glasscock ME 3rd, Harris PF, Newsome G. Glomus tumors: diagnosis and treatment. *Laryngoscope.* 1974;84:2006-32.
  11. Sen CN, Sekhar LN. An extreme lateral approach to intradural lesions of the cervical spine and foramen magnum. *Neurosurgery.* 1990;27:197-204.
  12. George B, Lot G, Tran Ba Huy P. The juxtacondylar approach to the jugular foramen (without petrous bone drilling). *Surg Neurol.* 1995;44:279-84.
  13. Piazza P, Di Lella F, Bacciu A, Di Trapani G, Ait Mimoune H et al. Preoperative protective stenting of the internal carotid artery in the management of complex head and neck paragangliomas: long-term results. *Audiol Neurootol.* 2013;18:345-52.
  14. Devèze A, Franco-Vidal V, Liguoro D, Guérin J, Darrouzet V. Transpetrosal approaches for meningiomas of the posterior aspect of the petrous bone Results in 43 consecutive patients. *Clin Neurol Neurosurg.* 2007;109:578-88.
  15. Prasad SC, Mimoune HA, D'Orazio F, Medina M, Bacciu A, Mariani-Costantini R et al. The role of wait-and-scan and the efficacy of radiotherapy in the treatment of temporal bone paragangliomas. *Otol Neurotol.* 2014;35:922-31.

# Quelles innovations en santé dans une enveloppe financière globale ?

## Which Innovations in Healthcare in a Global Financial Budget?

Frédéric Bizard

*Économiste - Sciences Po Paris*

### Mots clés

- ◆ Innovations en santé
- ◆ Nouvelle politique de santé
- ◆ Destruction créatrice
- ◆ Innovation sociale et politique

### Résumé

La capacité d'innover a été depuis des millénaires l'élément de différenciation majeur entre les pays avancés et les autres. Il en est de même pour la qualité des systèmes de santé. Les progrès de la science économique au XX<sup>ème</sup> siècle ont permis de modéliser cet apport de l'innovation sur le développement économique (le modèle schumpétérien). L'application des principes de ce modèle de croissance est indispensable pour permettre une diffusion massive des innovations santé. Face à la transformation radicale de notre environnement, c'est une nouvelle politique de santé qui est nécessaire. Elle doit être déclinée sur l'ensemble des composantes du système. Elle ne sera possible que si on met en place une vague d'innovations sociales et politiques dans les prochaines années.

### Keywords

- ◆ Innovations in healthcare
- ◆ New health policy
- ◆ Creative destruction
- ◆ Social and political innovation

### Abstract

The capacity for innovation has been the key differentiation factor for ages between the advanced countries and others. It is also the case for the quality of the health systems. Progresses of the economic science during the twentieth century allowed to conceptualize this role of innovation on the economic development (Schumpeterian model). The application of principles of this model is indispensable for enabling a large diffusion of health innovations. In front of a radical change of our environment, a new health Policy is necessary. It has to be declined on all components of our health system. It will be possible only if social and political innovation is applied in our society in the near future.

Les innovations en santé sont régies par les mêmes règles que dans les autres secteurs de l'économie. Elles répondent à des mécanismes de mieux en mieux connus. Si elles sont pour la plupart de nature technologique, procédurale ou organisationnelle, leur diffusion va nécessiter des innovations sociales et politiques et une évolution du système de financement des dépenses de santé.

## Une tradition ancestrale d'innovations en santé

L'aptitude à modifier notre relation à l'environnement grâce à l'innovation est une caractéristique profondément humaine et innée, appartenant à toutes les civilisations et à toutes les cultures. Les plus anciennes civilisations ont gardé des traces d'activité médicale comme le montrent les bas-reliefs de temples en Haute-Égypte représentant des instruments médicaux. Voici des millénaires que l'innovation biomédicale est ancrée au plus profond des besoins humains.

Cette longue histoire de l'innovation médicale s'explique en partie par la théorie de la motivation humaine d'Abraham Maslow (1). Juste après les besoins physiologiques de base (nourriture, eau), viennent ceux de sécurité et de santé. Cette hiérarchie des besoins humains éclaire la priorité donnée au secteur médical dans la transmission des innovations de générations en générations dans toutes les civilisations.

Si la capacité d'innover et la présence d'innovateurs sont également distribuées à travers les sociétés, comment expliquer les importantes variations de répartition des sciences et des innovations entre les différentes sociétés ? Certaines civilisations ayant gagné puis perdu leur capacité d'innover, cette dernière n'est pas intrinsèquement liée aux sociétés. Il faut en déduire que c'est la qualité de l'environnement qui conditionne l'atteinte et le maintien d'un haut niveau d'innovation. Ce qui est vrai à l'échelle de la société l'est aussi à l'échelle individuelle.

## Les principes de base de l'économie de l'innovation

Le premier théoricien de l'économie de l'innovation a été Joseph Schumpeter (2) au début du XX<sup>ème</sup> siècle qui a opposé à la vision de l'économie stationnaire une analyse dynamique de l'évolution (et de la croissance économique) avec en son centre l'entrepreneur-innovateur. Il a distingué l'innovation

### Correspondance :

Frédéric Bizard

*Économiste - Sciences Po Paris*

E-mail : frederic.bizard@sciences-po.org

Disponible en ligne sur [www.acad-chirurgie.fr](http://www.acad-chirurgie.fr)

1634-0647 - © 2016 Académie nationale de chirurgie. Tous droits réservés.

DOI : 10.14607/emem.2016.4.037

de l'invention et montré son caractère destructeur (concept de destruction créatrice). L'accumulation de capital n'est donc pas le seul moteur du développement économique, qui est avant tout issu de nouvelles combinaisons productives entre le capital et le travail.

La modélisation de cette croissance économique par l'innovation ne sera réalisée que dans les années 80 par les économistes Howitt et Aghion (3). Ils conçoivent le modèle schumpétérien de la croissance qui repose sur trois principes :

- La croissance de long terme repose sur l'innovation. Il faut du progrès technique pour apporter de l'innovation. Les pays les plus innovants sont les plus dynamiques sur le long terme. L'accumulation de capital ne suffit pas. Les pays qui se contentent de faire du rattrapage technologique s'essouffent sur le long terme. Philippe Aghion parle du paradoxe argentin (4). En 1890, l'Argentine a un niveau de PIB par habitant d'environ 40 % du PIB des États-Unis, équivalent à celui du Japon et trois fois plus élevé que celui du Brésil. L'Argentine maintient ce niveau jusque dans les années 30, puis va décrocher ensuite de 0,21 % chaque année. L'explication est que l'Argentine a suivi des politiques favorisant la croissance par l'accumulation du capital et le rattrapage économique. Ce pays n'a pas su faire évoluer ses institutions pour devenir une économie innovante. Or, il a été démontré (5) que plus un pays se développe - c'est-à-dire se rapproche de la frontière technologique - plus c'est l'innovation « à la frontière » qui devient le moteur de la croissance et prend le relais de l'accumulation du capital et du rattrapage technologique. Il en va des firmes comme des pays. Les firmes proches de la frontière technologique vont innover davantage pour échapper à la concurrence, alors que les firmes « en rattrapage » vont être découragées par la concurrence. C'est ainsi que l'effet de la concurrence sur l'innovation et la croissance prend la forme d'un « U » inversé qui synthétise ces deux effets opposés : l'effet positif de la concurrence sur l'innovation dans les firmes situées à la frontière technologique, et son effet négatif sur les firmes en rattrapage.
- L'environnement est la clef de voûte du succès. La politique menée par les États - accès et qualité de l'enseignement supérieur, incitations fiscales à l'investissement en R & D, infrastructures, droits des brevets - a un impact majeur sur la capacité du pays à innover.
- La destruction créatrice : L'innovation est un processus conflictuel puisque le nouveau remplace l'ancien. L'innovation va créer des rentes, qui seront temporaires sous réserve de ne pas empêcher l'arrivée de nouveaux entrants.

Outre la production de cette innovation, il faut permettre sa diffusion, ce qui passe par des mécanismes de financement nouveaux. La diffusion des médicaments et de la clean tech dans les pays en voie de développement en est un exemple. La diffusion des médicaments innovants pour l'hépatite C et les cancers dans les pays développés en est un autre. La capacité de diffusion des innovations conditionne les nouveaux investissements en R & D et donc la survie des cycles de l'innovation.

## Une phase sans précédent d'innovations en santé

La confluence de plusieurs révolutions - nanotechnologies, biotechnologies, internet, sciences cognitives (NBIC) - va transformer le secteur de la santé à court, moyen et long terme. À court terme, le numérique permet de rendre les systèmes de santé plus efficaces et rend l'individu plus autonome dans son parcours santé. La transformation numérique combine des effets d'automatisation, de dématérialisation et de désintermédiation. Derrière l'automatisation se jouent les effets d'accroissement de performance dans l'emploi des facteurs de production (productivité du travail, du capital, de

l'énergie et des matières premières). En santé, elle se traduira par la concentration de l'activité des médecins sur les tâches à forte valeur ajoutée et une meilleure utilisation des ressources humaines et financières à l'hôpital.

La dématérialisation permet la substitution de processus matériels à base d'atomes par des procédés immatériels à base de « bits ». Elle permet une baisse des coûts de production et de transactions. Les bénéfices économiques du traitement des grands flux de données (big data) sont évalués pour le secteur de la santé à 300 milliards de dollars annuels rien qu'aux USA. Accélération de l'innovation pour une médecine plus personnalisée, amélioration de la prise de décision, meilleure productivité et efficacité : autant de gains substantiels pour l'efficacité de notre système de santé.

La désintermédiation réorganise la chaîne de valeur et le rôle joué par les personnes qui ne se considèrent plus seulement comme des producteurs ou des consommateurs mais comme des acteurs. En santé, cela rend possible ce qui est nécessaire pour une gestion efficace de santé, la prise de pouvoir de l'usager (empowerment) dans cette gestion.

Combinés, ces effets auront un impact probablement supérieur sur la richesse des nations à celui qu'ont eu les précédentes révolutions industrielles (6).

Le retard français dans l'intégration du numérique (à l'hôpital comme en ville) est une des raisons de la perte d'efficacité de notre système de santé. Ce retard est le résultat de politiques publiques qui n'ont pas pris la dimension du virage numérique d'une part et de l'absence de refondation de notre système de santé permettant d'intégrer ces innovations d'autre part.

Prioriser l'innovation dans les politiques de santé revient à favoriser la concurrence entre les acteurs, à permettre une juste valorisation des produits innovants, à prioriser leur financement à celui des produits moins innovants, à faciliter l'accès à l'information santé (données personnelles, performances des offreurs de soins, données pharmaceutiques, données de prévention...) pour tout usager, à accélérer la destruction créatrice... L'évolution du système de santé français depuis 20 ans va à l'encontre de cette logique. Les différentes réformes proposées (1996, 2004, 2009, 2015) visent à concentrer davantage dans les mains de l'État la gouvernance (étatisation) et à réduire l'autonomie des offreurs de soins. La loi de 2002 allait dans le bon sens mais à donner des droits aux usagers sans les moyens de les exercer en pratique. Elle ne se traduira en progrès pour les citoyens que lorsque les innovations numériques (dossier médical personnel numérique, site internet personnalisé 3.0...) seront devenues réalité pour chacun de ces citoyens.

C'est une erreur stratégique qu'il convient de corriger urgemment. En effet, le succès de notre système de santé au XX<sup>ème</sup> siècle a été basé sur un système qui s'appuyait davantage sur des acteurs non étatiques et avec une forte responsabilisation des offreurs de soins, en contrepartie d'une certaine autonomie. C'est ce qui a permis de favoriser un accès large aux soins sur tout le territoire et une qualité de très haut niveau. Cette dernière caractéristique a été rendue possible par la constitution d'une institution centrée sur l'excellence et la recherche (les centres hospitalo-universitaires) d'une part et par un système concurrentiel public-privé à l'hôpital qui favorisait la diffusion de cette innovation d'autre part. Avec un CHU qui fait plus de soins de proximité que d'excellence et un service public hospitalier confiné au secteur public, on a freiné la capacité d'innovation du système.

## Besoin d'une véritable innovation sociale et politique

Outre l'hyper révolution technologique (NBIC), notre système de santé fait face à une transition démographique et épidémiologique majeure. Le vieillissement de la population - avec

les plus de 65 ans qui vont représenter 27 % en 2040 contre 17 % en 2010 - va fortement augmenter la demande potentielle en services de santé. La chronicisation des pathologies renforce la pression financière sur le système. Elle transforme surtout le modèle de gestion du risque en santé, allongeant la durée de ce risque. L'évolution d'un risque court vers un risque long est valable pour la plupart des risques sociaux (chômage, retraite) et appelle à une refondation de la protection sociale. Cette refondation nécessite de passer d'un système État-Providence où l'utilisateur est passif et dépendant à un système de « démocratie sociale directe » où l'assuré est actif et autonome. Cela ne signifie pas que l'État se retire de cette protection sociale mais que son rôle évolue sensiblement (7). Les dirigeants de notre pays ne sont pas restés inactifs face à ces transformations de notre environnement mais ils n'ont pas pris l'ampleur des réponses à apporter. En santé comme pour les retraites, les réformes apportées ont été essentiellement paramétriques, comptables. On a plutôt prolongé le passé que préparé l'avenir. L'avenir ne peut s'envisager qu'avec une nouvelle approche par rapport à celle de 1945. En bref, il faut passer du soin à la santé, d'une approche curative à une approche holistique de la santé. La politique du XX<sup>ème</sup> siècle était fondée sur l'accès aux soins, celle du XXI<sup>ème</sup> siècle le sera sur l'accès à la santé avec deux axes : le maintien en bonne santé et l'accès aux meilleurs soins aux meilleurs coûts. Cette nouvelle politique de santé est à décliner sur l'ensemble des composantes du système (4). Elle intégrera l'ensemble des acteurs existants, sous réserve que chacun d'entre eux réalise leur propre adaptation au nouvel environnement. La réforme de la composante financement est la clé de voûte pour réussir le changement en général et la diffusion des innovations en particulier.

## Nouveau paradigme de l'innovation médicale

Sans innovation, notre système de santé solidaire n'est pas soutenable à moyen terme. La hausse sensible des personnes souffrant d'affections de longue durée (qui devraient passer de 10 millions en 2015 à 13,3 millions en 2025) dans un système centré sur le curatif conduira à une incapacité de financer les progrès médicaux pour tous. Le changement de paradigme de l'innovation médicale conduit à appréhender les pathologies le plus tôt possible dans leur développement, voire à les prévenir grâce aux progrès de la génomique. La nouvelle politique de santé exposée dans cet article permettra de repousser le déclenchement des pathologies ce qui sera source d'économies massives. On voit bien que le basculement de la gestion du risque santé de l'aval du risque (après le déclenchement de la maladie) vers l'amont du risque (avant le déclenchement) est la solution pour rendre pérenne notre système de santé solidaire. Cette solution n'est possible que si notre société fait preuve d'innovation sociale et politique et si toutes les autres formes d'innovations - technologiques, procédurales, organisationnelles - sont rendues disponibles et diffusées massivement.

## Références

1. Abraham Maslow, Théorie de la motivation humaine, Article de 1943.
2. Joseph Schumpeter, Théorie de l'évolution économique, Dalloz, 1999.
3. Peter Howitt et Philippe Aghion, L'économie de la croissance, Economica, 2010.
4. Discours inaugural de Philippe Aghion au Collège de France (N° 256) - Repenser la croissance économique - 1er Octobre 2015.
5. Acemoglu D, Aghion P, Zilibotti F. Distance to frontier, selection and economic growth » - Journal of the European Economic Association. 2006;4:37-74.
6. Voir pour plus de détails Jérémy Rifkin. « La nouvelle société coût marginal zéro. L'internet des objets », les éditions qui libèrent, 2014.
7. Bizard Frédéric, Politique de santé : réussir le changement, Dunod, 2015.

# Les transplants diaphyso-épiphysaires de fibula vascularisée pour la reconstruction des os longs chez l'enfant, après résection tumorale

## Free Vascularized Fibula Graft after in Bloc Resection of the Long Bones in the Children

MA Germain [1], J Dubousset [2], E Mascard [2], MC Missana [1]

1. Institut Gustave Roussy Villejuif - 114, rue Edouard Vaillant - 94805 Villejuif Cedex.

2. Hôpital Saint Vincent de Paul - Avenue Denfert Rochereau - 75014 Paris.

### Mots clés

- ◆ Autogreffe
- ◆ Transplantation os
- ◆ Fibula
- ◆ Humerus
- ◆ Radius
- ◆ Cubitus
- ◆ Fémur
- ◆ Tibia
- ◆ Chirurgie reconstructrice
- ◆ Microchirurgie
- ◆ Osteosarcome
- ◆ Enfant

### Résumé

**But** : Préciser l'intérêt des transplants diaphyso-épiphysaires de fibula vascularisée pour la reconstruction des os longs des membres chez l'enfant après résection tumorale.

**Anatomie** : La fibula a une double vascularisation : le pédicule tibial antérieur pour l'épiphyse (cartilage de croissance et surface articulaire) et le pédicule fibulaire pour la diaphyse. C'est ce long transplant vascularisé que nous avons utilisé avec ses deux pédicules. Ceux-ci nécessiteront une double revascularisation. L'artère tibiale antérieure doit être obligatoirement reconstruite par un pontage veineux saphène.

**Patients** : Entre 1985 et 2009, chez l'enfant (4 à 17 ans), après résection tumorale, 82 membres ont été reconstruits par transplants de fibula vascularisée, associée à une ostéosynthèse interne. (Ostéosarcome n=54, sarcome d'Ewing n=27, pseudarthrose congénitale : n=1).

**Les os concernés** : Humerus : 16, Radius : 9, Fémur : 44, Tibia : 13. Chez ces enfants, la diaphyse de fibula, l'épiphyse avec cartilage de croissance, le cartilage articulaire, ont été utilisés. La diaphyse de fibula a été associée à une allogreffe osseuse dans n=6 cas (la fibula vascularisée était placée à l'intérieur de l'allogreffe osseuse). Chez l'enfant, il est indispensable, après prélèvement, de reconstruire la fibula avec une broche et une baguette de tibia homolatérale pour éviter le valgus de la cheville.

La revascularisation s'est effectuée sur deux pédicules vasculaires du membre reconstruit.

**Résultats** : Aucun décès post-opératoire. La reconstruction des membres supérieurs et du tibia a été suivie par une seule fracture. La croissance de l'épiphyse transplantée est réelle et visualisée sur radiographies comparatives.

Les reconstructions du fémur ont été suivies de nombreuses complications (fracture de la fibula qui consolide spontanément car vascularisée, retard de consolidation, pseudarthrose, déviation axiale, raccourcissement).

Les résultats fonctionnels ont été évalués selon la classification d'Enneking et nos résultats sont compris entre 21 et 30 points, sur un maximum de 30.

Pour cette raison, depuis 12 ans, pour la reconstruction du fémur, nous associons la fibula vascularisée à une allogreffe osseuse ; celle-ci a un rôle mécanique, puis se résorbe partiellement et la fibula s'épaissit et consolide.

Des complications bénignes au site donneur ont été observées : valgus, parésie du nerf sciatique poplité externe transitoire, griffe de l'hallux, nécessitant souvent une correction.

Un cas de récurrence a nécessité une désarticulation du membre.

En cas de sarcome osseux, la survie des enfants à 5 ans est de 70 % en raison de la survenue de métastases pulmonaires.

**Conclusion** : Nos résultats confirment les avantages du transplant vascularisé de fibula pour la reconstruction des os longs chez l'enfant : il s'agit d'un matériel biologique, et le résultat est définitif. Pour la reconstruction du fémur, l'adjonction d'une allogreffe permet de limiter les complications mécaniques.

L'intérêt de ce transplant est majeur : il permet de reconstruire de longues pertes de substance (supérieures à 8 cm) en apportant un os long, un cartilage de croissance et un cartilage articulaire permettant aux enfants de reprendre une bonne qualité de vie.

Dans l'avenir, l'association de la fibula vascularisée aux cellules souches ostéoformatrices et à une matrice semble être intéressante, puis peut-être l'imprimante 3D.

### Correspondance :

Michel Germain  
8, rue Charles Marie Widor - 75016 Paris.  
E-mail : m.a.germain@orange.fr

### Keywords

- ◆ Transplantation auto-logue
- ◆ Bone transplantation
- ◆ Fibula
- ◆ Humerus
- ◆ Radius
- ◆ Ulna
- ◆ Femur
- ◆ Microsurgery
- ◆ Reconstruction
- ◆ Plastic surgery
- ◆ Osteosarcoma
- ◆ Child

### Abstract

**Patients:** Limb salvage surgery is the standard care for most malignant tumors affecting the extremities in the child. Vascularized fibula transfer is the most microsurgical option to reconstruct long-bone defects. Between 1985 and 2009, eighty two children with intractable diseases of the limbs were treated using free vascularized fibula grafts. There were boys (n=54) and girls (n=28). Age: 4 to 17 years (mean=11). The reconstructed sites were the humerus (=16), the radius (n=9) femur (n=44) tibia (n=13). After the resection of the sarcoma, the length of the bone defect ranged from 12 to 35 cm (mean: 22 cm). Etiology was: osteo sarcoma n=54, sarcoma of Ewing n=27. One girl 4, 5 years old with congenital pseudo arthrosis of radius and cubitus had a resection and reconstruction with a U shaped vascularized fibular transplant.

**Results:** No post-operative death. One local recurrence necessitated amputation of the limb. Complications were numerous especially for the femur: fracture of the grafted fibula, necessity of additional bone grafts, malunion (delayed consolidation) needed reoperation, pseudo arthrosis, ankle valgus, radial inclination necessitated reoperation. The mean period required to obtain radiographic bone union was 5 months. The functional results of the patients were evaluated according to the scale of Enneking. The results in our série ranged from 21 to 30 points. These results are regard to pain, emotional acceptance, manual dexterity.

The vascularized fibula grafts are indicated specially in children with long bone defects more than 8 cm. The future will be probably vascularized fibular graft associated with stem cells and matrix.

La possibilité de guérison est le progrès le plus remarquable dans le traitement des sarcomes des os longs chez l'enfant. Aussi, ni l'abstention thérapeutique, ni l'amputation ne sont tolérables.

Les pertes de substance des os longs après résection pour sarcome chez l'enfant sont un sujet préoccupant qui pose des difficultés importantes de reconstruction.

De multiples techniques ont été autrefois proposées : elles donnent un taux d'échec important car il s'agit de longues pertes de substance osseuse supérieures à 8 cm.

Les techniques suivantes ont été utilisées : traitement orthopédique, clou centromédullaire, fixateur externe, technique d'Ilizarov, méthode de Papineau, prothèses. Les allogreffes donnent de bons résultats immédiats mais elles ne se réhabilitent jamais. A long terme, il existe des fractures, des infections, des pseudarthroses : les résultats sont insuffisants.

L'idée d'utiliser la fibula autologue sans revascularisation pour reconstruire le tibia date de 1905 et fut utilisé par Huntington, mais l'os ne s'épaississait pas, car non vascularisé. Les premiers cas rapportés dans la littérature de l'utilisation d'un transplant de fibula vascularisé étaient réalisés par Ueba en 1973 (1,2) puis par Taylor en 1975. En France, Alain Gilbert en 1991 (3) a décrit la voie d'abord externe de la fibula, utilisée ensuite par Henri Judet (4) et Christophe Mathoulin, (5) et décrit par Hidalgo pour la mandibule (6). Cette voie d'abord est actuellement universellement reconnue.

## Anatomie

Il est indispensable de rappeler l'anatomie de la vascularisation de la fibula. Classiquement, pour le prélèvement de la fibula, il fallait respecter l'épiphyse supérieure et l'épiphyse inférieure. S'il faut respecter cette dernière en raison de la mortaise de cheville, l'épiphyse supérieure peut être prélevée, bien sûr en réparant le ligament latéral externe du genou.

Cette épiphyse est particulièrement intéressante car elle comporte le cartilage de croissance et la surface articulaire de la tête de la fibula, ce qui permet la croissance et la reconstruction d'une articulation.

L'épiphyse de la fibula est vascularisée par l'artère tibiale antérieure qui donne habituellement deux branches à l'épiphyse supérieure : les artères géniculaires antérieure et postérieure.

Après prélèvement, il est indispensable de reconstruire l'artère tibiale antérieure par un pontage et nous utilisons généralement un segment de veine saphène, facile à prélever.

L'artère fibulaire naît du tronc tibio-péronier : elle vascularise la diaphyse. Elle a une double destination : l'artère centrale de la fibula qui pénètre l'os à mi-hauteur de celui-ci, et les multiples branches périostées (Fig 1).

L'artère tibiale antérieure est inconstante : elle est absente dans 4 % des cas. Aussi avant prélèvement de fibula, il est recommandé de réaliser un écho-doppler à 3 niveaux de la jambe, pour préciser sa vascularisation. En effet, le prélèvement de la fibula sacrifie l'artère fibulaire, et il ne resterait alors que l'artère tibiale postérieure pour vasculariser la jambe. C'est insuffisant.

## Patients et méthodes

Notre série regroupe 82 enfants traités pour sarcomes des os longs. Ils ont été soignés initialement par chimiothérapie à l'Institut Gustave Roussy puis opérés dans le service de chirurgie d'enfants à l'Hôpital Saint-Vincent de Paul à Paris entre 1985 et 2009 (7). Il en est de même pour les chirurgiens ORL (8).

## Patients

Les enfants de cette série sont âgés de 4 à 17 ans (moyenne 11 ans). Sexe : 54 garçons et 28 filles.

Quatre-vingt-deux membres ont été reconstruits par transplants de fibula vascularisée, associée à une ostéosynthèse interne. (Ostéosarcome n=54, sarcome d'Ewing n=27, un cas de pseudarthrose congénitale des 2 os de l'avant-bras).

Les os longs concernés sont : Humerus : 16, Radius : 9, Femur : 44, Tibia : 13. Le côté gauche des enfants était trois fois plus souvent atteint que le côté droit. Certains enfants avaient été opérés jusqu'à sept fois. Chez ces enfants, la diaphyse de fibula, l'épiphyse avec cartilage de croissance et le cartilage articulaire ont été utilisés. En cas de lésion du fémur, la diaphyse fibulaire a été associée à une allogreffe osseuse dans n=6 cas (la fibula était placée à l'intérieur de l'allogreffe osseuse, après élargissement du canal médullaire). Chez l'enfant et avant la fin de croissance, il est indispensable, après prélèvement, de reconstruire la fibula avec une broche de Kirchner et une baguette de tibia homolatérale donc non vascularisée, pour éviter le valgus de la cheville : la fibula se reconstruit.

Pour les sarcomes, le délai entre le diagnostic, l'exérèse faite au même moment que la reconstruction par fibula vascularisée était en moyenne de 3,5 mois avec des extrêmes de 3 mois à 9 ans. Ce délai correspond en général à la chimiothérapie préopératoire. Les longs délais étaient liés à des reconstructions multiples antérieures par des prothèses ou du ciment, suivies d'échecs, puis suivis de fibula vascularisée. Avant décision opératoire, une artériographie des membres inférieurs a été réalisée pour rechercher une compression voire un envahissement veineux par la tumeur, et elle permettait de préciser la vascularisation de la fibula.

Le nombre d'interventions antérieures avant le transplant de fibula était compris entre 0 et 7.

La longueur de la perte de substance osseuse, après la résection de la tumeur était comprise entre 35 et 11 cm avec une moyenne de 22 cm. Une palette cutanée vascularisée a été associée à la fibula dans trois cas pour reconstruire l'avant-bras. Il n'a pas été utilisé de palette pour le fémur en raison de la profondeur de la reconstruction.

Il faut signaler que la reconstruction de l'humerus pose une difficulté fonctionnelle majeure au niveau de l'épaule, et après la croissance du transplant fibulaire, une arthroïdèse de l'épaule a permis de donner une bonne stabilité à celle-ci, bien sûr au prix d'une raideur.

### Méthodes

La biopsie des tumeurs est indispensable avant toute décision thérapeutique. La chimiothérapie préopératoire en cas de sarcome a un rôle fondamental. En cas de sarcome, une artériographie des 2 membres inférieurs était réalisée. Elle précisait la vascularisation de la tumeur et celle de la fibula.

### Technique

L'exérèse des sarcomes osseux obéit aux règles carcinologiques. La chimiothérapie préopératoire permet d'encapsuler la tumeur, ce qui facilite l'exérèse. L'IRM préopératoire confirme ce phénomène. L'exérèse puis la reconstruction par fibula vascularisée se font dans le même temps opératoire. Précisons que les premiers cas ont été reconstruits d'abord par prothèse ou ciment puis par fibula dans un deuxième temps.

Les interventions étaient toujours réalisées à deux équipes entraînées. En cas de sarcome du fémur, la fibula était prélevée du même côté afin de n'opérer qu'un seul membre.

- Les voies d'abord.

L'installation des enfants était toujours en décubitus dorsal sur table ordinaire. Les voies d'abord des sarcomes du fémur étaient doubles : interne pour disséquer les vaisseaux, externe pour l'exérèse en bloc de la tumeur et réaliser l'ostéosynthèse. L'examen Doppler permet de repérer les pédicules cutanés issus de l'artère fibulaire : ces points sont notés au crayon dermographique et seront utiles pour délimiter la palette cutanée qui peut être prélevée avec la fibula.

-Le prélèvement de la fibula se fait par voie externe, selon la technique décrite par Alain Gilbert (3).

Après incision longitudinale à la face externe de la jambe : peau, puis aponévrose jambière, on sépare les muscles : extenseur commun et court péronier latéral. Puis désinsertion des muscles extenseur commun, péronier latéral, long péronier latéral puis fléchisseur propre, en veillant à laisser une fine lamelle de muscle autour de la fibula, de façon à préserver les vaisseaux périostés qui vascularisent la fibula.

La fibula est ainsi exposée. Après repérage de la longueur nécessaire d'os, la fibula est contournée par une rugine à sa partie distale, de façon à ne pas blesser les vaisseaux fibulaires. La fibula est sectionnée à la scie pneumatique en protégeant ces vaisseaux. De même proximale, l'os est contourné et protégé par la rugine. L'os est sectionné. La fibula a alors une certaine mobilité, car les faces externe et interne ont été libérées.

Distalement, le pédicule fibulaire est repéré et sectionné entre ligature. La fibula est alors soulevée avec douceur et séparée du fléchisseur propre en conservant toujours une fine épaisseur de muscle. Les vaisseaux fibulaires sont situés à la face profonde de la fibula comme le montre la Figure 1. La dissection est poursuivie jusqu'à la partie proximale de la fibula. Au tiers supérieur de l'os siège l'origine du pédicule fibulaire. Il existe deux veines et une artère. Chaque élément est disséqué et lié du côté proximal. Du côté distal un clamp

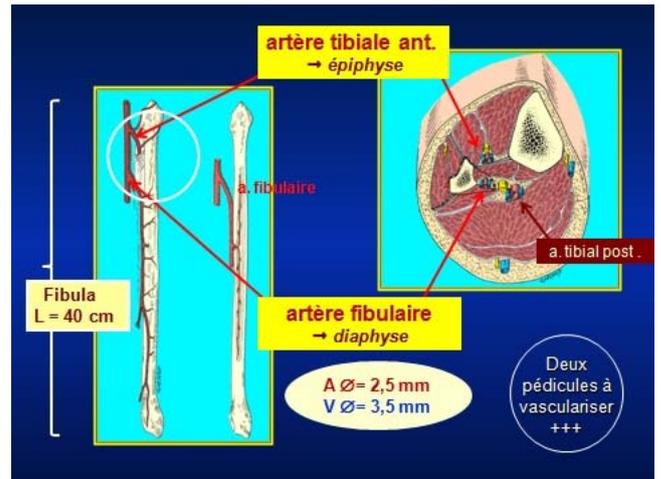


Figure 1. Anatomie de la vascularisation de la fibula avec deux pédicules : art. tibiale ant. Et art. fibulaire.

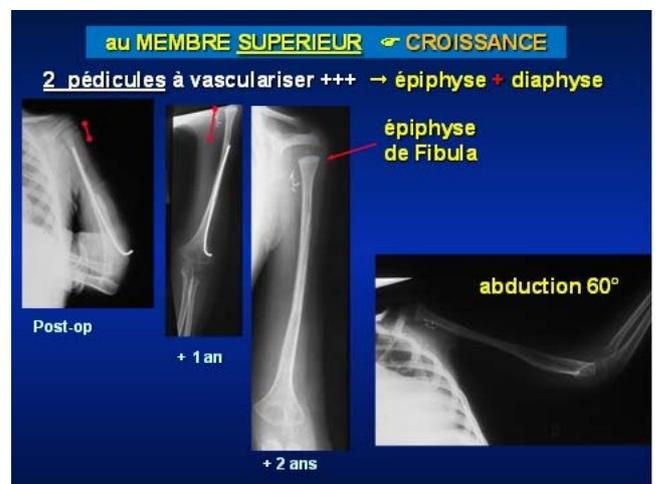


Figure 2. La croissance du transplant vascularisé de fibula est une réalité, grâce au cartilage de croissance. Radiographies de l'humerus : post-op et à 2 ans.

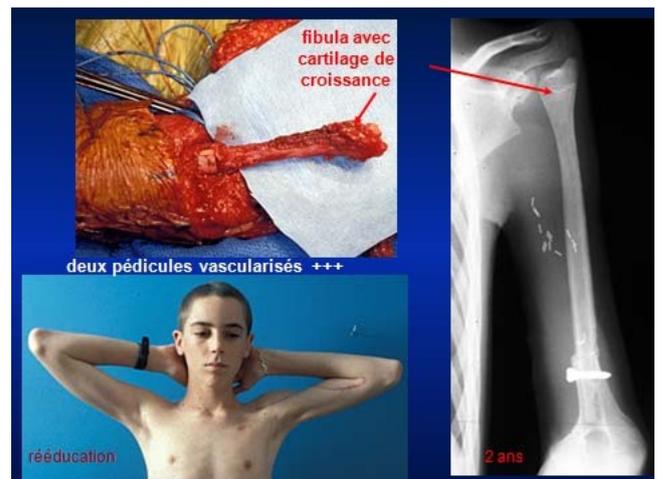


Figure 3. Transplant de fibula avec le cartilage de croissance et la surface articulaire, pour reconstruire l'humerus. La rééducation permet une mobilité normale.



Figure 4. La difficulté fonctionnelle pour la reconstruction de l'humérus nous a amené après la croissance à réaliser une arthrodèse de l'épaule, pour la stabiliser. La mobilité de l'épaule se fait au niveau scapulo-thoracique.



Figure 5. Reconstruction de l'humérus par fibula vascularisée. Restitution de l'humérus à deux ans : radios et résultat fonctionnel à 2 ans.



Figure 6. Pseudarthrose congénitale des 2 os de l'avant-bras : reconstruction par transplant de fibula vascularisée en U. Radiographies pré-op, post-op et résultat à deux ans. L'artériographie pré-op montre l'intégrité des axes vasculaires.

est appliqué. Le transplant de fibula est libre. Il sera utilisé tel quel, rectiligne.

Lorsqu'une palette cutanée est nécessaire, elle sera prélevée en bloc avec la fibula avec laquelle elle partage la même vascularisation.

-Le prélèvement de l'épiphyse supérieure de fibula associé à la diaphyse.

La technique est la même que précédemment. L'incision cutanée est poursuivie au-delà de la tête fibulaire. Celle-ci est libérée. Le nerf sciatique poplité externe est repéré, libéré avec douceur : il contourne le col de la fibula. Le ligament latéral externe est désinséré de la tête de la fibula. Il sera réinséré sur l'extrémité supérieure du tibia. De même le ligament péronéo-tibial supérieur est sectionné. Les vaisseaux géniculaires qui vascularisent l'extrémité supérieure de la fibula sont libérés dans une atmosphère graisseuse jusqu'à l'artère tibiale antérieure. Un segment de 2 cm de cette artère et de la veine adjacente est prélevé. Ils seront branchés sur les vaisseaux receveurs. Le prélèvement est terminé. L'artère tibiale antérieure est obligatoirement reconstruite par un pontage : le greffon de veine saphène est facile à utiliser.

-Pour la reconstruction fémorale, les vaisseaux de revascularisation de la fibula ont été : les vaisseaux fémoraux profonds en termino-terminal, les vaisseaux fémoraux superficiels par l'intermédiaire de greffons veineux, les vaisseaux perforants. La veine fibulaire a toujours été revascularisée, en plus de l'artère fibulaire. Il faut signaler les difficultés pour disséquer ces petits vaisseaux, en particulier après des interventions antérieures et une éventuelle radiothérapie. Le microscope opératoire est nécessaire chez l'enfant, et le fil utilisé pour les microsutures est du 9 ou 10-0.

-Les ostéosynthèses du membre opéré ont été réalisées par un matériel interne : plaque vissée, broche centromédullaire, vis. (9,10). En effet, les patients ayant un sarcome recevaient aussi une chimiothérapie postopératoire, et il fallait absolument éviter une porte d'entrée microbienne telle que les fixateurs externes. De plus l'ostéosynthèse interne est plus stable que les fixateurs externes.

-La reconstruction de la fibula prélevée est nécessaire si l'enfant n'a pas terminé sa croissance, pour prévenir le valgus de la cheville. Une broche de Kirchner est placée en va-et-vient entre les deux extrémités de fibula. La perte de substance de la fibula est comblée par une baguette de tibia de longueur équivalente, prélevée par une voie d'abord interne séparée, du côté homolatéral. Elle n'est pas vascularisée. La baguette de tibia est fixée à la broche de Kirchner à l'aide de suture de fil résorbable. Ensuite, une néo-fibula se reconstruit chez l'enfant en quelques semaines. Lorsque la fibula est prélevée très bas, au niveau des ligaments péronéo-tibiaux, une vis de syndesmose péronéo-tibiale est placée pour éviter la déformation en valgus.

Les anastomoses microchirurgicales artérielles et veineuses sont réalisées après la fixation du transplant de fibula, de façon à le stabiliser. Ces anastomoses sont termino-terminales et peuvent nécessiter un pontage vasculaire avec un greffon veineux. Le microscope opératoire ou les lunettes grossissantes sont un apport majeur.

-Pour les reconstructions du fémur et pour éviter les complications mécaniques, nous avons utilisé une allogreffe de fémur (n= 6). L'allogreffe osseuse était forée dans le canal centro-médullaire pour l'élargir. Une fenêtre était pratiquée à sa partie supérieure pour sortir le pédicule de la fibula (Fig 15). Le transplant de fibula était placé à l'intérieur de l'allogreffe et le pédicule vasculaire extériorisé par la fenêtre. L'ostéosynthèse était pratiquée par plaque (Fig 16) et le pédicule vasculaire fibulaire était revascularisé.

## Surveillance

La surveillance postopératoire des transplants demeure difficile.

En pratique la radiographie du membre opéré a été réalisée de face et de profil. Les deux critères de vitalité du transplant de fibula sont l'épaississement et l'apparition de cals osseux aux deux extrémités. Il faut signaler la difficulté d'interpréter les radios en raison du volume des plaques.

L'appui partiel est autorisé après l'apparition du cal osseux. L'appui total est permis après l'hypertrophie du transplant de fibula. La vitalité de la palette cutanée utilisée au membre supérieur a un intérêt limité dans le temps. L'examen Doppler à trois niveaux du membre est utile pour vérifier la perméabilité des axes vasculaires. L'examen Doppler per-opératoire est également intéressant. L'artériographie et l'angiographie numérisée sont intéressantes mais ne sont pas des examens répétitifs. La scintigraphie est réalisée après la chimiothérapie pour vérifier la vitalité du transplant et éliminer d'éventuelles autres localisations de sarcome. La radiographie des poumons est indispensable aux troisième, sixième mois postopératoires éventuellement complétée par un scanner thoracique pour détecter les métastases pulmonaires. Elle sera ensuite réalisée annuellement.

La chimiothérapie pré et postopératoire dépend du type histologique. Seuls les sarcomes d'Ewing sont radiosensibles. Toutefois nous n'avons pas utilisé la radiothérapie postopératoire, craignant pour la vitalité du transplant.

L'évaluation fonctionnelle des transplants a été réalisée quantitativement selon le protocole testé en 1989 par la « Musculo Skeletal Tumor Society » (MSTS) et adopté par « l'International Symposium on Limb Salvage » (ISOLS) décrit par Enneking (11).

Ce système donne une valeur numérique de 0 à 5 pour chacune des six catégories : douleur, fonction, acceptation émotionnelle, déplacement de la main, adresse manuelle, force motrice. L'intérêt de ce système est de faciliter les études comparatives des reconstructions tumorales osseuses (4).

## Résultats

Aucun décès immédiat n'a été observé.

Le recul de notre série de transplants vascularisés de fibula est de plus de 7 ans, les interventions étant réalisées entre 1985 et 2009. Il faut préciser que deux enfants avaient eu une résection de sarcome en 1983 et 1990 avec à l'époque une reconstruction initiale par prothèse.

Après transplant de fibula vascularisée, la consolidation s'est faite entre le 4ème et le 14ème mois, avec une moyenne de 9 mois (Fig 2,3).

La qualité de l'ostéosynthèse est un facteur décisif de réussite et de rapidité de la consolidation. De même l'apport de greffons corticaux spongieux initiaux active la consolidation.

Plusieurs complications ont été observées. Une complication fréquente est la fracture du transplant de fibula (un quart de nos patients). Ces fractures sont constatées lorsqu'un long transplant de fibula est utilisé. Ces fractures sont indolores car la fibula n'est pas innervée. Elles peuvent donc passer inaperçues. Elles ont été détectées par suite d'une déformation du membre. Ces fractures ont toutes consolidé après traitement orthopédique (immobilisation plâtrée), car la fibula est vascularisée, entraînant un épaississement et un cal de la fibula. Le valgus de cheville a nécessité une ré intervention avec correction et épiphysiodèse par vis. Les retards de consolidation ont nécessité des greffons cortico-spongieux autologues prélevés au niveau de la crête iliaque, suivis de consolidation. La reconstruction de l'extrémité supérieure de l'humérus pose des difficultés fonctionnelles importantes, en raison des différences de surface des cartilages articulaires : une glène importante et une petite surface articulaire de

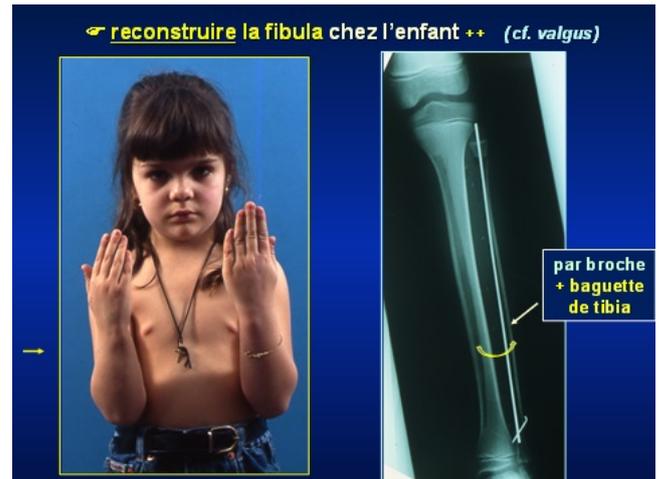


Figure 7. Résultat fonctionnel après reconstruction des 2 os de l'avant-bras. Nécessité chez l'enfant de reconstruire la fibula par une broche et une baguette de tibia homolatérale après prélèvement de la fibula.



Figure 8. Reconstruction du radius par transplant de fibula vascularisée avec palette cutanée, nécessaire à l'avant-bras pour fermer la peau.



Figure 9. Sarcome de l'extrémité supérieure du fémur. Exérèse carcinologique. Reconstruction de l'extrémité supérieure du fémur par transplant de fibula vascularisée. Radiographie post-op à 6 mois : consolidation et épaississement.



Figure 10. Résultat de reconstruction du fémur par transplant de fibula vascularisée : consolidation, épaissement, croissance (radiomensurations).

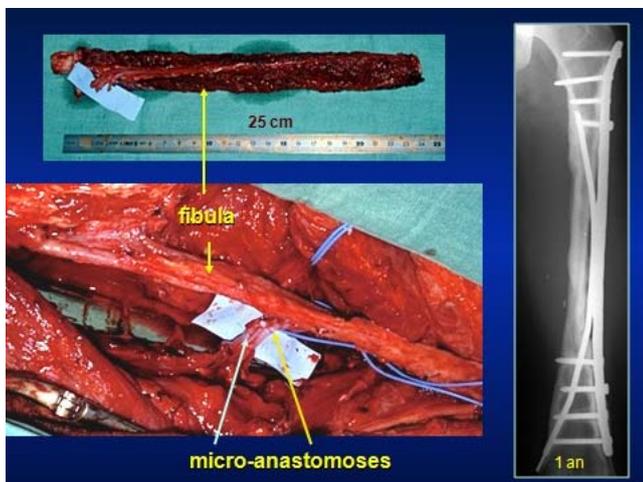


Figure 11. Reconstruction du fémur par transplant de fibula vascularisée : le transplant de 25 cm, les microanastomoses vasculaires. Radiographie à 1 an : consolidation et épaissement



Figure 12. Reconstruction du fémur par transplant vascularisé de fibula. Résultat à 2 ans : réfection du fémur. Les nombreuses cicatrices post-op : 2 au fémur, 2 à la jambe, 1 iliaque pour prélèvement de cartilage.

l'épiphyse fibulaire. La solution que nous avons adoptée après la croissance, est de réaliser une arthrodeuse de l'épaule (Fig 4). Cela donne une bonne stabilité à l'épaule. La mobilité de l'épaule vient alors des mouvements permis entre l'omoplate et la cage thoracique (Fig 5,6,7,8). La griffe du premier orteil est due à la désinsertion de l'extenseur propre du gros orteil et nécessite parfois une correction. En cas de raccourcissement du membre opéré, les solutions retenues sont : après l'âge de 20 ans allonger le transplant de fibula, ou bien à cet âge, raccourcir le membre de l'autre côté.

Le fémur (n=44) est la grande difficulté technique avec un nombre important de complications dont : retard de consolidation n=8, fracture n=10, déviation axiale n=6. Un traitement adapté a été réalisé.

Les pontages vasculaires réalisés ont été contrôlés par examen Doppler, en particulier pour la reconstruction de l'artère tibiale antérieure, et dans un cas de l'artère fémorale (Fig 9,10,11,12).

Au niveau du site donneur, nous avons observé des complications : les paralysies du nerf sciatique poplitée externe (n=4) ont été transitoires, le valgus de cheville (n=8) a nécessité une correction, la griffe du premier orteil (n=7) a souvent obligé à un geste local.

Ces chiffres de complications sont rapportés avec objectivité et rigueur et ne doivent pas pénaliser la méthode. Beaucoup de ces complications sont bénignes, dont les fractures.

Tous les enfants opérés ont repris l'école.

Le système d'évaluation adopté par le MSTs et ISOLS donne une valeur numérique comprise entre 0 et 5 pour chacune des six catégories. Les enfants opérés dans notre série et évalués avaient un résultat fonctionnel situé entre 21 et 30 (Fig 13).

Dans notre série, la survie à cinq ans est de 70 %. Les décès étaient dus à des métastases pulmonaires. Dans un cas de récidive du sarcome au niveau du fémur, nous avons dû pratiquer une désarticulation du membre inférieur.

Faut-il opérer ces enfants atteints de sarcomes osseux, après une chimiothérapie efficace, même lorsque l'IRM montre la disparition du sarcome ? La réponse est oui, sinon la récurrence est constante (12).

## Discussion

### Avantages

La technique conserve le membre opéré et la fonction, ce qui est primordial. Elle évite l'amputation.

Les séries de reconstruction du membre inférieur par fibula vascularisée sont nombreuses. Elles sont rares pour le membre supérieur.

Le greffon osseux idéal est un os vivant, vascularisé, autologue, qui reste organisé, ne se résorbe pas et donne une hypertrophie permettant d'augmenter sa solidité. C'est un matériel biologique. Le résultat est définitif.

Le transplant de fibula vascularisée répond à ces objectifs. C'est le seul matériel qui se brise et consolide spontanément avec un simple traitement orthopédique, car il est vascularisé. Les avantages sont une réalisation de cals osseux à chaque extrémité permettant la consolidation, une hypertrophie et une croissance.

La fixation de la fibula vascularisée à ses deux extrémités et l'association de greffons osseux corticaux spongieux d'emblée fournissent le taux de consolidation le plus rapide.

La préférence du transplant vascularisé de fibula par rapport aux autres greffons vascularisés (côte iliaque, côte scapulaire, côte, baguette de radius) tient à un avantage majeur : la configuration longitudinale et corticale de l'os permet de reconstruire de longues pertes de substance des os longs. L'anatomie vasculaire de la fibula permet un abord chirurgical simple et le prélèvement simultané d'une palette cutanée

vascularisée et de muscle (m. soléaire) (13). La longueur disponible de fibula est de 30 cm. Le cartilage articulaire de l'épiphyse peut être prélevé et utilisé pour la reconstruction de l'articulation, spécialement pour l'humérus et le fémur. Le résultat final est certes long à obtenir : 2 ans, mais il est définitif et les enfants reprennent une vie normale, avec une bonne qualité de vie.

La localisation humérale supérieure est une des plus difficiles à reconstruire sur le plan fonctionnel : le transplant vascularisé de fibula avec la tête fibulaire et sa surface articulaire offre une solution originale.

Que dire des autres techniques ? La période d'euphorie des prothèses, des arthroplasties, des allogreffes, de la technique d'Ilizarov, n'a pas répondu aux espoirs, et la technique de la fibula est une solution séduisante (14).

Jean Dubouset, sur une série de 29 cas d'allogreffes osseuses après résection pour tumeurs malignes des os longs démontre que les allogreffes intercalaires ne sont jamais réhabilitées : si les suites immédiates sont souvent simples, les complications secondaires sont nombreuses : fractures, pseudarthroses, infection qui surviennent tardivement entre la 3<sup>e</sup> et la 6<sup>e</sup> année. Il en est de même des allogreffes manchonnant une prothèse : l'allogreffe osseuse se comporte comme un séquestre. Seul le manchon périphérique est vivant (7). En effet, les allogreffes osseuses ont leurs complications spécifiques : résorption et infection

Pour améliorer les résultats de la reconstruction fémorale, en particulier pour éviter les complications mécaniques telles que les fractures, l'avenir est peut-être d'associer à la fibula vascularisée des substituts osseux tels que les cellules souches ostéoformatrices avec des biomatériaux. Comparée à d'autres techniques, telles que les prothèses et malgré les progrès, la fibula est une technique peu coûteuse. Les résultats obtenus avec le transplant libre vascularisé de fibula sont définitifs. C'est une méthode sûre de reconstruction après exérèse de tumeurs des os longs. Les complications bénignes pour les reconstructions du fémur ont une fréquence élevée, mais elles sont relativement faciles à corriger.

Les deux critères de succès de la fibula vascularisée chez l'enfant sont l'épaississement du transplant et le cal osseux à chaque extrémité.

Afin d'améliorer le taux et la rapidité de consolidation du transplant de fibula vascularisée, nous formulons plusieurs recommandations :

- La solidité de l'ostéosynthèse du membre doit être excellente,
- La fixation de la fibula vascularisée est nécessaire à ses deux extrémités,
- Une greffe corticale spongieuse autologue associée aux 2 extrémités de la fibula accélère la consolidation,
- Les microanastomoses vasculaires doivent être excellentes,
- La couverture cutanée doit être de bonne qualité (Fig 8), éventuellement permise par l'apport d'une palette cutanée. Il s'agit d'os autologue sans aucun risque d'apporter une maladie virale et sans risque de rejet.

**Inconvénients**

Il s'agit d'une chirurgie minutieuse, difficile, souvent de longue durée ;

La dissection des pédicules vasculaires receveurs est parfois difficile surtout lors des ré interventions, et après radiothérapie. Un pontage vasculaire avec un greffon veineux est alors parfois nécessaire (Fig 14,15,16). La microchirurgie est nécessaire.

Toutefois pour la reconstruction des os longs du membre supérieur, il est possible d'opérer à deux équipes : exérèse tumorale et prélèvement de la fibula, simultanément.

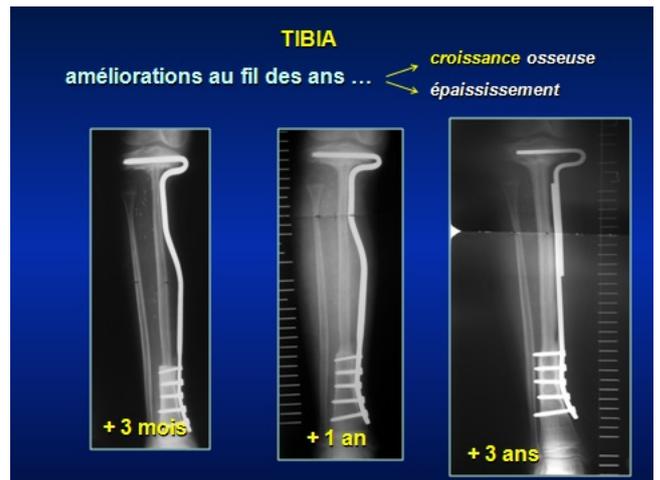


Figure 13. Reconstruction du tibia par transplant de fibula vascularisée : consolidation, épaississement, croissance. Résultat à 3 ans.

Figure 14. La reconstruction du fémur est une difficulté majeure en raison des nombreuses complications. Que faire ? Utiliser une baguette de tibia (peu efficace), deux fibula (intervention longue), ou fibula avec allogreffe pour éviter les fractures (notre solution)... Le futur est peut-être les cellules souches associées à une matrice.

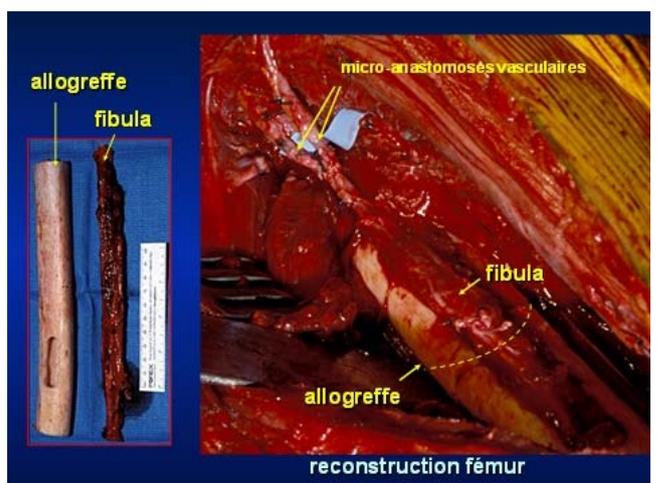


Figure 15. Reconstruction du fémur par transplant de fibula vascularisée, introduit dans une allogreffe, pour éviter les fractures.



Figure 16. Reconstruction du fémur par transplant vascularisé de fibula, introduit dans une allogreffe osseuse. Noter la résorption partielle de l'allogreffe, qui permet l'épaississement et la consolidation de la fibula à 2 ans.

Les complications de cette chirurgie, souvent mineures, sont nombreuses, dominées par la fracture du transplant de fibula, mais consolidant spontanément en donnant un cal osseux.

### Indications

La technique décrite pour la reconstruction des os longs est séduisante car le résultat est définitif et les avantages sont très nombreux. Il faut toutefois la réserver aux pertes de substance des os longs supérieurs à 8 cm. L'ostéosynthèse doit être solide. La possibilité d'utiliser la tête de fibula avec une surface articulaire et le cartilage de croissance vascularisés permet de reconstruire la fonction articulaire et d'obtenir une croissance du membre.

### Conclusion

Le transplant de fibula vascularisée est un apport majeur : le résultat est définitif, car il s'agit de matériau biologique. La reconstruction des os longs des membres chez l'enfant par fibula vascularisée permet une hospitalisation courte, une consolidation rapide et une reprise de l'activité des enfants car elle conserve le membre et la fonction. La technique est peu coûteuse par rapport aux autres techniques. La possibilité d'utiliser la fibula vascularisée avec l'épiphyse supérieure comportant une facette articulaire et le cartilage de croissance la rend particulièrement adaptée à la reconstruction des os longs des membres chez l'enfant.

Cette technique améliore la qualité de vie des enfants. Elle implique une excellente coordination pluridisciplinaire : médecins oncologues, radiothérapeutes, chirurgiens, radiologues, généticiens.

Le futur pour reconstruire les os longs est peut-être la fibula vascularisée, associée à des cellules souches ostéoformatrices avec des biomatériaux qui servent de matrice. Et puis il faut envisager la reconstruction par imprimante 3D... (15)

### Références

1. Ueba Y, Fujikawa S. Nine years follow-up of a vascularized fibular graft in neurofibromatosis. A case report and literature reviews. *Trauma. Surg.* 1983;26:595-605.
2. Weiland AJ, Daniel RK, Riley LH. Application of the free vascularized bone graft in the treatment of malignant or aggressive tumors. *Johns Hopkins Med J.* 1977;140: 85-96.
3. Gilbert A. Free vascularized bone grafts. *Int. Surg.* 1981;66:27-31.
4. Judet H, Gilbert A, Mathoulin C, Judet J, Judet T, Siguier M, Brumpt B. Reconstruction des pertes de substances osseuses des membres par transfert libre de péroné vascularisé. *Chirurgie.* 1991;117:469-77.
5. Mathoulin C, Gilbert A, Judet H, Judet T, Siguier M, Brumpt B. Transfert libre de fibula vascularisé dans les pseudarthroses et pertes de substance fémorale. *Rev. Chir. Orthop.* 1993;79:492-9.
6. Hidalgo DA. Fibula free flap: a new method of mandible reconstruction. *Plast Reconstruct Surg.* 1989;84:71-79.
7. Dubouset J, Missenard G. Allogreffes osseuses et résection pour tumeurs malignes au niveau des membres inférieurs. *Acta Orthop. Belg.* 1991;57:90-7.
8. Leclere FM, Bosc R, Temam S, Leymarie N, et al. Reconstruction of large mandibulofacial defects with the composed double skin paddle fibula free flap: a review of 32 procedures. *Laryngoscope.* 2014;124:1336-43.
9. Germain MA, Mascard E, Dubouset J, Missana MC, Bonvalot S. Reconstruction des os longs chez l'enfant par fibula vascularisée après résection tumorale-notre évolution. *E-Mem Acad Natle Chir.* 2007;5(1):1-6.
10. Germain MA, Dubouset J, Mascard E, Missenard G, Kalifa C. Reconstruction of long bones with free vascularized fibula after resection for sarcoma in the child. *Bull. Acad. Natle. Med.* 1996;180:1125-45.
11. Enneking WF, Dunham W, Gebhardt MC, Malawak M, Pritchard DJ. A system for functional evaluation of reconstructive procedures after surgical treatment of tumor of the musculo skeletal system. *Clinical Orthopaedics and Related Research.* 1993;286:241-6.
12. Iorio ML, Cheerharan M, Olding M. A systemic review and pooled analysis of peroneal artery perforators for fibula osteo-cutaneous and perforator flaps. *Plast Reconstruct Surg* 2012;130:600-7.
13. Yu PY, Chang EI, Hanassono MM. Design of a retable skin paddle for the fibula osteo cutaneous flap: perforator anatomy revisited. *Plast Reconstruct Surg* 2011;128:440-6.
14. Lykoudis EG, Koutsouris M, Lyhissas MG. Vascular anatomy of the integument of the lateral lower leg: an anatomical study focused on cutaneous perforators and their clinical importance. *Plast Reconstruct Surg* 2011;128:188-98.
15. Eweids AM, Nabawi AS, Elhammad HA, et al Axially vascularized bone substitutes: a systematic review of literature and presentation of a novel model. *Arch Orthop Trauma Surg* 2012;132:1353-62.

# Symétrisation immédiate au cours de la reconstruction mammaire unilatérale différée par DIEP

## Simultaneous Contralateral Breast Symmetry Procedure with Unilateral Breast Reconstruction using DIEP Flaps

J Pauchot, D Feuvrier, M Panouillères, T Bayti, I Pluvy, Y Tropet

*Service de chirurgie orthopédique, traumatologique, plastique, esthétique et reconstructrice, assistance main - CHU Jean Minjoz - Besançon.*

### Mots clés

- ◆ Reconstruction mammaire
- ◆ Cancer du sein
- ◆ Réduction mammaire
- ◆ Anesthésie générale
- ◆ Lambeau libre

### Résumé

**Introduction :** Au décours d'une reconstruction mammaire unilatérale, un geste de symétrisation est souvent proposé au niveau du sein contralatéral. Nous présentons l'intérêt de la réalisation de la symétrisation immédiate au décours d'une reconstruction unilatérale différée par DIEP.

**Méthode :** 33 patientes consécutives, d'âge moyen 52,1 ans, ont bénéficié d'une reconstruction mammaire différée unilatérale par DIEP avec symétrisation immédiate et 2 patientes d'une symétrisation différée. Une reconstruction mammaire en un temps correspond à une reconstruction mammaire avec une seule anesthésie générale sans exclure les possibilités de retouche sous anesthésie locale.

**Résultats :** 24 patients (73 %) ont eu une reconstruction mammaire en un temps et 7 patients (24 %) ont dû avoir recours à une anesthésie générale supplémentaire et 1 patient à deux anesthésies générales supplémentaires. Dans 4 cas, une anesthésie générale était liée à une complication. La durée opératoire moyenne était de 485 minutes.

**Conclusion :** Lorsque la symétrisation est envisagée au décours d'une reconstruction mammaire unilatérale par DIEP, la symétrisation immédiate permet d'éviter une seconde anesthésie générale dans plus de 70 % des cas.

### Keywords

- ◆ Breast surgery
- ◆ Breast cancer
- ◆ Mammoplasty
- ◆ General anesthesia
- ◆ Free flap

### Abstract

**Background:** After unilateral breast reconstruction, a procedure on the contralateral breast is often needed to achieve symmetry. We present a single surgeon's experience with performing contralateral symmetry procedures simultaneously with DIEP flap.

**Methods:** We evaluated 33 consecutive patients (mean age, 52.1 years) who underwent DIEP flap unilateral breast reconstruction and a simultaneous contralateral breast procedure performed and 2 patients with delayed contralateral symmetry procedures. A single-stage breast cancer reconstruction is successful if after the original reconstruction, no correction for revision of breast mound, or contralateral breast procedures are performed, under general anesthetic, to complete the reconstruction.

**Results:** In 24 patients (73%), breast reconstruction was completed after a single stage with one general anesthetic, and in 8 patients (24 %), revisions were performed with two general anesthetic (7 patients) and three general anesthetic in one case. Reconstructions requiring more than one general anesthetic were due to 4 of 39 (10%) postoperative complications. Mean operating time was 485 minutes.

**Conclusions:** For patients who need contralateral reduction mammoplasty or mastopexy for symmetry, performing these procedures and breast reconstruction simultaneously facilitates single-stage breast reconstruction in most patients.

La reconstruction mammaire fait partie intégrante du traitement du cancer du sein. Elle intervient en même temps que la chirurgie du cancer (reconstruction mammaire immédiate) ou après mastectomie (reconstruction mammaire différée). Dans tous les cas, la symétrisation mammaire au décours des reconstructions unilatérales différées est souvent pratiquée afin d'améliorer le résultat. Alors que la reconstruction par lambeau perforant abdominal aux dépens du pédicule épigastrique inférieur profond DIEP (Deep Inferior Epigastric Perforator) permet très souvent l'apport d'un volume suffisant en un temps opératoire, la symétrisation est souvent réalisée

dans un deuxième temps, imposant alors une deuxième intervention sous anesthésie générale (AG).

Le but de ce travail est d'évaluer l'intérêt de la symétrisation immédiate lors d'une reconstruction mammaire différée (RMD) unilatérale par DIEP.

### Matériel et méthode

Il s'agit d'une étude rétrospective unicentrique d'une série consécutive de patientes ayant bénéficié d'une symétrisation

### Correspondance :

*Julien Pauchot, Service de chirurgie orthopédique, traumatologique, plastique, esthétique et reconstructrice, assistance main - CHU Jean Minjoz - 3, Boulevard A. Fleming - 25030 Besançon. EA 4268 - IFR 133 INSERM I4S - Pôle Innovation et Technique Chirurgicale - CHU Jean Minjoz - Besançon. Université de Franche-Comté. Tél : 03 81 66 82 85 / E-mail : julien.pauchot@gmail.com*

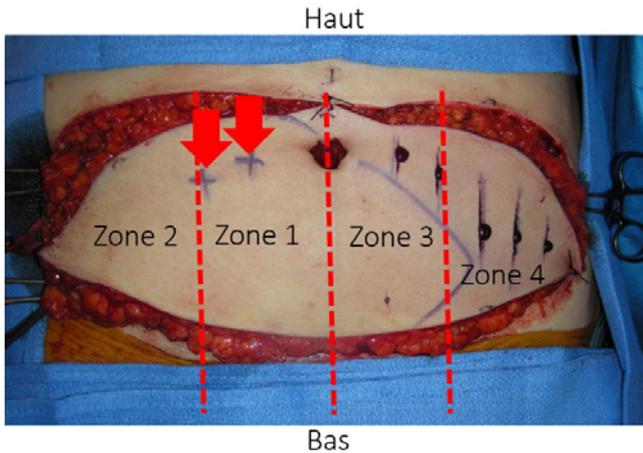


Figure 1 : Répartition des zones abdominales selon la classification de Holm pour des perforantes (flèches) latérales. Noter le saignement veineux des zones 3 et 4 scarifiées.

immédiate par réduction mammaire ou par cure de ptose mammaire au décours d'une RMD par DIEP par un même opérateur (auteur correspondant de l'article) après mastectomie pour cancer du sein. Toutes les patientes incluses avaient leur reconstruction finalisée.

L'indication de symétrisation était posée selon les souhaits de la patiente et sur la confrontation à l'examen clinique entre le volume abdominal et du sein restant.

La chirurgie était réalisée à une ou deux équipes. En plus de l'information classique concernant la technique du DIEP, la patiente était informée de la possibilité de ne pas réaliser le geste de symétrisation en cas de difficulté technique.

Le recueil de donnée a porté sur le nombre d'AG, la durée opératoire de la première intervention, la stratégie microchirurgicale, le nombre d'équipe chirurgicale, le nombre d'anesthésie locale (AL), les interventions secondaires réalisées et les complications ont été relevés.

## Résultats

Quarante-deux lambeaux DIEP ont été réalisés en RMD après mastectomie totale entre août 2009 et décembre 2014. La répartition des patientes était la suivante :

- trente-trois patientes ont bénéficié d'une symétrisation immédiate ;
- six patientes n'ont pas bénéficié d'une symétrisation immédiate ;
- une patiente a bénéficié d'une reconstruction bilatérale par DIEP ;
- un échec de DIEP unilatéral.

Toutes les patientes avaient bénéficié d'un repérage préopératoire des vaisseaux perforants abdominaux par Imagerie par Résonance Magnétique suite à nos travaux (1, 2). Une à trois perforantes étaient prélevées en privilégiant des perforantes médiales, de gros calibre, à trajet intramusculaire court et alignées verticalement. Les patientes bénéficiaient d'une anticoagulation préventive par héparine de bas poids moléculaire et de bas de contention à compression pneumatique intermittente en post-opératoire jusqu'au premier lever autorisé à 48h après écho doppler veineux des membres inférieurs normal. Les zones prélevées au niveau de l'abdomen correspondaient à la totalité de la zone II et les trois quarts des zones III de Hartrampf en cas de perforante médiale ou de Holm (3) en cas de perforante latérale. Ces zones correspondent à une segmentation verticale du lambeau abdominal en 4 zones de vascularisation décroissante. La zone 1 est toujours en regard du muscle traversé par la perforante. La zone 2 est la zone adjacente à la zone 1 la mieux vascularisée après la zone 1. Elle correspond à la zone en regard du muscle controlatéral lorsque la perforante est médiale (classification d'Hartrampf) ou à la zone en dehors de la zone 1 lorsque la perforante est latérale (classification de Holm) (Fig 1, 2). La technique de réduction mammaire était une technique à pédicule supérieur inspirée de la technique de Pitanguy (résection glandulaire centrale en quille de bateau avec adossement des piliers latéraux). La ptose mammaire était définie par une résection cutanée pure. La reconstruction de la plaque aréolo-mamelonnaire (PAM) était réalisée selon la technique du pochoir décrite dans le service (Fig 3) (4).

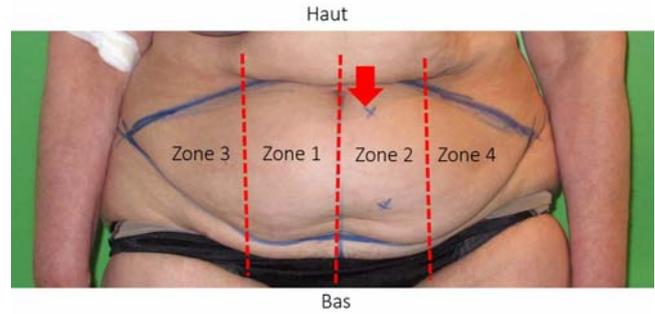


Figure 2 : Répartition des zones abdominales selon la classification de Hartrampf pour des perforantes (flèche) médiales.



Figure 3 : Tatouage selon la technique du pochoir.

laire et de bas de contention à compression pneumatique intermittente en post-opératoire jusqu'au premier lever autorisé à 48h après écho doppler veineux des membres inférieurs normal. Les zones prélevées au niveau de l'abdomen correspondaient à la totalité de la zone II et les trois quarts des zones III de Hartrampf en cas de perforante médiale ou de Holm (3) en cas de perforante latérale. Ces zones correspondent à une segmentation verticale du lambeau abdominal en 4 zones de vascularisation décroissante. La zone 1 est toujours en regard du muscle traversé par la perforante. La zone 2 est la zone adjacente à la zone 1 la mieux vascularisée après la zone 1. Elle correspond à la zone en regard du muscle controlatéral lorsque la perforante est médiale (classification d'Hartrampf) ou à la zone en dehors de la zone 1 lorsque la perforante est latérale (classification de Holm) (Fig 1, 2). La technique de réduction mammaire était une technique à pédicule supérieur inspirée de la technique de Pitanguy (résection glandulaire centrale en quille de bateau avec adossement des piliers latéraux). La ptose mammaire était définie par une résection cutanée pure. La reconstruction de la plaque aréolo-mamelonnaire (PAM) était réalisée selon la technique du pochoir décrite dans le service (Fig 3) (4).

COMPLICATIONS	EFFECTIF
<b>SEIN RECONSTRUIT</b>	
Echec complet	1
Nécrose partielle	1
Thrombose veineuse	1
Hématome compressif	1
Abcès	1
<b>SITE DONNEUR ABDOMINAL</b>	
Nécrose abdominale partielle	1
Déhiscence de la paroi abdominale	2

Tableau 1 : Complications au niveau du sein reconstruit et au niveau de l'abdomen sur les 42 lambeaux réalisés.

Tableau 2 : répartition des gestes associés sur les 33 patientes ayant bénéficié d'une symétrisation immédiate. (AG : anesthésie générale).

	UNE AG	DEUX AG	TROIS AG
<b>Nombre de patientes</b>	24	8	1
Ptose mammaire	7		
Réduction mammaire	17	3	
Injection de graisse dans le lambeau		7	1
<b>Nombre de patientes avec une seule AL</b>	<b>22</b>	<b>8</b>	<b>1</b>
<b>Nombre de patientes avec deux AL</b>	<b>2</b>		
Reconstruction PAM isolée	8	8	
Reconstruction PAM et geste associé	16		1



Figure 4 : Vue préopératoire d'une patiente de 59 kg pour 1,67m, 95 cm de tour de poitrine et bonnet de soutien-gorge B.

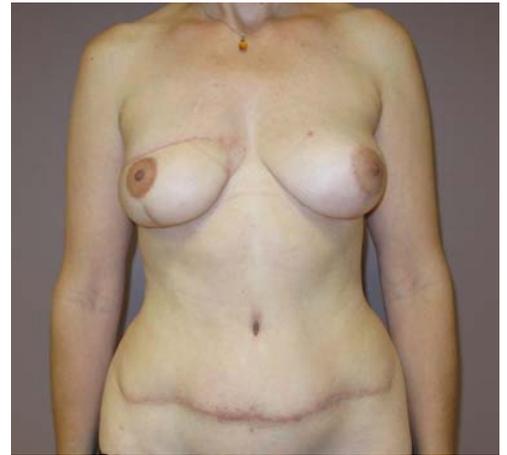


Figure 5 : Résultat après reconstruction mammaire différée par DIEP et symétrisation immédiate par résection glandulaire de 45 g. pas d'autre retouche que la reconstruction de la PAM sous AL.

Concernant la technique opératoire, le site receveur microchirurgical était toujours mammaire interne en première intention avec un abord des vaisseaux sans résection de côte dans 27 cas. Un site receveur alternatif a dû être recherché dans deux cas, au niveau axillaire et au niveau du pédicule acromiothoracique. Le coupleur (Coupler™, Synovis®, Micro Companies Alliance Inc, Birmingham, Grande-Bretagne) a été utilisé à 3 reprises pour la veine épigastrique inférieure superficielle. Le nombre de perforante prélevé par lambeau était de un dans 23 lambeaux, deux dans 17 lambeaux, trois dans deux lambeaux. Il s'agit d'un système mécanique permettant l'anastomose des vaisseaux de de 0,8mm à 4,3 mm de diamètre lors des procédures de microchirurgie. Une anastomose veineuse était réalisée dans 29 cas, deux anastomoses veineuses dans 13 cas avec deuxième suture veineuse au dépens de la veine mammaire interne distale (un cas), d'une deuxième veine mammaire interne comitante (six cas), d'une perforante de la veine mammaire interne (un cas), entre la veine céphalique et la veine épigastrique inférieure superficielle (cinq cas).

Sur les 41 patientes, quatre ont dû avoir une nouvelle AG en dehors de toute symétrisation pour thrombose veineuse sur plicature du vaisseau (un cas), pour nécrose partielle secondaire à une erreur technique (arrachement de la perforante de plus gros calibre sur un lambeau à deux perforantes) (un cas), hématome compressif (un cas), nécrose abdominale chez une patiente fumeuse (un cas) (Tableau 1). Parmi les complications, on notait un abcès au niveau du sein reconstruit traité sous AL, une déhiscence de la paroi abdominale chez deux patientes. Aucun cas de cytotéatonecrose n'était retrouvé et aucune complication n'a été rapportée en relation avec la symétrisation.

Concernant les 33 patientes ayant bénéficié d'une symétrisation immédiate, le poids moyen était de 68 kg (52-88), le BMI de 25,7 kg/m<sup>2</sup> (21,1-31,9). 13 patientes avaient un bonnet de soutien-gorge B (Fig 4, 5), 9 patientes un bonnet C, 10 patientes un bonnet D (Fig 6-8). La moyenne d'âge était de 52,1 ans (34-68).

Sur les 33 patientes, 24 (73 %) n'ont eu qu'une seule hospitalisation avec AG mais trois ont dû être réopérées au décours de leur hospitalisation pour complication précoce (un hématome compressif, une nécrose partielle, une thrombose veineuse sur plicature du vaisseau). Le geste de symétrisation consistait en une cure de ptose mammaire chez sept patientes et une réduction mammaire chez 17 patientes avec un poids de résection glandulaire moyen de 229 g (47-580). Sur les 24 patientes, la reconstruction mammaire était finalisée au décours d'une AL chez 22 patientes et deux AL chez deux patientes. En dehors de la reconstruction de la PAM, les gestes réalisés consistaient en sept liposuccions de lambeau, deux reprises de cicatrice au niveau du DIEP, sept reprises de cicatrice abdominale, trois injections de graisse au niveau du sein reconstruit avec prélèvement de graisse dans le lambeau et un volume moyen injecté de 11 cm<sup>3</sup> (8-15). Huit patientes n'ont pas eu d'autres gestes que la reconstruction de la PAM (Tableau 2).

Parmi ces 33 patientes, la reconstruction mammaire avait nécessité une AG supplémentaire chez huit patientes (24 %) associée à un geste sous AL chez sept patientes et une patiente (3 %) avait bénéficié de deux AG supplémentaires et une AL. Il a été réalisé au cours de ces AG supplémentaires un complément de réduction mammaire chez trois patientes (poids moyen de résection 53 g (9-123)), une augmentation du volume du lambeau par injection de graisse chez sept pa-



Figure 6 : Vue préopératoire d'une patiente de 74 kg pour 1,68m, 95 cm de tour de poitrine et bonnet de soutien-gorge D.



Figure 7 : Retouches sous AL avec reprise de la cicatrice au niveau de la partie interne du lambeau et refexion des plaques aréolo-mamelonnaires.



Figure 8 : Résultat après reconstruction mammaire différée par DIEP et symétrisation immédiate par résection glandulaire de 454 g et retouche sous AL.

tientes avec un volume moyen de graisse injecté par séance de 255 cm<sup>3</sup> (100-400) associée à une réduction mammaire dans deux cas. Parmi ces patientes, deux patientes ont bénéficié d'un traitement concomitant de la déhiscence de la paroi abdominale. La durée opératoire moyenne de la première intervention pour les 33 patientes était de 485 minutes (305-700). L'intervention était réalisée à deux équipes dans 23 cas et à une équipe (un sénior et un à deux internes) dans dix cas. Concernant les six patientes n'ayant pas bénéficié de symétrisation dans le même temps opératoire, le poids moyen était de 67,8 kg (53-78), le BMI de 24,9 kg/m<sup>2</sup> (21-32,1). Trois patientes avaient un bonnet B et trois patientes un bonnet C. La moyenne d'âge était de 48,7 ans (42-65). La durée opératoire moyenne était de 561 minutes (441-660). La symétrisation immédiate n'avait pas été réalisée car elle n'a pas été jugée nécessaire dans deux cas, deux patientes avaient déjà bénéficié d'une réduction mammaire et deux patientes avaient eu une symétrisation dans un second temps dont la première patiente de la série où la symétrisation immédiate n'avait pas été envisagée et une autre patiente où la symétrisation n'avait pas été réalisée en raison de difficultés microchirurgicales. Pour ces deux dernières patientes, la reconstruction était donc finalisée au décours d'une AG et d'une AL supplémentaires. L'intervention était réalisée à deux équipes dans trois cas et à une équipe dans trois cas.

## Discussion

Les techniques de reconstruction autologues offrent des taux de satisfaction supérieurs aux reconstructions par prothèse. Elles font appel aux injections de graisse et aux lambeaux. Les avantages des lambeaux sont de pouvoir apporter une quantité tissulaire importante en une seule opération indépendamment de la qualité du site receveur. Elles impliquent une rançon cicatricielle qui peut parfois être perçue comme bénéfique, en particulier en cas de prélèvement au niveau abdominal. Les lambeaux prélevés aux dépens de l'abdomen sont vascularisés par les perforantes du pédicule épigastrique inférieur profond (DIEP) mais peuvent également être vascularisés de manière inconstante par le pédicule épigastrique inférieur superficiel (SIEA) dont la dissection a l'avantage de préserver l'intégrité de la paroi abdominale.

La reconstruction mammaire par DIEP est exigeante sur le plan technique et organisationnel mais trouve sa justification dans un taux de satisfaction élevé (5) avec possibilité de retrouver une qualité de vie comparable à une population témoin (6) bien que la rançon cicatricielle abdominale ne soit toujours parfaitement acceptée (7). La symétrisation est également un facteur important de satisfaction (8) mais le souci de réduire la durée opératoire et l'attente de la stabilisation du sein reconstruit expliquent probablement la tendance à réaliser le geste de symétrisation dans un deuxième temps (9).

L'indication de symétrisation est multifactorielle : souhait de la patiente, volume du lambeau abdominal, volume du sein controlatéral, technique de reconstruction (10), moment de la reconstruction (plus fréquent en reconstruction mammaire différée qu'en reconstruction mammaire immédiate (11-13), culturel, chirurgical. Dans notre série, la symétrisation a ainsi été réalisée chez 35 patientes sur les 39 reconstructions unilatérales soit dans près de 90 % des cas dont 33 (85 %) en symétrisation immédiate. Des taux de symétrisation moindres sont rapportés par Laporta et al. et Huang et al. avec respectivement 14 et 25 % (14, 15). La revue de la littérature sur la symétrisation immédiate au décours d'une reconstruction mammaire par lambeau abdominal retrouve des séries de 22 patientes (15), 31 patientes (14) et 77 patientes (16).

La symétrisation immédiate présente plusieurs avantages : possibilité d'éviter une deuxième AG, simplification de la chirurgie secondaire, diminution de la taille du lambeau, inté-

rêt économique et psychologique avec amélioration de la qualité de vie par rapport à la symétrisation différée (17). Ces avantages sont tels que certains auteurs ont défini le concept de « single stage breast reconstruction procedure » qui correspond à une reconstruction mammaire avec une seule AG sans exclure les possibilités de retouche sous AL (18). Ce concept permet ainsi d'éviter une seconde AG dans 75,9 % (18) à 87 % (10) des reconstructions mammaires autologues à très nette prédominance de lambeau abdominal. En excluant les reprises pour complications, ce taux est de 73 % dans notre série où 24 patientes sur 33 n'ont eu recours qu'à une seule AG pour leur reconstruction avec des volumes mammaires jugés symétriques chez 14 des 23 patientes (61 %) avec simple reconstruction de la PAM sous AL. Lorsque le lambeau était plus gros que le sein controlatéral, les retouches étaient accessibles à l'AL par liposuction chez sept patientes (21 % de la série). Haykal et al. retrouve un volume excessif du lambeau abdominal dans 7,6 % de ces reconstructions et 53,3 % des patientes n'ont pas de retouche sous AL (18). Lorsque le lambeau est plus petit que le sein controlatéral, les retouches nécessitent le recours à l'AG (27 % des patientes de notre série) avec injection de graisse (lipofilling) isolée du lambeau dans cinq cas et association réduction mammaire et injection de graisse dans le lambeau dans deux cas. Smith et al. rapporte un taux comparable de seconde AG chez 24 % de ses reconstructions autologues (10) alors qu'Haykal et al. rapporte le recours à une seconde AG après symétrisation immédiate chez seulement 8,6 % de ses reconstructions autologues par lambeau libre abdominal (18). Le taux d'AG supplémentaire sans rapport avec la symétrisation de notre série (10 %) est comparable avec celui de ce dernier auteur qui est de 12,8 % (18).

Aucune complication n'est rapportée dans notre série en rapport avec le geste de symétrisation. Smith et al. rapporte un taux de complication de 1 % sur une série de 102 patientes avec un poids de résection moyen de 340 g, poids de résection supérieur à celui de notre série (228 g) (10). Outre une morbidité faible, la réduction mammaire permet également d'éviter de surdimensionner le lambeau (10) tout en étant compatible avec un volume suffisant puisque 26 patientes (79 %) n'ont pas eu d'augmentation de volume secondaire du lambeau. Ceci peut contribuer à expliquer l'absence de cytotéonécrose constatée dans notre série en dehors du cas de nécrose secondaire à une erreur technique. La taille du lambeau est un facteur de risque de nécrose partielle connu (19, 20) mais d'autres facteurs interviennent comme le nombre de perforante (19) et la qualité du retour veineux (21). Ainsi, dans notre série, 19 lambeaux sur les 42 ont plus d'une perforante (45 %) et deux anastomoses veineuses étaient réalisées dans 13 cas sur 42 (30 %).

La symétrisation immédiate s'accompagne inévitablement d'un allongement de la durée opératoire qui est lié au geste au niveau du sein controlatéral mais également aux inévitables ajustements au niveau du lambeau et/ou du sein en fin d'intervention. Le temps de symétrisation peut être optimisé à deux équipes, en particulier lorsqu'il est réalisé du côté opposé à la dissection des vaisseaux perforants. Par contre, lorsqu'il est réalisé après dissection des vaisseaux receveurs et que l'on constate des difficultés microchirurgicales, il convient de ne pas réaliser la symétrisation et que la patiente ait été informée de cette éventualité (un cas dans notre série). Smith et al. évalue la durée du geste sur le sein natif entre 20 et 30 minutes (10). Dans notre série, la durée opératoire moyenne des patientes ayant bénéficié d'une symétrisation immédiate est de 485 minutes (305-700). Elle est supérieure à la durée opératoire des premiers DIEP sans symétrisation immédiate des séries évaluant la courbe d'apprentissage avec un temps proche de 400 minutes pour Marchac et al. et Bodin et al. (22, 23). Des durées opératoires moyennes avec symétrisation immédiate de 400 et 300 minutes sont rapportées respectivement par Chang et al. (16) et Laporta et al. (14), ce

dernier auteur bénéficiant d'une expérience de 335 DIEP. Bien que la Haute Autorité de Santé recommande depuis 2011 la réalisation du DIEP à deux équipes (24), 13 DIEP sur les 39 ont été réalisés à une seule équipe (un chirurgien sénior et un ou deux internes), surtout au début de la pratique, facteur allongeant inévitablement la durée opératoire. Concernant le temps microchirurgical, certains auteurs comme Bodin et al. (25) préconisent l'utilisation du coupleur (Coupler™, Synovis®, Micro Companies Alliance Inc, Birmingham, Grande-Bretagne) qui permet de gagner 18 minutes par rapport à la suture classique au fil mais ne semble fiable que pour les sutures veineuses (26). Nous avons opté dans notre série pour l'exposition des vaisseaux mammaires internes sans résection de côte dans 27 cas sur 42 (64 %) surtout lorsqu'une seule équipe était présente. Si l'exposition des vaisseaux est rapide et aisée, l'exposition et le positionnement du clamp double microchirurgical rendent la suture parfois délicate et l'utilisation du coupleur difficile. La résection de côte systématique et l'utilisation plus large du coupleur sont deux voies à explorer afin de réduire la durée opératoire dans notre pratique (25). Il en est d'ailleurs de même pour l'anastomose veineuse supplémentaire qui est d'emblée réalisée dans un tiers des cas (13 cas sur 39) alors que le problème de surcharge veineuse concerne moins de 5 % des lambeaux (27).

## Conclusion

La symétrisation immédiate en reconstruction mammaire unilatérale par DIEP permet d'éviter une seconde AG dans plus de 70 % des cas lorsque celle-ci est envisagée. En fin d'intervention, il convient de privilégier en cas de doute un sein reconstruit plus gros que le sein controlatéral car les retouches sont accessibles en AL. La symétrisation doit être réalisée idéalement en double équipe et après la courbe d'apprentissage du DIEP.

## Conflit d'intérêt

Aucun.

## Références

1. Pauchot J, Aubry S, Kastler A, Laurent O, Kastler B, Tropet Y. Preoperative imaging for deep inferior epigastric perforator flaps: a comparative study of computed tomographic angiography and magnetic resonance angiography. *European Journal of Plastic Surgery*. 2012;35:795-801.
2. Aubry S, Pauchot J, Kastler A, Laurent O, Tropet Y, Runge M. Preoperative imaging in the planning of deep inferior epigastric artery perforator flap surgery. *Skeletal Radiol*. 2013;42:319-27.
3. Holm C, Mayr M, Hoftner E, Ninkovic M. Perfusion zones of the DIEP flap revisited: a clinical study. *Plast Reconstr Surg*. 2006;117:37-43.
4. Pauchot J, Fleury M, Pluvy I, Oulharj S, Tropet Y, Obert L. Stencil technique for areola tattooing. A simple solution for quickly performed, homogeneous tattoos with regular edges. *Journal of Plastic Reconstructive Surgery Open*. 2015;3:10-2.
5. Yueh JH, Slavin SA, Adesiyun T, Nyame TT, Gautam S, Morris DJ, et al. Patient satisfaction in postmastectomy breast reconstruction: a comparative evaluation of DIEP, TRAM, latissimus flap, and implant techniques. *Plast Reconstr Surg*. 2010;125:1585-95.
6. Hunsinger V, Hivelin M, Derder M, Klein D, Velten M, Lantieri L. Long-Term Follow-Up of Quality of Life following DIEP Flap Breast Reconstruction. *Plast Reconstr Surg*. 2016;137:1361-71.
7. Niddam J, Bosc R, Lange F, Chader H, Hersant B, Bigorie V, et al. DIEP flap for breast reconstruction: retrospective evaluation of patient satisfaction on abdominal results. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*. 2014;67:789-96.
8. Yip JM, Watson DI, Tiggemann M, Hsia S, Smallman AE, Dean NR. Determinants of breast reconstruction outcome: How important is volume symmetry? *J Plast Reconstr Aesthet Surg*. 2015;68:679-85.
9. Enajat M, Damen TH, Geenen A, Timman R, van der Hulst RR, Mureau MA. Pulmonary embolism after abdominal flap breast reconstruction: prediction and prevention. *Plast Reconstr Surg*. 2013;131:1213-22.
10. Smith ML, Clarke-Pearson EM, Vornovitsky M, Dayan JH, Samson W, Sultan MR. The efficacy of simultaneous breast reconstruction and contralateral balancing procedures in reducing the need for second stage operations. *Arch Plast Surg*. 2014;41:535-41.
11. Nahabedian MY. Symmetrical breast reconstruction: analysis of secondary procedures after reconstruction with implants and autologous tissue. *Plast Reconstr Surg*. 2005;115:257-60.
12. Nahabedian MY. Managing the opposite breast: contralateral symmetry procedures. *Cancer J*. 2008;14:258-63.
13. Losken A, Carlson GW, Bostwick J, 3rd, Jones GE, Culbertson JH, Schoemann M. Trends in unilateral breast reconstruction and management of the contralateral breast: the Emory experience. *Plast Reconstr Surg*. 2002;110:89-97.
14. Laporta R, Longo B, Sorotos M, Pagnoni M, Santanelli Di Pompeo F. One-stage DIEP flap breast reconstruction: Algorithm for immediate contralateral symmetrization. *Microsurgery*. 2016;36:7-19.
15. Huang JJ, Wu CW, Leon Lam W, Lin CY, Nguyen DH, Cheng MH. Simultaneous contralateral breast reduction/mastopexy with unilateral breast reconstruction using free abdominal flaps. *Ann Plast Surg*. 2011;67:336-42.
16. Chang EI, Lamaris G, Chang DW. Simultaneous contralateral reduction mammoplasty or mastopexy during unilateral free flap breast reconstruction. *Ann Plast Surg*. 2013;71:144-8.
17. Inbal A, Gur E, Otremski E, Zaretski A, Amir A, Weiss J, et al. Simultaneous contralateral breast adjustment in unilateral deep inferior epigastric perforator breast reconstruction. *J Reconstr Microsurg*. 2012;28:285-92.
18. Haykal S, Guay N. One hundred forty-one consecutive attempts at autologous tissue single-stage breast cancer reconstruction. *Ann Plast Surg*. 2009;63:21-7.
19. Mulvey CL, Cooney CM, Daily FF, Colantuoni E, Ogbuago OU, Cooney DS, et al. Increased Flap Weight and Decreased Perforator Number Predict Fat Necrosis in DIEP Breast Reconstruction. *Plast Reconstr Surg Glob Open*. 2013;1:1-7.
20. Lee KT, Lee JE, Nam SJ, Han BK, Mun GH. Is Holm Zone III safe from fat necrosis in medial row perforator-based deep inferior epigastric perforator flaps? *Microsurgery*. 2015;35:272-8.
21. Ayestary B, Yonekura K, Motomura H, Ziade M. A Comparative Study Between Deep Inferior Epigastric Artery Perforator and Thoracoacromial Venous Supercharged Deep Inferior Epigastric Artery Perforator Flaps. *Ann Plast Surg*. 2016;76:78-82.
22. Marchac A, Bosc R, Benjoar MD, Hivelin M, Lepage C, Lantieri L. (A cost analysis of DIEP flap in breast reconstruction). *Ann Chir Plast Esthet*. 2011;56:275-9.
23. Bodin F, Dissaux C, Lutz JC, Hendriks S, Fiquet C, Bruant-Rodier C. The DIEP flap breast reconstruction: Starting from scratch in a university hospital. *Ann Chir Plast Esthet*. 2015;60:171-8.
24. Santé HAd. Reconstruction du sein par lambeau cutanéograissex libre de l'abdomen, avec anastomose vasculaire. 2011; Available from: [http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2011-08/has\\_cadrage\\_diep.pdf](http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2011-08/has_cadrage_diep.pdf)
25. Bodin F, Brunetti S, Dissaux C, Erik AS, Facca S, Bruant-Rodier C, et al. Venous coupler use for free-flap breast reconstructions: specific analyses of TMG and DIEP flaps. *Microsurgery*. 2015;35:295-9.
26. Rozen WM, Whitaker IS, Acosta R. Venous coupler for free-flap anastomosis: outcomes of 1,000 cases. *Anticancer Res*. 2010;30:1293-4.
27. Ochoa O, Pisano S, Chrysopoulos M, Ledoux P, Arishita G, Nastala C. Salvage of intraoperative deep inferior epigastric perforator flap venous congestion with augmentation of venous outflow: flap morbidity and review of the literature. *Plast Reconstr Surg Glob Open*. 2013;1:e52.

# Chirurgie maxillo-faciale et Grande Armée

## Maxillofacial Surgery and Napoleonic Great Army

Xavier Riaud

145, route de Vannes - 44800 Saint Herblain.

### Mots clés

- ◆ Chirurgie maxillo-faciale
- ◆ Histoire
- ◆ Napoléon
- ◆ Grande armée

### Résumé

Si l'on s'attarde un instant sur le tableau du Baron général Louis François Lejeune intitulé la Bataille de la Moskova peint en 1822, on remarque dans un angle un homme debout, les cheveux bruns, en uniforme en train de panser le visage d'un blessé. Si l'on regarde plus attentivement, on identifie sans peine le chirurgien en train d'officier qui n'est autre que Dominique Larrey, chirurgien en chef de la Grande Armée en 1812. Hasard ou coïncidence ? Hasard : Le 7 septembre 1812, au petit matin, le général Morand, qui commande la 1ère division d'infanterie du corps de Davout, a sa mâchoire fracassée par un éclat d'obus. C'est effectivement Larrey qui le soigne, mais le général poursuivra son commandement tout au long de la retraite de Russie exclusivement par gestes. Coïncidence : Ce sont les préceptes préconisés par Dominique Larrey qui seront, autant que faire se peut, appliqués aux « Gueules cassées » de la Grande Armée. Quels sont-ils ?

### Keywords

- ◆ Maxillofacial surgery
- ◆ History
- ◆ Napoleon
- ◆ Great army

### Abstract

For a minute if you dwell upon Baron General Louis François Lejeune's painting titled the Battle of Moskova painted in 1822, we can notice a man standing in the corner of the canvas. The man in uniform has brown hair and is dressing an injured man's face. If we look carefully, we can easily identify that this man who is practicing surgery is none other than Dominique Larrey, the chief surgeon of Napoleon's Grande Armée in 1812. Luck or coincidence? Luck: On September 7th 1812, in the morning, General Morand, who commanded the 1st Infantry Division of Davout's corps, had his jaw crushed by shrapnel. Larrey treated him but the general continued to command with gestures throughout the retreat from Russia. Coincidence: Dominique Larrey's recommended guidelines would be applied to the Grande Armée's "broken faces" as much as possible. What were they?

Si l'on s'attarde un instant sur le tableau du Baron général Louis François Lejeune intitulé La bataille de la Moskova peint en 1822, on remarque dans un angle un homme debout, les cheveux bruns, en uniforme en train de panser le visage d'un blessé. Si l'on regarde plus attentivement, on identifie sans peine le chirurgien en train d'officier qui n'est autre que Dominique Larrey, chirurgien en chef de la Grande Armée en 1812. Larrey, chirurgien en chef de la Garde, panse le général Morand, dont la mâchoire vient d'être fracassée par un éclat d'obus. Sa lèvre inférieure et son menton sont lacérés. Celui-ci commandait la 1ère division d'infanterie du corps de Davout. L'événement a dû se produire entre 10 heures et 11 heures du matin, lors de l'assaut mené par Bonnamy qui sera tué. Le tableau représente l'assaut lancé vers 15 heures. Larrey officie déjà depuis longtemps. Ceci est une libre interprétation du peintre (3). Grièvement blessé à la mâchoire lors de la bataille de la Moskova, Morand devra commander par gestes pendant toute la retraite (2). Larrey se souvient de son intervention : « *Je simplifiai cette blessure grave, je fis l'extraction des fragments osseux détachés de la mâchoire, et je pratiquai plusieurs points de suture qui rétablirent les*

*formes normales du visage et prévinrent la difformité (18).* » (Fig 1 et 2).

### Brièvement, qui est Dominique Larrey ?

Dominique Larrey (1766-1842) a été présent lors de toutes les campagnes de la Grande Armée : soit 25 campagnes, 200 affrontements, 40 batailles. Il a été blessé à six reprises au feu. Chirurgien en chef de la Garde impériale en 1804, il est fait officier de la Légion d'honneur en 1804. Il est nommé à la fonction d'inspecteur général du Service de santé en 1805. A la bataille d'Eylau, en 1807, il effectue 800 amputations en 3 jours. Napoléon le fait baron d'Empire en 1809 sur le champ de bataille de Wagram. Succédant à Heurteloup, il est nommé chirurgien en chef de la Grande Armée en 1812 (18). Admiratif, Napoléon dit de lui à Sainte-Hélène : « *C'est l'homme le plus vertueux que j'aie connu. Il a laissé dans mon esprit l'idée du véritable homme de bien* » De même, Wellington, général en chef de l'armée britannique, à Waterloo (1815), s'exclame en l'apercevant : « *Je salue l'honneur et la loyauté*

### Correspondance :

Xavier Riaud

145 route de Vannes - 44800 Saint Herblain.

Tel : 02 40 76 64 88 / E-mail : xavier.riaud@wanadoo.fr

Disponible en ligne sur [www.acad-chirurgie.fr](http://www.acad-chirurgie.fr)

1634-0647 - © 2016 Académie nationale de chirurgie. Tous droits réservés.

DOI : 10.14607/emem.2016.4.053



Figure 1. « Bataille de la Moskova, le 7 septembre 1812 (seconde attaque de la grande Redoute) » par Louis François Lejeune (1775-1848) en 1822 (1).



Figure 2. Gros plan de l'angle droit du tableau intitulé « Bataille de la Moskova, le 7 septembre 1812 (seconde attaque de la grande Redoute) » par Louis François Lejeune (1775-1848) en 1822 (1).

*qui passent.* » Il fait arrêter le feu de ses soldats en apercevant Larrey (7,20,22) (Fig 3).

### Quels sont les aménagements médicaux prodigués par Larrey avec une influence directe sur la chirurgie maxillo-faciale ?

En 1793, notre chirurgien invente 3 types d'aiguilles à suturer les plaies du cou et de la face qui lui valent de recevoir la médaille d'or de l'Académie de chirurgie. A partir de cette année, il est présent sur tous les champs de bataille au milieu des soldats. Extrêmement rigoureux en matière d'hygiène, il se frictionne tous les jours le corps d'eau vinaigrée. En 1794, de retour à Paris, son système d'ambulances volantes est unanimement salué par la Comité de salut public (14, 16).



Figure 3. Dominique Jean Larrey (1766-1842) (4).

En 1795, il devient professeur à l'Ecole de santé du Val-de-Grâce où il enseigne l'anatomie et la médecine opératoire (Gourdol (2010) affirme qu'il s'agit d'anatomie et de chirurgie militaire, et qu'il est le premier nommé à cette nouvelle chaire).

En 1801, alors qu'Alexandrie est assiégée par les Britanniques, une épidémie de scorbut apparaît. Les mesures alimentaires et hygiéniques préconisées par Larrey ont raison de tous les symptômes. Il déplore très peu de morts en définitive (18).

En 1805, il visite les hôpitaux de Vienne et met en place des mesures d'hygiène très strictes pour éradiquer toute épidémie (18).

En 1806, à Iéna, Larrey instaure la sélection des blessés en fonction de la gravité de leur état (14,16).

A Wagram, en 1809, il utilise le froid pour anesthésier ses blessés et entreprend de les évacuer aussitôt que possible pour éviter les infections de leurs plaies (18). Il opère 1 200 blessés, effectue 300 amputations et n'enregistre que 45 décès.

« C'est à Larrey que revient le mérite d'avoir érigé en système, le principe de tri et du classement des blessés par ordre d'urgence lors de leur arrivée massive (18)... », classement toujours en vigueur au XXe siècle, au cours des deux conflits mondiaux notamment.

### Quels préceptes de chirurgie maxillo-faciale ?

Ce sont les préceptes préconisés par Dominique Larrey qui seront, autant que faire se peut, appliqués aux blessés de la face de la Grande Armée.

1- Pour toute plaie de la face, quelle que soit son étendue, Larrey (1812) préconise une « suture immédiate. » « La suture immédiate permet de rapprocher les berges de la plaie plus facilement, surtout au niveau de la face et de limiter ainsi les difformités (8). »

En cas de délabrement important au niveau de la face avec une perte conséquente des parties molles, Larrey effectue une suture en enroulant le fil en 8 autour d'une aiguille traversant de part en part les deux berges de la plaie, ce qui garantit une plus grande solidité de la suture (8).

« Pendant la campagne d'Egypte, M\*\*\*, aide de camp du général Verdier, fut atteint à la bouche d'un coup de pistolet qui lui emporta toute la joue gauche, depuis la commissure des lèvres jusqu'au masséter, en sorte que les deux arcades al-

véolaires, la langue et une portion de ses muscles furent mis à découvert. Les bords de la plaie étaient renversés et noyés ; l'officier éprouvait de vives douleurs. Je me hâtai de rafraîchir les lambeaux, et de régulariser la plaie pour en mettre les lèvres en contact parfait, et je les fixai par neuf points de suture entrecoupée, soutenus par un bandage approprié. Le blessé fut mis à la diète et à l'usage des rafraîchissants qui prévinrent la fièvre et les autres accidents. Le traitement ne dura que dix-sept jours, et il y eut très peu de difformités (10). »

2- Selon Karine Ferret-Dussart (8), en cas de fracture au niveau de la face, Larrey prend le temps d'enlever patiemment toutes les esquilles osseuses. Puis, il réduit la fracture. Enfin, à l'aide de ligatures dentaires réalisées grâce à des fils d'or ou de platine, ou par l'entremise d'une gouttière intra-buccale et d'une mentonnière, il immobilise la mâchoire. Malheureusement, cette technique est peu payée de succès, puisque les séquelles sont récurrentes (8,10).

Karine Ferret-Dussart (8) ajoute : « Pour les plaies peu étendues, Larrey suture la plaie et met en place une sonde de gomme élastique pour modeler les narines. La rhinopoièse par lambeau de voisinage est pratiquée avec succès par Larrey dès 1820. »

3- A la lecture du témoignage de Larrey, la maîtrise de la technique semble évidente et le résultat, probant. Larrey est sûr de lui, pragmatique et technique.

« Un de mes anciens élèves et de mes dignes compagnons d'Égypte, M. le docteur Zink, chirurgien-major à l'hôpital de Givet, m'adressa, à la fin de l'année 1820, un sous-officier de la légion d'Aude, affligé d'une difformité horrible et d'un aspect insupportable, provenant d'un coup de feu que cet infortuné s'était donné dans un accès de mélancolie, dix-huit mois auparavant (11).

(...) Toute la portion palatine des os maxillaires comprise entre les dents canines supérieures fut emportée ; les portions labyrinthiques du nez, ses os propres, et les cartilages de cette éminence furent détruits ou expulsés. Les deux ailes du nez étaient rétroversées en dehors et en arrière ; la sous-cloison faisait partie de la narine gauche.

Cette blessure fut pansée comme toutes les plaies d'armes à feu, c'est-à-dire avec les émoullients et un appareil simplement contentif ; elle a parcouru les périodes de la suppuration et de la détersion jusqu'à la guérison sans nul accident. La cicatrice s'est opérée spontanément dans l'état d'écartement et de renversement des bords frangés. Ces bords ont contracté une adhérence intime avec la surface extérieure des apophyses montantes des maxillaires, de manière à produire au niveau du visage une échancrure très irrégulière, rouge, cavernueuse, et d'un aspect repoussant. Ce sujet était privé de l'odorat, très gêné dans la mastication et dans l'exercice de la parole ; à peine pouvait-il articuler les mots les plus simples.

Tel était l'état d'esprit de ce sergent lorsqu'il se présenta à l'hôpital de la garde royale, en décembre 1820. (...) Je l'examinai avec soin, je projetai un mode d'opération que je communiquai aux personnes qui suivaient ma visite, et sans perdre de temps, je mis ce plan opératoire à exécution.

Assisté du docteur Ribes (...), et le sujet assis sur une chaise, je commençai par détacher les bords tégumentaux et adhérents dans tout le pourtour de cette horrible plaie ou échancrure ; j'en poursuivis la dissection à plusieurs lignes d'étendue, vers les pommettes, sur la surface des os maxillaires, afin d'avoir une assez grande étendue de peau pour franchir l'espace compris entre les bords de cette division, et pour en obtenir la réunion lorsqu'ils seraient mis en contact (11). Je détachai ensuite les adhérences que les deux divisions des ailes du nez et de la lèvre supérieure avaient contractées avec les bords de l'échancrure palatine. Cette dissection fut longue et difficile. Après avoir isolé toutes les parties molles qui appartenaient jadis au nez, j'en rafraîchis les bords à l'aide de ciseaux évidés, avec l'intention de donner à chaque

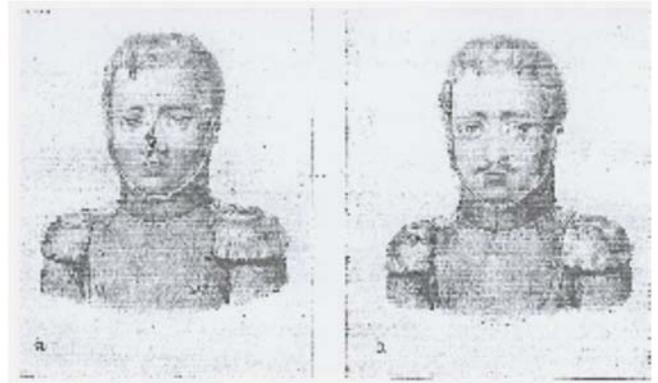


Figure 4. Rhinoplastie par la méthode de Dominique Larrey (avant (a) - après (b)) (19).

coupe la forme qu'elle devait avoir pour affronter exactement et d'une manière uniforme. Cette dissection finie, je fis trois points de suture provisoires : le premier, au milieu de la côte du nez ; le second, au sommet de cette éminence et vers la sous-cloison des narines que j'avais eu soin de conserver ; le troisième, aux deux bords de la lèvre supérieure. Je réunis ensuite et maintins rapprochées les parties molles de tout le dos du nez, au moyen d'une suture enchevillée, composée de six anses de fil, à l'effet de ramener de loin les portions de peau qui devaient servir à former cet organe, et de prévenir la déchirure qui aurait lieu si j'avais employé la suture entrecoupée. Enfin, j'adaptai les bords de la lèvre réséqués et détachés de la mâchoire au moyen d'une suture entortillée, faite avec deux aiguilles d'or, tranchantes à leurs extrémités. Cette opération faite, j'appliquai un bandage contentif, unissant, garni de compresses graduées, pour protéger les points des diverses sutures, et pour en secondar les effets. L'opéré fut mis à la diète, à l'usage des boissons rafraîchissantes, mucilagineuses et antispasmodiques (...). Au neuvième jour de l'opération, je levai l'appareil, et je trouvai, à ma grande surprise, tous les bords couturés, parfaitement réunis et cicatrisés ; cependant, je laissai les chevilles et les épingles en place jusqu'au quinzième jour, époque où ces derniers moyens d'union furent totalement enlevés. La cicatrisation était exacte, uniforme, linéaire, et l'on voyait évidemment qu'elle ne s'était opérée que par la communication et l'adhésion naturelle des vaisseaux des bords de cette énorme plaie. Il est impossible de découvrir dans les interstices la moindre parcelle de substance gélatineuse étrangère à ces vaisseaux. Enfin, la cicatrice est parfaite, et le nez a repris une conformation assez régulière et telle que la physiologie du sujet n'offre plus rien de pénible à la vue. La parole, la prononciation et la mastication se sont perfectionnées ; l'écartement considérable qui existait aux os maxillaires et dans les parois des fosses nasales s'est déjà considérablement resserré ; et ce rapprochement augmentera sans doute par la suite, en sorte que les traits de la face deviendront de plus en plus réguliers (11). »

Maîtrise-t-on une technique chirurgicale qu'on utilise pour la première fois ? Peut-on faire un compte-rendu aussi détaillé et aussi précis après une première intervention de ce type ? J'en doute fort. Je suis au contraire convaincu que Larrey, à l'heure où il écrit ces quelques lignes, a déjà accompli de multiples interventions de reconstruction de la face, ses fonctions obligent, avec des procédés similaires et des pourcentages de réussite très élevés. C'est la raison pour laquelle j'ai tenu à faire figurer un témoignage datant de 1820 alors que l'Empire s'est effondré en 1815. Bien que rien ne l'atteste avec certitude, il est fort vraisemblable que Larrey employait ces techniques sur les champs de batailles des guerres napoléoniennes (Fig 4).

4- Voici brièvement des recommandations chirurgicales en cas de blessure de la face (10, 18) :



Figure 5. Elève chirurgien et chirurgien en tenue en cours d'opération dentaire en 1805 (19).

Blessures à la tête et au cou >> Usage du trépan.  
 Blessures ouvertes de la face >> Sutures immédiates (fermeture de la plaie le plus vite possible).  
 Pas d'anesthésie >> Rapidité opératoire et dextérité du chirurgien, 2 verres de gnôle (parfois), du laudanum (cas exceptionnel).  
 Fièvre >> 1 verre de rhum, du jus de 2 citrons avec 1 cuillerée de sel et de poivre. Quinquina parfois en fonction de l'approvisionnement (provenance : Amérique).

## Autre cas

« Pendant la campagne d'Egypte, M\*\*\*, aide de camp du général Verdier, fut atteint à la bouche d'un coup de pistolet qui lui emporta toute la joue gauche, depuis la commissure des lèvres jusqu'au masséter, en sorte que les deux arcades alvéolaires, la langue et une portion de ses muscles furent mis à découvert. Les bords de la plaie étaient renversés et noirs ; l'officier éprouvait de vives douleurs. Je me hâtai de rafraîchir les lambeaux, et de régulariser la plaie pour en mettre les lèvres en contact parfait, et je les fixai par neuf points de suture entrecoupée, soutenus par un bandage approprié. Le blessé fut mis à la diète et à l'usage des rafraîchissants qui prévirent la fièvre et les autres accidents. Le traitement ne dura que dix-sept jours, et il y eut très peu de difformités (10). »

Le 26 juillet 1812, « Un colonel russe, un des premiers portés à l'hôpital avait reçu de l'un de nos cavaliers un coup de sabre qui lui avait coupé le nez à la base dans toute sa longueur. On voyait d'une part toute l'étendue des fosses nasales et de la cavité de la bouche, sans arcade alvéolaire, de l'autre le lambeau de la totalité du nez, de la lèvre supérieure et de la voûte palatine, renversé sur le menton (18). »

Le chirurgien ajoute : « J'eus quelque peine à enlever des caillots de sang qui remplissaient les fosses nasales et que la poussière avait rendu concrets. Je détachai ensuite la portion de la voûte palatine qui tenait au lambeau. Elle se composait de la moitié antérieure de l'arcade alvéolaire supérieure. Elle avait été séparée du reste de la mâchoire, d'un côté entre la canine et la première molaire, et de l'autre, entre les deux premières molaires. Je détachai aussi du lambeau plusieurs portions des os propres du nez et des apophyses montantes des os maxillaires. Je remis en rapport le nez et la lèvre et je procédai à leur réunion par la suture entrecoupée, commençant par la racine du nez, et descendant successivement sur ses deux côtés, dont les bords furent réunis par dix points parallèles de suture (18). »

Larrey enfin termine : « Un linge fin, trempé dans l'eau salée, fut appliqué sur toute l'étendue du triangle qui indiquait la plaie. J'introduisis dans les narines deux portions de grosses sondes de gomme élastique, pour en conserver la forme et le diamètre. Elles furent assujetties à l'extérieur au moyen d'un cordonnet de fil que j'avais passé à leur extrémité antérieure. Des compresses graduées furent placées sur les côtés du nez et un bandage contentif termina l'appareil. J'eus la satisfaction d'apprendre à mon retour de Moscou que cet officier supérieur était parfaitement guéri et sans nulle difformité (18). »

## Personnalités du Premier Empire blessés à la face

En 1793, à Lauterbourg, une balle traverse les deux joues du général Desaix. Ne pouvant plus parler, c'est avec des gestes qu'il poursuit son commandement auprès de ses hommes au bord de la débandade. Il ne quitte le champ de bataille pour se faire penser qu'une fois, ses soldats tous ralliés à ses ordres. Son visage est dit « *couturé de cicatrices, (...) raccommodé à la hâte par des chirurgiens de fortune* » (6).

Lors du siège de Saint-Jean-D'acre, le 1er avril 1799, le général Pierre Devaux (1762-1819) reçoit une balle dans le visage. A ce propos, Larrey écrit : « *Le général baron Devaux reçut à l'un des assauts de Saint Jean d'Acre un coup de feu à la face, lequel fut suivi de fracas aux deux mâchoires et de la perte de plusieurs dents. Je le pansai à mon ambulance de la tranchée avec un si grand succès que, lorsque cette plaie fut guérie, il n'y avait presque point de difformité et le général put continuer son service actif (12,15).* »

A la bataille d'Aboukir, le 25 juillet 1799, en capturant le pacha Mustapha, Joachim Murat reçoit une balle qui lui traverse la mâchoire de part en part. Par chance, la langue n'est pas atteinte : il avait la bouche ouverte à ce moment-là. « *C'est la première fois qu'il l'a ouverte à propos* », commente son chef. Dans une lettre à son père du 28 juillet, Murat évoque cette blessure : « *Vous saurez qu'un Turc, (...), m'a fait la gentillesse de me traverser la mâchoire d'un coup de pistolet. C'est vraiment un coup unique et extrêmement heureux, car la balle qui est entrée par un côté, à côté de l'oreille, est sortie directement à côté de l'autre, n'a offensé ni mâchoire, ni langue, ni cassé aucune dent. On m'assure que je ne serai nullement défiguré. (...) On me fait espérer que, dans quinze jours, je serai parfaitement en état de repaître en campagne (23).* » Cette blessure ne laissera pas trop de traces, mais il est possible qu'elle ait été encore visible lors du portrait de Wicar (1808). On y voit un col remonté très haut. Mais, une autre blessure l'affecte davantage. En 1803, à Milan, un accident de chasse ou un exercice de tir ayant mal tourné à cause d'une arme défectueuse, ou mal nettoyée, lui paralyse la lèvre supérieure. « *Un certificat médical établi par le médecin de garnison fait état d'une paralysie de la lèvre supérieure du général à la suite d'un coup de feu reçu par celui-ci (9).* »

## Malheureusement...

« Enfin, je vis venir un dragon qui me donna des nouvelles plus précises et meilleures ; (...) le malheureux avait reçu, dans la mêlée, une affreuse blessure d'un coup de sabre : un cavalier anglais lui avait fendu la joue, qui lui retombait sur l'épaule (...) (5). » Les hussards se laissaient pousser des nattes de cheveux le long des joues en guise de protection contre les coups de sabre.

Nous avons vu les préceptes de chirurgie maxillo-faciale recommandés par Dominique Larrey, mais tous les soldats n'ont pu en bénéficier et n'ont reçu que des soins très primaires.

Le 18 octobre 1812, à la bataille de Winkowo, le lieutenant Danel du 9<sup>ème</sup> hussard est grièvement blessé au visage. « (...) je tombai atteint d'un coup de pistolet tiré à bout portant. Le projectile me frappa immédiatement au-dessous de la pommette de la joue droite, m'emporta tout le bord supérieur alvéolaire et les dents qui, dans leur trajet, labourèrent ma langue et la déchirèrent en plusieurs parties. L'os maxillaire fut également touché, d'où s'ensuivit la perforation du palais (5). » « J'éprouvai une douleur sourde avec tintement et un fort engourdissement. » C'est le colonel du régiment qui le fait emmener à l'ambulance la plus proche. « (...) ma figure ensanglantée avait un aspect étrangement effrayant. Le sang coulait à partir de l'ouverture de la balle jusqu'à sa sortie par la joue opposée où pendait une partie du bord alvéolaire supérieur dont les dents ayant déchiré la joue gauche en trois ou quatre endroits donnaient à penser que ma figure était partagée en deux ! Je voulais parler, je ne pus articuler aucun son... » Le chirurgien-major Cuynat est un ami. Il le rassure aussitôt : « C'est grave sans doute, mon ami, mais mortel, non ! Les blessures de tête se guérissent promptement (...). » « Le premier appareil posé, on me dirigea sur le village de Winkowo. (...) Trois heures depuis mon pansement s'étaient à peine écoulées, que mes joues se gonflèrent à un tel point que bientôt je ne pus plus faire jouer mes paupières et ma vue fut totalement interceptée ! J'étais muet et aveugle (5) ! » Avec d'autres blessés, Danel est acheminé vers Moscou. « Quant à moi, sous la puissance d'une fièvre de suppuration provenant de mes blessures du palais et de la langue, suppuration que je ne pouvais rejeter par l'expectoration, par l'impossibilité de remuer la langue et d'en frapper le palais, j'en vivais donc en partie, ne prenant de temps à autre que de l'eau sucrée (5). » Mis entre les mains d'officiers de santé, « on leva les bandes qui m'entouraient la tête depuis plus de quatre jours, on nettoya mes blessures et tout marcha convenablement pendant quelques jours. Mes joues se dégonflèrent et me permirent de rouvrir les yeux (5) ... » Moscou brûle. La retraite s'organise. A l'aide d'une théière, Danel ingurgite une bouillie en plaçant le col directement dans la gorge, sa perforation au palais l'empêchant de ne conserver aucun liquide dans sa bouche. Cet état durera près de six mois. Pendant cette retraite, le froid est si saisissant qu'il « fait de nouveau gonfler mes joues, je redevins aveugle. » Le temps s'adoucisant, les « tumeurs de mes joues » se ramollissent et Danel peut ouvrir les yeux. « Après Smolensk, M. Eve, chirurgien en chef du corps d'armée, me fit des incisions sous les yeux qui, donnant passage à une grande quantité de sérosités et de matières, me permirent d'ouvrir presque entièrement les yeux. (...) Déjà ma langue pouvait frapper le palais et je commençai à parler, mais d'une manière inintelligible (5). » Le lieutenant Danel a survécu à la Bérézina, au Premier Empire et aux Cent-Jours pour ne décéder qu'en 1854.

Autre exemple rapporté par Jean-François Lemaire (1999). « L'espoir de retrouver quelques-uns de mes amis me fit visiter les nombreux hôpitaux de Leipzig. Quels hôpitaux, grand Dieu ! Des églises, des magasins, des écuries, des galetas vides, un lit de paille hachée étendue sur le pavé ; et par là-dessus des corps humains couchés l'un contre l'autre, les uns morts de la veille, les autres agonisants. Ceux-ci gémissant, ceux-là criant qu'on les débarrasse du voisinage d'un ca-

dravre, tous ces malheureux couverts de sang, la tête et les membres entourés de sales chiffons, quelques chirurgiens forts rares (15)... »

Pas d'asepsie. Pathologies ou blessures mélangées sans classement, ni discernement. Nous sommes là bien loin des préceptes de Dominique Larrey...

## Un mot de dentisterie

Il n'y a pas de dentiste au sein de l'armée napoléonienne. Ce sont donc les chirurgiens militaires qui se chargent de la chirurgie dentaire sur le front (13). Les traitements ne se résument qu'à des extractions dentaires (21) (Fig 5).

## Questions en séance

Questions de M Germain

1- Pourquoi n'opère-t-on pas en urgence les blessés de la face ?

Réponse

Les blessés de la face n'étaient pas opérés en urgence parce que leur état n'était pas jugé prioritaire pour le retour au combat dans les plus brefs délais.

2- Comment faisaient-ils l'hémostase ?

Réponse

L'opération se doit d'être rapide. Les pansements sont faits avec des linges ou de la charpie. L'hémostase est assurée par des ligatures de fils cirés. L'asepsie se fait par des lavages à base d'eau pure, exceptionnellement associée à du vinaigre. Tout cela est fonction de l'approvisionnement bien évidemment, ce qui constituera un élément de batailles et de réclamations permanent pour tous les chirurgiens de la Grande Armée pendant toutes les guerres napoléoniennes.

3- Quel était le délai entre le traumatisme balistique et la prise en charge ?

Réponse

Rappelons que la chirurgie maxillo-faciale n'est pas une discipline reconnue à cette époque. Tout au plus, quelques préceptes sont édictés, mais nous n'en sommes qu'aux balbutiements. Si un blessé de la face a la chance d'être pris en charge, encore faut-il qu'il le soit par un chirurgien militaire en personne, sinon la plupart du temps il est laissé sur le champ de bataille (17). Si un chirurgien l'opère rapidement, la prise en charge s'effectue dès son arrivée à l'hôpital, ce qui peut se faire dans un certain délai, celui de l'acheminement des blessés par les brancardiers vers l'hôpital de campagne.

Question de J Barbier

Dissolues en 1793, la concurrence entre Portal et Larrey pour la création d'une Académie de Chirurgie et de Médecine au moment de l'avènement de Napoléon d'où l'absence d'Académie de Chirurgie jusqu'à la fin du 19<sup>ème</sup> siècle.

Réponse

J'ignore tout de cette rivalité. Portal a fondé l'Académie royale de médecine en 1820 avec l'accord de Louis XVIII. Larrey l'a intégrée dès son ouverture. Si Portal officie en ville, Larrey lui opère là où la Grande Armée le porte. Si Larrey est baron d'Empire, Portal, lui, ne sera que chevalier sous l'Empire et ne se cachera jamais de sa déception de ne pas avoir été davantage.

Question d'A Fabre

Quel est l'apport principal de Larrey sur le plan de la chirurgie militaire ?

Réponse

Par ses ambulances volantes, par son système de classement des blessés en fonction de la gravité de leur état, par les

techniques qu'il a développées, Dominique Larrey est considéré aujourd'hui encore comme le père de la chirurgie militaire.

## Références

1. Agence photographique Réunion des Musées Nationaux, Grand Palais (Château de Versailles), photo Daniel Arnaudet/JeanSchormans, Paris, 2016.
2. Allégret M. « Morand Charles Antoine Louis Alexis (1771-1835), général, comte d'Empire », in *Revue du Souvenir napoléonien*, décembre 2005-janvier 2006, 462; 75-76.
3. Benoît J. « La bataille de la Moskova par le général baron Lejeune », in *Revue du Souvenir napoléonien*, décembre 2004 ;455-6 et 45-54.
4. Bibliothèque interuniversitaire de Santé (BIU Santé), communication personnelle, Paris, 2010.
5. Bourachot C. *Les hommes de Napoléon - Témoignages (1805-1815)*, Omnibus (éd.), Paris, 2011.
6. [desaix.unblog.fr](http://desaix.unblog.fr), « Desaix », 2008.
7. Gourdol JY. « Baron Dominique Larrey (1766-1842), chirurgien militaire français, baron d'Empire », in <http://www.medarus.org>, 2010, pp. 1-16.
8. Ferret-Dussart K. *La chirurgie maxillo-faciale à travers l'histoire*, Glyphe (éd.), Paris, 2004.
9. Haeghele V. Murat, Perrin (éd.), Paris, 2015.
10. Larrey DJ. *Mémoires de Chirurgie Militaire et Campagnes*, Tome II, Paris, 1812.
11. Larrey DJ. *Clinique chirurgicale exercée particulièrement dans les camps et les hôpitaux militaires depuis 1792 jusqu'en 1829*, 5 vol., Paris, Baillière (éd.), 1829-36.
12. Larrey DJ. *Relation médicale de campagne et voyages de 1815 à 1840*, Baillière (éd.), Paris, 1841.
13. Lecomte O, Tristan D. « Les praticiens des armées dans l'histoire de l'art dentaire », in *Médecine et armées*, 2010 ; 38 (5) : 469-76.
14. Lemaire JF. *Napoléon et la médecine*, François Bourin (éd.), Paris, 1992.
15. Lemaire JF. *Les blessés dans les armées napoléoniennes*, Lettrage Distribution, Paris, 1999.
16. Lemaire JF. *La médecine napoléonienne*, Nouveau Monde/Fondation Napoléon (éd.), Paris, 2003.
17. Long FX « Les blessés de la face durant la Grande Guerre : les origines de la chirurgie maxillo-faciale », in *Revue d'Histoire des sciences médicales*, 2002;36: 175-83.
18. Marchioni J. *Place à Monsieur Larrey, chirurgien de la Garde impériale*, Actes Sud (éd.), Arles, 2003.
19. Musée du service de santé des armées, communication personnelle, Paris, 2004 et 2016.
20. Riaud X. *Napoléon 1er et ses médecins*, L'Harmattan (éd.), Collection Médecine à travers les siècles, Paris, 2012.
21. Riaud X. *Napoléon 1er et ses dentistes*, L'Harmattan (éd.), Collection Médecine à travers les siècles, Paris, 2016.
22. Soubiran A. *Le Baron Larrey, chirurgien de Napoléon*, Fayard (éd.), Paris, 1966.
23. Tulard J. Murat, Fayard (éd.), Paris, 2016.

## Commentaire post relecture d'André Fabre

### Connaissances de l'auteur sur la période historique considérée

Xavier Riaud est un spécialiste reconnu de l'Histoire de la chirurgie maxillo-faciale. Il a, de plus, déjà publié un ensemble d'ouvrages très documentés sur la période de l'Empire, dont "Napoléon 1er et les médecins" et "Napoléon 1er et ses dentistes" (1).

### Le livre correspond-il aux attentes du public ?

Chaque jour se publie par le monde un article ou un livre sur Napoléon : « Leur nombre a déjà dépassé le nombre de jours écoulés depuis la mort du grand homme » a commenté récemment Jean Tulard, professeur émérite à la Sorbonne et grand spécialiste du sujet : on dénombre en effet quelque 80.000 titres consacrés à Napoléon, décédé en 1821... voilà près de 70 500 jours...

En ce qui concerne Dominique Larrey, le jugement de l'empereur est passé à la postérité : « Larrey est le plus honnête homme et le meilleur ami du soldat que j'aie jamais connu. Vigilant dans l'exercice de sa profession, on a vu Larrey sur le champ de bataille, après une action, accompagné d'une troupe de jeunes chirurgiens, s'efforçant de découvrir quelques signes de vie dans les corps étendus sur la terre. On trouvait Larrey, dans la saison la plus dure, à toutes les heures du jour et de la nuit, au milieu des blessés ; il permettait à peine un moment de repos à ses aides, et il les tenait continuellement à leurs postes. Il tourmentait les généraux, et allait les éveiller pendant la nuit, toutes les fois qu'il avait besoin de fournitures ou de secours pour les blessés ou les malades. Tout le monde le craignait, parce qu'on savait qu'il viendrait sur-le-champ se plaindre à moi. Il ne faisait la cour à personne, et il était l'ennemi implacable des fournisseurs. » (Propos rapportés par le chirurgien de Longwood, Barry Edward O'Meara) (2).

### Apports historiques de l'auteur

Xavier Riaud a fait ici un remarquable travail d'historien mais aussi de journaliste d'investigation. Ce sont là deux activités complémentaires : le mot Histoire n'est-il pas en grec, synonyme « d'enquête » ? L'historien doit explorer toutes les sources d'information disponibles avant de porter le moindre commentaire. Le journaliste d'investigation, quant à lui, fait un travail proche de celui du juge d'instructions en s'efforçant à la plus grande impartialité dans l'interprétation des faits.

Dans cette étude, l'auteur a su retenir avec talent l'attention de son auditoire, ainsi lorsqu'il montre Larrey à la bataille de la Moskova, opposant le 7 septembre 1812 la Grande Armée commandée par Napoléon à l'armée impériale russe menée par le feld-maréchal Mikhaïl Koutouzov, près du village de Borodino, à 125 kilomètres de Moscou. Qualifiée plus tard de « bataille des géants », ce fut l'épisode le plus sanglant de la campagne de Russie, avec des pertes estimées à plus de 70.000 hommes, dont 30.000 du côté français, tués ou blessés. Les Français feront leur entrée dans Moscou une semaine plus tard, le 14 septembre, et y resteront jusqu'au 19 octobre, jour où commence le retour, bientôt désastreux, de la Grande Armée

### La chirurgie maxillo-faciale lors des guerres de l'Empire

En tant que spécialiste de la chirurgie stomatologique, Xavier Riaud s'est particulièrement intéressé à la prise en charge, lors des guerres de l'Empire, des blessures maxillo-faciales par armes à feu, et Larrey, dans ses Mémoires de chirurgie militaire et campagnes, en présente de nombreux exemples (3).

### La carrière du baron Larrey au décours de l'Empire

Après la relation des campagnes auxquelles avait pris part Dominique Larrey, l'auditoire aurait sûrement voulu en savoir davantage sur la carrière du baron chirurgien dans les années qui ont suivi l'Empire et en particulier sur ses activités de chirurgien-chef de l'hôtel des Invalides, poste où, en 1831, l'avait nommé le roi Louis Philippe, au décours d'une longue période d'ostracisme.

Mais ce sera pour une autre présentation sur ce sujet fascinant de l'Histoire des chirurgiens de la Grande Armée.

### Références

1. Riaud X. : « Histoire de la médecine bucco-dentaire » (2010), « Napoléon 1er et ses médecins » (2012) et « Napoléon 1er et ses dentistes » (2016) L'Harmattan Edit - Collection Médecine à travers les siècles.
2. Barry Edward O'Meara : « Napoléon en exil ou Une voix de Sainte-Hélène » (Londres, 1822).
3. Larrey D. : « Mémoires de chirurgie militaire et campagnes » (Rééd. Rémanences, Paris, 1983, cinq volumes.

# Place de la fertioscopie dans la prise en charge de l'infertilité : à partir d'une série continue de 4000 cas

## Place of Fertioscopy in Infertile Work-up: A 4000 Cases Continuous Series

Antoine Watrelot

Centre de recherche et d'étude de la stérilité (CRES) - Hôpital Natecia - Lyon.

### Mots clés

- ◆ Cœlioscopie transvaginale
- ◆ Infertilité tubaire
- ◆ Fertioscopie
- ◆ Drilling ovarien

### Résumé

À la suite des travaux de Gordts, nous avons décrit la technique d'hydropelviscopie transvaginale à laquelle nous avons donné le nom de Fertioscopie en 1997.

Près de 20 ans après, il semble intéressant de faire le bilan de cette technique à la lumière, entre autres, d'une série importante.

Conçue au départ comme une alternative mini-invasive à la coelioscopie d'exploration de l'infertilité féminine, la fertioscopie a rapidement montré sa supériorité dans le domaine du diagnostic et en particulier dans l'évaluation de la trompe de Fallope.

Cela fut démontré par une étude prospective randomisée multicentrique dès 2003 (FLY study, Human. Reprod. 2003).

Ensuite de purement diagnostique, la fertioscopie a vu ses possibilités thérapeutiques apparaître. Il est en effet aujourd'hui possible de réaliser certaines adhésiolyses, des prises en charge des endométrioses au stade minime et de réaliser le drilling ovarien pour les patientes présentant des ovaires micro-polykystiques. 380 drilling ont été pratiqués avec un taux de grossesse à 6 mois de 57,8 %. (n=220)

Notre série démontre la fiabilité de cette technique, permettant dans 34,5 % des cas de découvrir des anomalies passées inaperçues avec les moyens non invasifs classiques de diagnostic.

La fertioscopie est très sûre avec un taux de complication de 0,4 % (n=16) (complication lors de l'abord fait d'une blessure rectale sous péritonéale, de petite taille -5mm- et toujours traitée de façon non chirurgicale)

En revanche, et comme toute technique, la fertioscopie nécessite un apprentissage, certes bref mais bien réel. Les complications surviennent très majoritairement dans les 50 premiers cas.

Cette nécessité d'apprentissage explique probablement que la diffusion de la technique est lente à travers le monde et même en France, même si elle est au programme de plusieurs DU (Clermont Ferrand, Strasbourg)

De même, cette technique devrait être proposée avant le recours à la FIV, et, malheureusement, la majorité des médecins pratiquant la FIV n'ont aucune pratique chirurgicale et se contentent de tests tubaires non invasifs. De ce fait dans plus d'un cas sur trois la FIV est pratiquée sans qu'aucun bilan pelvien correct n'ait été pratiqué.

Pour tenter de remédier à cet état de fait nous avons récemment réalisé un simulateur chirurgical pour enseigner plus aisément la fertioscopie, et nous militons pour que, dans chaque centre de FIV un des médecins au moins soit un chirurgien de la reproduction.

### Keywords

- ◆ Transvaginal hydrolaparoscopy
- ◆ Tubal infertility
- ◆ Fertioscopy
- ◆ Ovarian diathermy

### Abstract

Following the work of Gordts, we have described the technique of transvaginal hydrolaparoscopy and we gave it the name of fertioscopy in 1997.

Almost twenty years after it seems interesting to review this technique through an extensive series.

Designed at the beginning as an alternative to laparoscopy, fertioscopy has rapidly demonstrated its superiority in term of diagnostic in pelvic evaluation.

This superiority was established through a prospective randomized study in 2003 (the FLY study)

Being purely diagnostic at the beginning, fertioscopy became then a therapeutic tool. It is possible to perform limited adhesiolysis, to treat minimal endometriosis and to do ovarian drilling in PCOS patients. 380 ovarian drilling has been practiced with a pregnancy rate of 57,8% in the 6 following months (n=220).

Our serie demonstrates the fiability of the technique allowing in 34,5% of cases to detect abnormalities non seen with the classical noninvasive methods.

Fertioscopy is very safe with a complication rate of 0,4% (n=16) the main complication being the rectal injury always treated conservatively since the injury is small and under the peritoneum.

However as every new technique there is a learning curve which is rather short but mandatory.

This need of training is probably the main reason why this technique experiment some difficulty to be widely spread throughout the world, despite the fact that fertioscopy is in the program of some university diploma such as Strasbourg or Clermont-Ferrand.

### Correspondance :

Antoine Watrelot MD

Assistance médicale à la procréation - Chirurgie gynécologique - Hôpital Natecia - 22 avenue Rockefeller - 69008 Lyon.

Tel : 04 78 78 36 60 / E-mail : watrelot@wanadoo.fr

Disponible en ligne sur [www.acad-chirurgie.fr](http://www.acad-chirurgie.fr)

1634-0647 - © 2016 Académie nationale de chirurgie. Tous droits réservés.

DOI : 10.14607/emem.2016.4.059

Fertiloscopy should be proposed systematically before IVF. However in more than 1 case out of 3 IVF is practiced without any endoscopic pelvic evaluation.

For all these reasons we have contributed to develop a fertiloscopy simulator to facilitate the training.

Lastly we do believe that a reproductive surgeon should be present in every reproductive center, which is not the case today.

L'avènement de la Fécondation in vitro (FIV) a été une avancée majeure dans la prise en charge de l'infertilité, au point qu'un de ses « co-inventeurs », Bob Edwards en a été récompensé par le prix Nobel de médecine en 2012.

La FIV a rapidement évolué et si elle nécessitait, à ses débuts, une cœlioscopie pour le recueil ovocytaire, très vite sont apparues les techniques de recueil par échographie.

Ce progrès considérable a, néanmoins eu pour effet qu'il n'était plus nécessaire d'être chirurgien pour pratiquer la FIV...

De ce fait, aujourd'hui, peu de centres de FIV ont, en leur sein, un chirurgien de la reproduction, de sorte que très souvent l'indication de FIV est posée sur un bilan certes complet pour les paramètres hormonaux et spermatiques mais tout à fait incomplet pour ce qui est de l'exploration du pelvis.

En effet cette exploration se contente le plus fréquemment d'une échographie associée à une hystérosonographie ou hystérosalpingographie.

Or on sait que ces tests « non -invasifs » méconnaissent 30 à 40 des anomalies tubo-péritonéales (Swart-1).

Il nous a paru ainsi nécessaire de posséder une endoscopie aussi pertinente que la cœlioscopie mais moins invasive pour répondre à ses détracteurs qui trouvaient la cœlioscopie trop dangereuse pour des patientes (seulement) infertiles ! (2)

Si bien qu'à la suite des travaux de Gordts, (3,4) nous avons décrit en 1997 la Fertiloscopie ou hydropelviscopie transvaginale pour proposer une endoscopie à la fois performante, mini-invasive et avec une morbidité très faible et une mortalité nulle.

## La fertiloscopie

Nous avons défini la fertiloscopie (7,8,9) comme l'association dans le même temps d'une hydro laparoscopie transvaginale couplée à une épreuve de perméabilité, une salpingoscopie (5) et une hystéroskopie. La fertiloscopie est donc une endoscopie transvaginale, l'optique étant introduit dans le cul de sac de Douglas. Le milieu d'observation étant le sérum physiologique et non le CO2 comme dans une cœlioscopie.

La technique fait appel à une instrumentation spécifique à usage unique, pourvu d'un canal opératoire (fertiloscope FH 1-40 Fertility Focus-UK) et l'optique utilisé est un hysteroscope standard de 2,9mm de diamètre. (K Storz GmbH -Germany).

Cette fertiloscopie est réalisée systématiquement en ambulatoire, et peut être pratiquée sous anesthésie locale, même si, en France, ce n'est pas l'option de choix des patientes.

## Pertinence de la fertiloscopie

La question fondamentale était de savoir si la fertiloscopie était capable de faire « aussi bien » que la cœlioscopie diagnostique. Pour cette raison nous avons réalisé la FLY study (FLY est un acronyme pour Fertiloscopy versus Laparoscopy) (6). Il s'agissait d'une étude prospective multicentrique randomisée dans laquelle des patientes infertiles bénéficiaient d'une fertiloscopie puis d'une cœlioscopie pratiquées par 2 chirurgiens A et B randomisée pour la procédure et ne connaissant pas le résultat de l'intervention qu'il n'effectuait pas. Il était demandé aux deux chirurgiens de réaliser un enregistrement vidéo qui était visionné par deux reviseurs indépendants. Un calcul de la spécificité et de la sensibilité était réalisé pour chaque méthode ainsi qu'une étude de la concor-

dance : concordance brute et calcul du coefficient kappa sur 6 sites qui étaient : les deux trompes, les deux ovaires, l'utérus et le péritoine.

Les résultats de la FLY study ont montré une spécificité et une sensibilité identique pour les deux méthodes (respectivement 65 % et 84 %) d'autre part, la concordance s'est révélée excellente (se traduisant par un coefficient kappa se situant entre 0,75 et 0,91 selon plus de 500 sites comparés). Ainsi il était possible de conclure que la fertiloscopie (même sans l'apport de la salpingoscopie non étudiée dans le cas présent, puisque difficile à réaliser au cours d'une cœlioscopie) devrait remplacer la cœlioscopie diagnostique chez les patientes infertiles sans pathologies évidente.

## Indications de la fertiloscopie

Toute patiente présentant une infertilité sans anomalie évidente devrait bénéficier d'une fertiloscopie ; c'était d'ailleurs la conclusion de la FLY study publiée dans Human Reproduction en 2003.

En revanche lorsqu'il existe une pathologie évidente comme par exemple un hydrosalpinx, il faut d'emblée proposer une cœlioscopie opératoire et la fertiloscopie n'a pas sa place.

De même dans un couple infertile, lorsque le facteur masculin est majeur, il n'y a pas de place pour la fertiloscopie, mais d'emblée il faut proposer une FIV avec micro-injection (ICSI).

## Complications de la fertiloscopie

Comme toute intervention chirurgicale, la fertiloscopie comporte certains risques (7). Ceux-ci sont en fait minimes et facile à éviter. Le seul vrai risque est lié à la voie d'abord : il en effet possible de déplorer une effraction du rectum lorsque soit l'aiguille de Veres soit le fertiloscope est insérée. La prévention de cette complication est essentiellement clinique : un toucher vaginal doit toujours être réalisé au cours de la consultation et répété au dernier moment. Toute pathologie détectée dans le cul de sac postérieur est une contre-indication à la fertiloscopie, et devra entraîner une conversion en cœlioscopie. En pratique il s'agit soit de lésions d'endométriose du cul de sac de Douglas, soit de rétroversion utérine fixée ou son équivalent en cas de myome postérieur enclavé dans le cul de sac de Douglas. Ces contre-indications représentent 4,8 % des cas dans notre expérience. Il faut souligner qu'à la différence des perforations digestives observées en cœlioscopie et d'une particulière gravité, les perforations en cours de fertiloscopie touchent le rectum dans son trajet sous péritonéal et non dans la cavité péritonéale. C'est pour cela que de façon constante le seul traitement de ces perforations est médical : surveillance et antibiotique. Tout geste chirurgical complémentaire (cœlioscopie et a fortiori laparotomie) ne montre rien et est totalement inutile. En pratique la majorité des perforations surviennent en début d'expérience lors des 50 premières fertiloscopies. Le taux de perforation atteint alors 0,5 à 0,8 % pour ensuite se stabiliser aux alentours de 0,2 à 0,4 %.

## Fertiloscopie opératoire

À l'origine, la fertiloscopie (comme la cœlioscopie) était purement diagnostique. Progressivement nous avons essayé de voir

	N	%
Perdues de vues (démonstrations opératoires)	235	5,8 % non exploitées
Fertiloscopies normales	1678	50,2 %
Fertiloscopies anormales	1670	49,8 %
Total	3583(+417 fertiloscopies à visée opératoire)	

Tableau 1. Répartition des cas.

	N-%	Traitement par fertiloscopie	Traitement par coelioscopie secondaire
Hydrosalpinx	64	0	64
Phimosi	335	0	335
Endométriose I-II	198	156	42
Endométriose III-IV	49	0	49
Adhérences	334	201	133
Anomalies tubaires minimes	690	388	302
Total	1670 49,8 %	Total=745 44,6 %	Total=925 55,3 %

Tableau 2. Résultat des fertiloscopies.

	N	Cpr (taux de grossesse cumulé)
Drilling ovarien	380	220 (57,6 %)
Second drilling apres gss	37	19 (51,3 %)

Tableau 3. Résultat du drilling ovarien

si certaines interventions étaient possibles par cette voie. Les interventions possibles sont les suivantes : adhésiolyse, traitement des endométrioses minimes et traitement de certaines lésions minimes de la trompe et drilling ovarien chez les patientes présentant un syndrome des ovaires micro-polykystiques (OPK).

- **Adhésiolyse** : (8) il est possible de réaliser un ovaro-salpingo-lysis par fertiloscopie lorsque les adhérences sont minimes et situées entre ovaire et ampoule tubaire.
- **Endométriose** : seules les lésions minimes sont susceptibles d'être traitées par coagulation. Connaissant l'importance d'un traitement complet, il paraît légitime de recourir à une coelioscopie complémentaire dès que les lésions apparaissent importantes.
- **Lésions minimes des trompes** : il existe une grande variété de lésions dites minimes des trompes (« subtiles » lésions des anglo saxons). On dénombre en effet les kystes paratubaires (hydatide de Morgani) très fréquents, mais aussi les sacculations ampullaires réalisant un aspect de phimosis fonctionnel et également les trompes accessoires de taille variables. Ces lésions sont fréquentes, congénitales et bilatérales même si non totalement identiques des deux côtés. Considérées jusqu'à présent comme sans impact sur la fertilité elles étaient en général négligées. De récents travaux (Rasheed-9 Benmokhtar-10) ont montré l'importance de reconnaître et traiter ces lésions faisant par exemple passer le taux de grossesse de 23 à 85 % chez les patientes présentant des kystes paratubaires selon qu'ils étaient ou non traités chirurgicalement. La fertiloscopie est particulièrement intéressante pour détecter ces lésions et permet d'en traiter certaines : c'est le cas des kystes paratubaires traités à l'aide d'une sonde bipolaire. En revanche les sacculations ampullaires nécessitent un traitement par coelioscopie.
- **Drilling Ovarien** : le drilling ovarien peut être proposé chez les patientes présentant un syndrome des ovaires polykystiques (OPK) : 4 à 8 perforations sont effectuées sur chaque ovaire. Grâce à une aiguille bipolaire (seule énergie utilisable en milieu liquide).

Ainsi réalisé chez les patientes présentant un OPK (selon les critères de Rotterdam-(cf encadré) et chez lesquels le citrate de clomifène a été inefficace, on obtient un taux d'ovulation spontané de 55 % et un taux de grossesse dans les 6 mois de près de 60 % sans aucune grossesse multiple ni syndrome d'hyperstimulation.

## Résultats

A raison d'un peu plus de 200 fertiloscopies pratiquées par an depuis 1997, c'est plus de 4000 fertiloscopies qui ont été pratiquées à ce jour dans notre équipe. Nous présentons les résultats des 4000 fertiloscopies pratiquées de juin 1997 à Janvier 2016

Parmi ces 4000 fertiloscopies, 235 ont été pratiquées en démonstration et donc les renseignements sont imprécis. Sur les 3765 fertiloscopies restantes, 3348 ont été diagnostiques puis éventuellement thérapeutiques soit par fertiloscopie dans le cas d'anomalies minimes, soit par coelioscopie opératoire dès que ces anomalies étaient plus importantes.

Les résultats sont colligés dans le Tableau 1 et 2.

Au total des anomalies étaient retrouvés dans près de la moitié des cas 56 % nécessitant une coelioscopie complémentaire. Il est à noter que dans 690 cas les anomalies étaient minimes (soit 41 % de l'ensemble des pathologies). Ces anomalies minimes sont souvent négligées ou considérées comme n'ayant pas d'impact sur la fertilité. En réalité plusieurs travaux récents montrent l'intérêt qu'il y a à en faire le diagnostic et les traiter.

Dans les dystrophies ovariennes, 471 drilling par fertiloscopie ont été pratiqués. Le drilling a parfois été répété après une première voire une deuxième grossesse si la dystrophie ovarienne persistait (Tableau 3). Les résultats du drilling sont bons puisque près de 60 % des patientes obtiennent une grossesse dans les six mois suivant le drilling sans grossesse multiple ni hyperstimulation si fréquente dans ce syndrome.

## Conclusion

Cette série démontre l'efficacité et la sécurité de cette technique.

C'est une technique facile à acquérir, mais qui peine à s'imposer en France en raison du recours massif à la FIV.

Cette technique progresse néanmoins (plus à l'étranger qu'en France) pour des raisons probablement multi factorielles : prééminence de la FIV, recul de la chirurgie de la reproduction, nécessité d'apprendre une nouvelle technique. C'est pourquoi nous avons participé à l'élaboration d'un simulateur de fertiloscopie pour faciliter l'apprentissage de cette technique qui n'entends en aucun se substituer à la coelioscopie opératoire dont nous sommes des ardents défenseurs, mais

plutôt en un outil, performant, de diagnostic aux capacités thérapeutiques limitées.

La fertiloscopie n'entend pas non plus se substituer à la FIV mais lui être complémentaire en précisant au mieux ses indications.

## Références

1. Swart P, Mol BW, Van Beurden M *et al.* The accuracy of hysterosalpingography in the diagnosis of tubal pathology: a meta-analysis. *Fertil. Steril.* 1995;64:486-91.
2. Chapron C, Querleu D, Bruhat MA *et al.* Surgical complications of diagnostic and operative gynaecologic laparoscopy: a serie of 29966 cases. *Hum.Reprod.* 1999;13:867-72.
3. Gordts S, Campo R, Rombauts L, Brosens I Transvaginal hydrolaparoscopy as an outpatient procedure for infertility investigation. *Hum. Reprod.* 1998;13:99-103.
4. Watrelot A. Place of transvaginale fertiloscopy in the management of tubal factor disease. *RBM online.* 2007;15:389-95.
5. Watrelot A, Dreyfus JM, Andine JP. Fertiloscopy; first results (120 cases report). *Fertil. Steril.* 1998;70(Suppl):S-42G.
6. Watrelot A, Nisolle M, Hocke C *et al.* Is laparoscopy still the gold standard in infertility assessment? A comparison of Fertiloscopy versus laparoscopy in infertility. *Hum. Reprod.* 2003;18:834-9.
7. Gordts S, Watrelot A, CampoR, Brosens I. Risk and outcome of bowel injury during transvaginal pelvic endoscopy. *Fertil. Steril.* 2001;76:1238-41.
8. Watrelot A, Dreyfus JM. Explorations intra-tubaires au cours de la fertiloscopy. *Reprod Hum. et Horm.* 2000;12:39-44.
9. Rasheed SM, Abdelmonem AM. Hydatid of Morgani: a possible underestimated cause of unexplained infertility. *Eur j Obstet Gynecol Reprod Biol.* 2011;158:62-6.
10. Benmokthar, Chauvin G, Chaibi R, Watrelot A. Operative fertiloscopy.About 67 cases. *Gynecol Obstet. Fertil.* 2011;40:204-7.
11. Fernandez H, Alby JD. De la culdoscopy à la fertiloscopy opératoire. *Endomag.* 1999;21:5-6.

# Rapport bénéfice/risque du remplacement circonférentiel étendu de la trachée

## Extended Circumferential Tracheal Replacement: Balance the Risks with the Benefits

A Wurtz [1,2], J de Wolf [1,2], P Fayoux [2,3], E Kipnis [4], MC Copin [5]

1. Clinique de chirurgie cardiaque et thoracique - CHU de Lille.
2. Université de Lille Nord de France - UDSL, IFR 114 - EA 2693 - Faculté de Médecine, Lille.
3. Pôle enfant - Service de chirurgie ORL - CHU de Lille.
4. Service de réanimation chirurgicale - CHU de Lille.
5. Institut de pathologie - CHU de Lille.

### Mots clés

- ◆ Remplacement trachéal
- ◆ Trachée chirurgie
- ◆ Transplantation trachéale

### Résumé

**Objectifs :** Le remplacement trachéal circonférentiel étendu (RTC) est une intervention majeure. Le but de notre étude est d'en apprécier le rapport bénéfice/risque.

**Méthode :** Recherches à partir d'une base de données bibliographiques électroniques. Sélection des cas de RTC, incluant éventuellement la carène. Estimation, selon Kaplan-Meier, de la survie des patients opérés de carcinomes.

**Résultats :** Nous avons colligé 74 cas, dont 35 documentés : 15 cas cliniques et 4 séries représentant 20 patients. Les indications étaient : carcinomes adénoïdes kystiques (n=18) ; autres carcinomes (n=4) ; sténoses bénignes (n=9) ; déhiscences anastomotiques après résection trachéale (n=3) ; lymphome trachéal (n=1). Les RTC étaient cervicaux (n=10) ; médiastinaux (n=17) ; et/ou incluant la carène (n=8). Les substituts trachéaux étaient : tissus autologues (n=12) ; segment aortique (n=9) ; prothèse en Marlex mesh (n=6) ; matrice trachéale ou nano composite, ensemencées de cellules souches (n=5) ; allogreffe trachéale (n=3).

La mortalité hospitalière globale était de 8/35 (23 %). Elle était de 1/10 (10 %) après RTC cervical ; de 4/17 (24 %) après RTC médiastinal ; et de 3/8 (37, 5 %) après RTC avec reconstruction de carène. Chez les opérés pour carcinome, elle était de 6/22 (27 %) ; et la survie estimée de 48 % à 5 ans et de 39 % à 10 ans.

En terme de qualité de survie à long terme, moins d'un patient sur deux avait une voie aérienne perméable sans stent ni trachéotomie.

**Conclusion :** Les RTC cervicaux semblent légitimes. Compte tenu du risque, les indications à l'étage médiastinal devraient être discutées au cas par cas. L'atteinte carinaire devrait contre indiquer l'intervention. En présence d'un carcinome adénoïde kystique, il faudrait privilégier la chimio-radiothérapie, qui assure un contrôle local dans la majorité des cas.

Nous poursuivons des expérimentations animales pour mettre au point un substitut fiable, susceptible de réduire la morbi-mortalité du RTC.

### Keywords

- ◆ Tracheal replacement
- ◆ Trachea surgery
- ◆ Tracheal transplantation

### Abstract

**Objective:** Extended circumferential tracheal replacement (CTR) is a major challenge. Our study aims at balancing the risks against benefits of the procedure.

**Methods:** Publication searches through electronic bibliographic database. Case reports and case series were collected. The Kaplan-Meier analysis assessed probability of survival in cancer patients.

**Results:** Of 74 collected cases 35 well-documented were selected: 15 case reports and four case series including a total of 20 patients. Procedures were carried out for large carcinomas (n=22), mainly of adenoid cystic feature (n=18); benign stenosis (n=9); dehiscence after tracheal resection and reconstruction (n=3); non-Hodgkin lymphoma (n=1). CTR involved the cervical (n=10) or mediastinal (n=17) trachea. In eight cases, an additional carinal resection and reconstruction was performed. Tracheas were reconstructed by means of autologous tissues (n=12), mainly the radial forearm free flap, aortic segment (n=9), Marlex mesh prosthesis (n=6); stem-cell-seeded tracheal matrix or bioartificial nanocomposite (n=5). Finally, three tracheal transplantations were performed.

Overall, the in hospital mortality rate was 23% (8/35 patients). In the case of cervical or mediastinal CTR, it was 10% and 27%, respectively, with mortality increase in the case of carinal reconstruction (3/8 patients, 37.5%). The mortality rate in cancer patients was 27% (6/22 patients), and the 5-year and 10-year estimate survival was 48% and 39%, respectively.

In the long term, less than one in two alive patients present with a patent airway with no stent or tracheostomy. **Conclusion:** Cervical CTR are valuable indications and mediastinal CTR might be discussed on a case-by-case basis. In contrast, CRT associated with carinal reconstruction should be discarded. In the case of adenoid cystic carcinoma, risks of the surgery balanced with benefits advocate for definitive chemoradiotherapy which has been demonstrated effective in tracheal/carinal tumour location.

Investigations are ongoing in our lab to develop a reliable tracheal substitute capable of decreasing the morbi-mortality of CRT.

### Correspondance :

Alain Wurtz

Clinique de chirurgie cardiaque et thoracique - CHU Lille -59037 Lille Cedex.

Tel: +33 3 20 44 45 59 / Fax: +33 3 20 44 48 90 / E-mail: alain.wurtz@chru-lille.fr

Disponible en ligne sur [www.acad-chirurgie.fr](http://www.acad-chirurgie.fr)

1634-0647 - © 2016 Académie nationale de chirurgie. Tous droits réservés.

DOI : 10.14607/emem.2016.4.063

AUTEURS (année)	INTERVENTION		INDICATION	SUIVI	RESULTAT FONCTIONNEL
Rose <i>et al.</i> (6) (1979)	Remplacement cervical (C), médiastinal (M) Allogreffe trachéale revascularisée par le muscle sterno-cléido-mastoiïdien	(C)	Sténose acquise	9 semaines	Succès
Levashov <i>et al.</i> (7) (1993)	Allogreffe trachéale + épiploplastie	(M)	Médiastinite fibreuse (Sténose)	4 mois	Resténose (stenting)
Beldhom <i>et al.</i> (8) (2003)	Lambeau fascio-cutané ante brachial tubulé + <i>stent</i>	(C) + (M)	Carcinome adénoïde kystique	Décès à 16 mois (hypercalcémie)	Satisfaisant avec endoprothèse
Olias <i>et al.</i> (9) (2005)	Lambeau fascio-cutané ante brachial + cartilage + muqueuse buccale	(C)	Sténose acquise	6 mois	Satisfaisant
Spaggiari <i>et al.</i> (10) (2005)	Lambeau cutané libre + lambeaux épiploon + muscle pectoral + <i>stent</i>	(C) + (M)	Déhiscence après résection de trachée (cancer thyroïde)	Décès à 36 mois (récidive tumorale)	Satisfaisant avec endoprothèse
Azorin <i>et al.</i> (11) (2006)	Autogreffe aorte abdominale + <i>stent</i> (pas de lambeau)	(C)	Carcinome épidermoïde	Décès à 6 mois (pneumopathie)	Satisfaisant
Parchin <i>et al.</i> (12) (2007)	Allogreffe trachéale revascularisée (pédicule thyroïdien inférieur)	(C) + (M)	Sténose acquise	3 mois	Satisfaisant
Cai <i>et al.</i> (13) (2008)	Lambeau musculocutané cervical + <i>stent</i>	(C)	Lymphome non Hodg-kinien	30 mois	Satisfaisant avec endoprothèse
Davidson <i>et al.</i> (14) (2009)	Allogreffe aortique cryopréservée (pas de lambeau)	(C) + (M)	Déhiscence trachéale anastomotique	Décès post opératoire (fistule, médiastinite)	-
Maciejewski <i>et al.</i> (15) (2009)	Lambeau fascio-cutané ante brachial tubulé + support externe + <i>stenting</i> (6 mois)	(C)	Récidive de cancer de la thyroïde	24 mois	Satisfaisant (sevré de <i>stent</i> )
Yu <i>et al.</i> (16) (2011)	Lambeau fascio-cutané ante brachial tubulé + support externe + <i>stenting</i> (18 mois)	(C)	Carcinome adénoïde kystique	28 mois	Satisfaisant (sevré de <i>stent</i> )
Jungebluth <i>et al.</i> (17) (2011)	Prothèse nano composite + cellules souches + épiploplastie	(M) + carène	Récidive de carcinome muco-épidermoïde	5 mois	Décédé à terme (30)
Berg <i>et al.</i> (18) (2014)	Bio ingénierie matrice trachéale	(C)	Sténose acquise	Décès J27 (infection fongique du greffon)	-
Zanetta <i>et al.</i> (19) (2014)	Allogreffe aortique cryopréservée + lambeau	(C)	Déhiscence après résection crico-trachéale pour sténose	60 mois	Tube de Montgomery
Hamilton <i>et al.</i> (20) (2015)	Bio ingénierie matrice trachéale + épiploplastie + <i>stenting</i>	(C) + (M)	Sténose congénitale	48 mois	Sténose serrée (stenting)

Tableau I. Remplacement circonférentiel étendu de la trachée. 15 observations isolées exploitables.

Lorsque, après résection de trachée, la solution de continuité excède 50 % de sa longueur chez l'adulte et 30 % chez l'enfant, une anastomose bout-à-bout n'est pas envisageable. Un remplacement trachéal circonférentiel étendu (RTC) est alors nécessaire. Il consiste à interposer un substitut suturé de manière circonférentielle aux deux extrémités restantes de la trachée native, le cas échéant après résection et reconstruction de la carène. C'est un geste majeur dont la principale indication est le traitement de certains cancers évolués, certaines pathologies acquises (sténoses, malacies) et des pathologies congénitales comme l'atrésie ou les sténoses trachéales par hypoplasie.

La mise au point d'un substitut trachéal circonférentiel a fait l'objet d'un nombre impressionnant d'études expérimentales. Cependant, elles n'ont débouché que sur de rares applications cliniques (1). Il convient, à cet égard, de noter que la confusion est souvent faite, dans la littérature, entre les reconstructions partielles et les reconstructions circonférentielles qui posent les problèmes techniques les plus difficiles (1).

Afin d'apprécier le rapport bénéfice/risque du RTC, nous avons conduit une étude de la littérature en prenant soin d'exclure toutes les interventions qui n'étaient pas, *stricto sensu*, des RTC, à savoir : les remplacements ou les transplantations étendus en longueurs mais qui n'intéressent que la portion cartilagineuse de la trachée, en laissant en place la membraneuse native (2, 3) ; les remplacements étendus non circonférentiels de la paroi trachéale, de type patch ; et les rallonges trachéales circonférentielles dont le bout proximal est abouché à la peau, après trachéo laryngectomies étendues (4), une solution alternative à l'établissement d'une trachéostomie médiastinale antérieure reconstruite par lambeau musculocutané (5).

## Matériel et Méthodes

Les recherches bibliographiques ont été faites à partir de la base de données bibliographiques et bibliométriques Pubmed avec notamment les mots clefs suivants : remplacement trachéal - transplantation trachéale - reconstruction trachéale - trachée chirurgie - étude de case reports et de case series avec croisement des données bibliographiques. Nous n'avons colligé que les observations documentées, notamment en terme de suivi à moyen/long terme.

La courbe de survie estimée selon la méthode de Kaplan-Meier, des patients ayant bénéficié d'un RTC pour cancer, a été établie avec le logiciel Graphpad Prism 5.0 (GraphPad Software, Inc. La Jolla, CA).

La qualité de la survie à long terme a été appréciée sur la nécessité ou non du maintien d'une endoprothèse trachéale ou d'une trachéotomie.

## Résultats

Nous avons colligé 74 cas, dont 35 sont suffisamment documentés : 15 cas cliniques (6-20) (Tableau I) et 4 séries incluant un total de 20 patients (4, 21-24) (Tableau II). Nous n'avons pas retenu la série de Neuville et al., qui avaient effectué 31 RTC par interposition d'un substitut prothétique en silicone (25). Certes, il s'agit de la plus grande série de la littérature, mais malheureusement le nombre important de patients perdus de vue la rend inexploitable. Nous n'avons pas, non plus, retenu la série de Jungebluth et al., publiée en 2012, lesquels faisaient état de sept remplacement trachéaux par matrice trachéaleensemencée de cellules souches (bio ingénierie), mais sans fournir la moindre information sur les

AUTEURS (année)	INTERVENTION Remplacement cervical (C), médiastinal (M)	INDICATION	SUIVI	RESULTAT	
Pearson <i>et al.</i> (21) (1974)	Cylindre Marlex Mesh (6 patients)	(C) + (M) (n=5) (M) + carène (n=1)	CAK (n=6)	Quatre décès post opératoires : - rupture TA innominé (n=3) - pneumothorax suffocant (n=1)	2 survies (8 et 10 ans) Voie aérienne perméable
Wurtz <i>et al.</i> (22, 23) (2007/2010)	Allogreffe aortique + lambeaux : muscle pectoral +/- graisseux thymo-péricardique (6 patients)	(C) + (M) (n=5) + 3 fois la carène. (M) + carène avec pneumonectomie G (n=1)	Carcinome muco-épidermoïde (n=1) CAK (n=5)	3 décès à 26, 45 et 77 mois ; 3 survies à 105, 109 et 122 mois	Endoprothèse de Dumon courte (n=3/3)
Polyakov <i>et al.</i> (23) (2013)	Prothèse nano composite + cellules souches (2 patients)	(C) (n=2)	Sténose (n=2)	Plicature, granulomes, infection. Suivi : 6 mois	Stent métallique de nécessité (n=2/2)
Fabre <i>et al.</i> (4) (2013)	Lambeau fascio-cutané ante brachial + cartilage (6 patients)	(C) + (M) (n=4) (M) + carène (n=2)	CAK (n=5) Sténose (n=1)	2 décès post opératoires 1 décès à 16 mois (CAK) 3 survies : à 18 mois (sténose) ; à 41 mois et 66 mois (CAK)	Trachéotomie permanente (n=2/3)

Tableau II. Remplacement circonférentiel étendu de la trachée. Séries (20 dossiers exploitables).

modalités de l'intervention, les suites opératoires, et les résultats à moyen terme (26). À une demande formelle de données précises (27), les auteurs ont répondu qu'ils ne manqueraient pas de les transmettre (28), ce que, en réalité, ils n'ont jamais fait (29). Enfin, Fabre et al. ont rapporté, en 2013, une série de 12 reconstructions trachéales par lambeau libre fascio-cutané ante brachial, avec ou sans renforcement par anneaux cartilagineux (4). Cette série est hétérogène, car elle inclut deux réparations latérales de fistule œso-trachéale ; trois rallonges trachéales (en solution alternative à l'établissement d'une trachéostomie médiastinale antérieure) ; et une reconstruction étendue, mais en grande partie non circonférentielle, de la trachée. De ce fait, seuls les six RTC pour sténose/malacie étendue (n=1) ou carcinome adénoïde kystique (CAK) (n=5) ont été retenus pour notre étude.

### Indications opératoires

Les indications opératoires chez les 35 patients retenus ont été principalement le traitement d'un carcinome évolué : 18 CAK (4, 8, 16, 21-23) ; deux carcinomes muco-épidermoïdes (17, 22) ; un carcinome épidermoïde (11) ; une invasion trachéale d'un cancer thyroïdien (15) ; et un lymphome non Hodgkinien plasmocytaire trachéal (13).

Neuf sténoses bénignes ont été traitées par RTC : sept étaient des séquelles d'intubation ou de trachéotomie (6, 9, 12, 18, 24) ; ou de stenting répétés (4) ; une était secondaire à une médiastinite fibreuse (7) ; la dernière était secondaire une chirurgie d'atrésie trachéale (20).

Enfin, trois déhiscences anastomotiques après résection trachéale ou crico trachéale, ont fait l'objet d'un RTC de sauvetage (10, 14, 19).

### Les substituts trachéaux

Les substituts trachéaux ont été douze fois façonnés à partir de tissus autologues, essentiellement le lambeau fascio-cutané ante brachial tubulé et transposé en lambeau libre. Il fut utilisé dès 2003 par Beldhom et al., sous la forme d'un tube soutenu par une endoprothèse, après résection d'un CAK (8). Olias et al. ont eu, pour la première fois, l'idée d'étayer ce greffon par du cartilage, ce qui assurait la perméabilité et la stabilité de la voie aérienne (9). Dans le même but, d'autres ont fait appel à des anneaux synthétiques résorbables (15) ; ou une prothèse externe (16). Finalement, le lambeau fascio-cutané ante brachial tubulé, renforcé par des anneaux cartilagineux façonnés à partir de cartilages costaux, a été développé par Fabre et al. (4).

L'interposition d'un segment aortique soutenu par une endoprothèse en silicone de type Dumon, droite ou bifurquée, a été effectuée à neuf reprises : il s'agissait d'une autogreffe aortique (prélevée au niveau de l'aorte abdominale sous rénale) (11) ; deux allogreffes fraîches (22) ; et six allogreffes cryopréservées (14, 19, 23).

Six RTC par substitut prothétique de Marlex mesh tubulé ont été rapportés par Pearson et al. en 1974 (21), mais cette technique a été rapidement abandonnée.

En matière de bio ingénierie, les cinq observations bien documentées sont deux cas de RTC par matrice trachéale ensemencée de cellules souches (18, 20) ; et trois cas de RTC par substitut nanocomposite, ensemencé à l'identique (17, 24).

Enfin, trois cas de transplantation trachéale ont été rapportés, la revascularisation de l'allogreffe ayant été assurée par enveloppement préalable dans le muscle sterno cleido mastoïdien (6) ; par épiploplastie (7) ; ou directement par l'intermédiaire du pédicule thyroïdien inférieur (12).

### Suites immédiates

Il est difficile d'entrer dans le détail des complications post opératoires, qui ont été nombreuses et variées. Elles étaient néanmoins dominées par l'encombrement des voies aériennes supérieures à l'origine de pneumopathies et/ou de SDRA ; et les ruptures vasculaires, essentiellement du tronc artériel innominé, particulièrement menacé lors des RTC par substitut prothétique. Ainsi trois patients sur six rapportés par Pearson (21) ont présenté cette complication létale (Tableau II).

Finalement, la mortalité post opératoire globale a été de 8/35 patients (23 %). Après RTC cervical, elle était de 1/10 (10 %) ; après RTC médiastinal de 4/17 (24 %) ; et après RTC associé à une reconstruction de carène de 3/8 (37, 5 %).

Chez les patients opérés pour carcinome (n=22), la mortalité postopératoire a été de 6/22 (27 %).

En fonction du substitut trachéal, la mortalité post opératoire a été la suivante :

- lambeau fascio-cutané ante brachial : 2/10 patients (20 %) ;
- greffon aortique : 1/9 (11 %) ;
- prothèse en Marlex mesh : 4/6 (66 %) ;
- bio ingénierie : 1/5 (20 %) ;
- transplantation trachéale : pas de décès.

### Survie à long terme. Qualité de survie

La survie estimée des patients opérés pour cancer est de 48 % à 5 ans et de 39 % à 10 ans (Fig 1).

En terme de qualité de vie des survivants, quatre patients ayant bénéficié d'un RTC par lambeau fascio-cutané ante

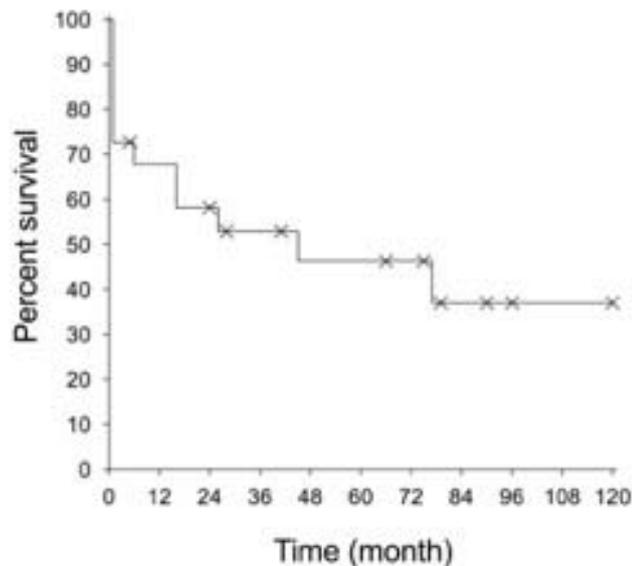


Figure 1. Courbe de survie estimée des patients opérés de remplacement trachéal circonférentiel étendu pour carcinome. Les patients censurés sont repérés par une croix. La survie est de 48 % à 5 ans et de 39 % à 10 ans.

brachial ont pu être sevré de stent. Mais deux sont porteurs d'une trachéotomie définitive (4).

Les trois patients vivants après RTC par allogreffe aortique pour CAK ont encore besoin d'un support endoluminal. Ils sont appareillés par une endoprothèse courte en silicone de type Dumon, qui est bien tolérée. De même, la jeune patiente opérée de RTC par allogreffe aortique pour déhiscence anastomotique après résection crico trachéale pour sténose, est encore appareillée par un tube de Montgomery cinq ans plus tard (19).

Les deux survivants à 8 et 10 ans porteurs d'un substitut trachéal en Marlex mesh, n'ont pas été appareillés (21).

Dans le cadre de la bio ingénierie trachéale, les trois patients en vie ont fait l'objet de stenting par endoprothèse métallique auto expansive, pour sténose sévère de la matrice trachéale (20, 29) ; ou obstruction par plicature du substitut nanocomposite survenue dans les six mois post opératoires (24).

Deux des trois opérés de transplantation trachéale ont une voie aérienne supérieure perméable (6, 12). Cependant on manque de recul pour ces deux observations (9 et 12 semaines, respectivement).

Finalement, parmi les survivants à long terme, huit patients ont une voie aérienne supérieure perméable, sans appareillage. Sept sont porteurs d'un stent et trois sont trachéotomisés.

## Résultats personnels

A l'occasion de cette mise au point, nous avons l'opportunité de résumer brièvement notre casuistique personnelle de carcinomes évolués traités par RTC avec interposition d'une allogreffe aortique enveloppée de lambeaux régionaux (22-23). Les lésions macroscopiques et les sections chirurgicales trachéales et bronchiques ont été schématisées Figure 2. Le patient 1 a été opéré pour traiter un carcinome mucoépidermoïde, et les cinq autres, un CAK. Malgré une morbidité importante, il n'y a pas eu de mortalité hospitalière, y compris dans les trois cas de reconstruction de carène. Les patients 1, 2 et 4 sont décédés respectivement à 45, 26 et 77 mois. Les patients 3, 5 et 6 sont actuellement en vie, respectivement à 122, 109 et 105 mois (moyenne : 112 mois). Ils sont porteurs d'une endoprothèse courte, bien tolérée, les allogreffes s'étant significativement rétractées en longueur

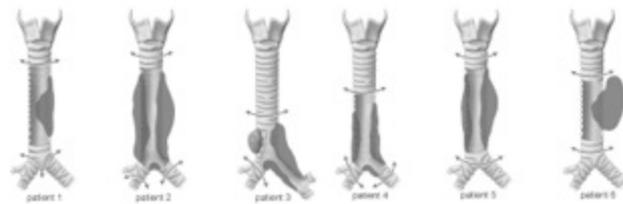


Figure 2. Schéma des tumeurs réséquées chez les patients 1 à 6. Les doubles flèches représentent les coupes trachéales et bronchiques. A l'heure actuelle, les patients 3, 5 et 6 sont en vie, respectivement à 122, 109 et 105 mois.

(50 à 60 %), mais sans formation d'anneaux trachéaux au sein de leur paroi, comme cela avait été préalablement décrit sur certains modèles animaux.

## Commentaires

### Le choix du substitut trachéal

La transplantation trachéale est la technique la plus séduisante dans son principe, mais elle soulève deux problèmes majeurs : l'absence de pédicule vasculaire individualisé, qui autoriserait une revascularisation immédiate du greffon, comme dans une transplantation d'organe plein ; et la nécessité d'une immunosuppression, formellement contre-indiquée en cancérologie. Cela explique le caractère anecdotique des observations de transplantation circonférentielle (6, 7, 12). Quant aux RTC par techniques de bio ingénierie, ils se sont tous soldés par des échecs plus ou moins complets (30, 31). Notre étude démontre que les solutions les plus fiables de reconstruction après RTC sont le lambeau fascio-cutané ante brachial autologue d'une part ; et l'allogreffe aortique cryopréservée d'autre part. Dans les deux cas l'immunosuppression n'est pas requise, un avantage substantiel en cancérologie.

S'agissant d'une technique de transplantation de lambeau libre, l'utilisation du lambeau fascio-cutané ante brachial pour reconstruire la trachée est hypothéquée par le risque de thrombose post opératoire des vaisseaux nourriciers du greffon, qui peut survenir dans 8 à 20 % des cas (32). Et effectivement, Fabre et al. ont été confrontés à cette difficulté (4 : page 1155, Discussion). De notre côté, au début de notre expérience du remplacement trachéal par allogreffe aortique, nous avons été confrontés à la survenue de micro fistules entre le greffon et l'œsophage, asymptomatiques du fait de leur couverture par l'endoprothèse trachéale. Elles étaient probablement consécutives à un défaut d'enveloppement postérieur du greffon. Ce problème a été résolu par un enveloppement additionnel chez les derniers patients (33). À cet égard, le RTC par allogreffe aortique ne se conçoit qu'avec un enveloppement circonférentiel complet du greffon (34). Étant donné la disponibilité des allogreffes aortiques cryopréservées dans les banques de tissus, c'est une solution particulièrement précieuse en situation d'urgence comme la déhiscence anastomotique après résection trachéale conventionnelle (19). Il convient enfin de noter qu'une étude prospective contrôlée (TRACHEOBRONCART) portant sur le remplacement trachéal/bronchique par allogreffe aortique cryopréservée est en cours (35).

Si on confronte les deux séries très comparables de six RTC, par allogreffe aortique d'une part (23), et par lambeau fascio-cutané ante brachial d'autre part (4), les résultats plaident en faveur de la première technique (36) ; mortalité hospitalière : zéro contre 2/6 décès ; résection complète des CAK, de type R0 : 5/5 contre 1/5 ; et survie moyenne de 64 mois contre 25

mois (en 2014). En terme de qualité de survie, deux des trois patients survivants de la série de Fabre et al. sont définitivement trachéotomisés, alors que nos trois survivants sont appareillés avec une endoprothèse courte particulièrement bien tolérée : nous avons le sentiment que la clearance des sécrétions est beaucoup plus laborieuse à travers un tube cutané rigide, qu'à travers une endoprothèse en silicone.

### Indications du remplacement trachéal circonférentiel étendu

A la lumière de notre étude, il apparaît légitime de proposer des RTC à l'étage cervical mais, a contrario, une atteinte de la carène semble constituer une contre-indication absolue. À l'étage médiastinal, l'indication devrait être discutée au cas par cas.

Reste le problème de la conduite à tenir vis à vis des CAK évolués. Sachant que l'évolution en est très lente, et compte tenu des progrès significatifs des techniques de radiothérapie (tomothérapie) ou de chimio radiothérapie, il nous semble que la chirurgie des CAK évolués n'est plus légitime. En effet des réponses complètes prolongées ont été obtenues notamment par un protocole associant Carboplatine-Plaxitaxel et radiothérapie concomitante (37, 38) ; et cette efficacité à long terme nous a été confirmée grâce à une communication électronique avec les auteurs de ces publications (36).

Pour autant, de nouvelles indications émergent, comme les atrésies secondaires à l'occlusion trachéale anténatale par ballonnet qui vise à corriger l'hypoplasie pulmonaire associée à certaines hernies diaphragmatiques congénitales (39).

En conséquence, des travaux expérimentaux sont encore à conduire pour mettre au point un substitut trachéal réellement fiable. Nous avons été déçus par l'absence de « trachéalisation » des allogreffes aortiques à long terme. De ce fait, notre équipe étudie actuellement un modèle d'allogreffe trachéale dénudée d'épithélium (le principal vecteur du rejet) et cryopréservée chez le miniporc, avec des résultats préliminaires intéressants en terme de tolérance immunitaire et de préservation des qualités biomécaniques du greffon (30).

### Discussion en séance

#### Commentaire d'A Chapelier

Alain Wurtz qui s'est impliqué de longue date dans le remplacement trachéal, rapporte aujourd'hui une revue de la littérature concernant 35 cas suffisamment documentés de remplacement trachéal circonférentiel étendu selon différentes techniques.

Il faut d'abord rappeler que la technique de référence de résection anastomose de trachée pour sténose post intubation ou tumeur peut s'appliquer à des lésions étendues jusqu'à 50 % de la longueur trachéale du patient, soit 6 cm environ, en s'aidant, dans les résections trachéales les plus longues, de procédés tels que l'abaissement laryngé et la mobilisation de la trachée basse et de la carène, pour permettre une anastomose sans tension. Au-delà, peut se discuter de façon exceptionnelle un remplacement trachéal complet qui est resté, jusqu'à récemment, un défi chirurgical.

Tous les types de remplacement de la trachée par prothèse ayant été des échecs, les techniques de remplacement trachéal développées par plusieurs équipes ont été de 4 types : (1) la transplantation de l'axe trachéal ou laryngotrachéal à partir d'un donneur, a été faite avec succès dans quelques cas. Il s'agit d'une intervention complexe, difficile à reproduire et nécessitant une immunosuppression ; (2) l'allogreffe aortique, proposée notamment par l'équipe de Lille, aboutit à un raccourcissement significatif de la longueur du substitut aortique implanté, et nécessite le maintien d'un stent endoaortique en post opératoire, source d'encombrement, d'infection,

et de complications à type d'érosion œsophagienne ou vasculaire médiastinale ; (3) la technique de remplacement autologue de trachée, développée par l'équipe de Marie Lannelongue, a été rapportée en 2013 dans *Annals of Thoracic Surgery*. Il s'agit d'un conduit constitué par un lambeau libre fascio-cutané de l'avant-bras, de type lambeau chinois, renforcé par plusieurs cartilages costaux autour d'un stent siliciné. Le lambeau est vascularisé par l'artère et la veine radiale anastomosées au niveau cervical. Le stent est laissé en place en post opératoire durant deux semaines environ, puis retiré. Cette technique offre un conduit trachéal rigide, sans renforcement prothétique, résistant aux pressions intra thoraciques et surtout à la dépression respiratoire, comme en attestent les contrôles post opératoires endoscopiques et par scanner dynamique. Les patients atteints d'un carcinome adénoïde kystique relevant d'une radiothérapie complémentaire ont pu être irradiés sans conséquence pour le lambeau. L'imperfection de cette néo trachée est liée à l'absence d'épuration muco ciliaire au niveau du revêtement cutané.

Dans la publication originale de 2013, 12 cas ont été rapportés avec deux échecs en cas de remplacement incluant la carène conduisant au décès du patient. L'envahissement de la carène apparaît comme la limite de cette technique. A distance, deux patients sont décédés l'évolution tumorale et huit patients étaient vivants avec un recul de 4 à 101 mois. Cette technique offre ainsi les meilleurs résultats.

La quatrième technique de remplacement trachéal relève de l'ingénierie tissulaire et utilise une matrice trachéale décellularisée et ensemencée de cellules souches. Elle a été faite dans quelques cas de remplacement bronchique ou trachéal dont certains étaient sans doute accessibles à une technique conventionnelle de résection anastomose.

#### Réponse

Effectivement les deux techniques principales de remplacement circonférentiel étendu de la trachée sont l'allogreffe aortique d'une part, et la reconstruction par lambeau libre fascio-cutané antébrachial tubulé d'autre part. Certes, la première méthode impose le port permanent d'un stent en silicone, mais, contrairement à ce qui vient d'être dit, celui-ci est extrêmement bien toléré avec une maintenance réduite à un aérosol quotidien. Les trois patients actuellement en vie à très long terme ont (ou ont eu) une activité professionnelle à temps complet et deux font du sport : tennis, jogging et surf pour l'un d'entre eux. Quant aux fistules avec l'œsophage qui ont été évoquées, elles sont survenues au début de notre expérience : il s'agissait de micro fistules asymptomatiques du fait de leur couverture par l'endoprothèse trachéale. Et j'ai la prétention de dire que la clearance des sécrétions est plus aisée avec une endoprothèse en silicone qu'avec un tube cutané.

Concernant la série de Marie Lannelongue, c'est bien six remplacements circonférentiels étendus de la trachée qui ont été effectués (les autres patients ayant eu soit des reconstructions non circonférentielles, soit des rallonges après trachéolaryngectomies étendues). Sur ces 6 patients, il y a eu deux décès post opératoires et deux des trois survivants à long terme sont porteurs d'une trachéotomie définitive. Ainsi, les meilleurs résultats sont, en réalité, le fait des remplacements trachéaux par allogreffe aortique, comme l'atteste une correspondance que nous avons publiée dans *Annals of Thoracic Surgery* en 2014 (36).

#### Question de M Germain

D'abord, toutes mes félicitations pour votre ténacité.

J'ai une simple question : concernant le revêtement épithélial de la néo trachée, qui est un vrai souci car il permet au patient d'expectorer, quelle est votre solution ?

#### Réponse

En fait, la régénération épithéliale s'effectue à partir des deux extrémités de la trachée native anastomosées au greffon. Elle est d'autant plus lente à s'établir que celui-ci est

plus long. Pour l'allogreffe aortique, nous avons des preuves histologiques de cette régénération. Pour autant, le manque de rigidité du greffon nécessite le maintien d'un endoprothèse en silicone, laquelle autorise la clearance des sécrétions.

#### Question de H Judet

Il y a très peu de cas rapportés. Est-ce lié aux difficultés techniques ou à la rareté des indications ?

#### Réponse

Il y a effectivement très peu d'indications au remplacement circonférentiel étendu de la trachée, la principale étant le carcinome adénoïde kystique. À titre personnel, j'estime que, pour ce type de tumeur, le bénéfice/risque n'est pas en faveur de cette chirurgie, alors que la radiothérapie moderne est très efficace. Notamment, la tomothérapie, une irradiation hélicoïdale à entrées multiples, permet l'irradiation du médiastin profond avec une grande précision, et avec un minimum d'effets secondaires au niveau des organes adjacents.

## Références

- Rich JT, Gullane PJ. Current concepts in tracheal reconstruction. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg* 2012;20:246-53.
- Jacobs JP, Quintessenza JA, Andrews T, Burke RP, Spektor Z et al. Tracheal allograft reconstruction: the total north American and worldwide pediatric experiences. *Ann Thorac Surg* 1999;68:1043-52.
- Delaere PR, Vranckx JJ, Meulemans J, Vander Poorten V, Segers K et al. Learning curve in tracheal allotransplantation. *Am J Transplant* 2012;12:2538-45.
- Fabre D, Kolb F, Fadel E, Mercier O, Mussot S et al. Successful tracheal replacement in humans using autologous tissues: *Ann Thorac Surg* 2013;96:1146-55.
- Conti M, Benhamed L, Mortuaire G, Chevalier D, Pinçon C, Wurtz A. Indications and results of anterior mediastinal tracheostomy for malignancies. *Ann Thorac Surg* 2010;89:1588-95.
- Rose KG, Sesterhenn K, Wustrow F. Tracheal allotransplantation in man. *Lancet* 1979;1:433.
- Levashov YN, Yablonsky PK, Cherny SM, Orlov SV, Shafirovsky BB, Kuznetsov IM. One stage allotransplantation of thoracic segment of the trachea in a patient with idiopathic fibrosing mediastinitis and marked tracheal stenosis. *Eur J Cardiothorac Surg* 1993;7:383-6.
- Beldholm BR, Wilson MK, Gallagher RM, Caminer D, King MJ, Glanville A. Reconstruction of the trachea with a tubed radial forearm free flap. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2003;126:545-50.
- Olias J, Millán G, da Costa D. Circumferential tracheal reconstruction for the functional treatment of airway compromise. *Laryngoscope* 2005;115:159-61.
- Spaggiari L, Calabrese LS, D'Aiuto M, Veronesi G, Galetta D, Venturino M et al. Successful subtotal tracheal replacement (using a skin/omental graft) for dehiscence after resection for thyroid cancer. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2005;129:1455-6.
- Azorin JF, Bertin F, Martinod E, Laskar M. Tracheal replacement with an aortic autograft. *Eur J Cardiothorac Surg* 2006;29:261-3.
- Parchin VD, Milanov NO, Trofimov EI, Tarabrin EA, Goudovky LM, Vigiguiña MA et al. Première transplantation de trachée revascularisée pour sténose subtotale cicatricielle. *Chirurgie Thoracique Cardio-Vasculaire* 2007;11:102-5.
- Cai C, Jiang RC, Li ZB, Chen XD, He MZ, Liu L, et al. Two-stage tracheal reconstruction of primary tracheal non-Hodgkin lymphoma with nitinol mesh stent and cervical myocutaneous flap. *Ann Thorac Surg* 2008;85e:17-9.
- Davidson MB, Mustafa K, Girdwood RW. Tracheal replacement with an aortic homograft. *Ann Thorac Surg* 2009;88:1006-8.
- Maciejewski A, Szymczyk C, Półtorak S, Grajek M. Tracheal reconstruction with the use of radial forearm free flap combined with biodegradable mesh suspension. *Ann Thorac Surg* 2009;87:608-10.
- Yu P, Clayman GL, Walsh GL. Long-term outcomes of microsurgical reconstruction for large tracheal defects. *Cancer* 2011;117:802-8.
- Jungebluth P, Alici E, Baiguera S, Le Blanc K, Blomberg P, Bozóky B et al. Tracheobronchial transplantation with a stem-cell-seeded bioartificial nanocomposite: a proof-of-concept study. *Lancet* 2011 10;378:1997-2004.
- Berg M, Ejnell H, Kovács A, Nayakawde N, Patil PB, Joshi M. Replacement of a tracheal stenosis with a tissue-engineered human trachea using autologous stem cells: a case report. *Tissue Eng Part A* 2014;20:389-97.
- Zanetta A, Cuestas G, Rodríguez H, Tramonti N, Boglione M. Laryngotracheal reconstruction with cryopreserved aortic allograft as a salvage technique when cricotracheal resection complications occur in paediatrics. *Acta Otorrinolaringo Esp* 2014;65:191-3.
- Hamilton NJ, Kanani M, Roebuck DJ, Hewitt RJ, Cetto R et al. Tissue-Engineered Tracheal Replacement in a Child: A 4-Year Follow-Up Study. *Am J Transplant* 2015;15:2750-7.
- Pearson FG, Thompson DW, Weissberg D, Simpson WJ, Kergin FG. Adenoid cystic carcinoma of the trachea. Experience with 16 patients managed by tracheal resection. *Ann Thorac Surg* 1974;18:16-29.
- Wurtz A, Porte H, Conti M, Desbordes J, Azorin JF, Martinod E et al. Tracheal replacement with aortic allografts. *N Eng J Med* 2006;355:1938-40.
- Wurtz A, Porte H, Conti M, Desbordes J, Dusson C, Copin M-C et al. Surgical technique and results of tracheal and carinal replacement with aortic allografts for salivary gland-type carcinoma. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2010;140:387-93.
- Polyakov I, Macchiarini P, Jungebluth P, Pashkova I, Gilevitch I, Kononenko V et al. Artificial tracheo-laryngeal complex (ATLC) transplantation in patients with tracheal disease. Early results (a 6-month follow-up period). Krasnodar (Russian Federation) experience. ESTS Congress, Birmingham, May 26-29, 2013.
- Neuville WE, Bolanowski PJP, Kotia GG. Clinical experience with the silicone tracheal prosthesis. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1990;99:604-13.
- Jungebluth P, Moll G, Baiguera S, Macchiarini P. Tissue-engineered airway: a regenerative solution. *Clin Pharmacol Ther* 2012;91:81-93.
- Wurtz A, Kipnis E. Tissue-engineered airway in the clinical setting: a call for information disclosure. *Clin Pharmacol Ther* 2012;91:973.
- Macchiarini P, Jungebluth P. Response to "Tissue-engineered airway in the clinical setting: a call for information disclosure. *Clin Pharmacol Ther* 2012;91:974.
- Weiss DJ, Elliott M, Jang Q, Poole B, Birchall M. Tracheal bioengineering: the next steps. *Proceeds of an International Society of Cell Therapy Pulmonary Cellular Therapy Signature Series Workshop, Paris, France, April 22, 2014. Cytotherapy.* 2014;16:1601-13.
- Wurtz A, Hysi I, Kipnis E, Copin MC. Recent Advances in Circumferential Tracheal Replacement and Transplantation. *Am J Transplant* 2016;16:1334-5.
- Claesson-Welsh L, Hansson GK; Royal Swedish Academy of Sciences. Tracheobronchial transplantation: The Royal Swedish Academy of Sciences' concerns. *Lancet* 2016;387:942.
- Philandrianos C, Casanova D, D'journo XB, Thomas PA. Two-stage free anterolateral thigh flap in the management of full-thickness chest wall resection. *Eur J Cardiothorac Surg* 2016 Jun 3. pii: ezw194 [Epub ahead of print].
- Wurtz A, Juthier F, Conti M, Vincentelli A. The "thymopericardial fat flap": a versatile flap in thoracic and cardiovascular surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2011;141:841-2, 842.e1.
- Wurtz A. Tracheal replacement with banked cryopreserved aortic allograft. *Ann Thorac Surg* 2010;89:2072.
- Martinod E, Seguin A, Radu DM, Boddart G, Chouhan K, Fialaire-Legendre A et al. Airway transplantation: a challenge for regenerative medicine. *Eur J Med Res.* 2013;18:25.
- Wurtz A. Circumferential tracheal replacement: Do the benefits warrant the risks? *Ann Thorac Surg* 2014;97:1480.
- Haddad RI, Posner MR, Busse PM, Norris CM Jr, Goguen LA, Wirth LJ, et al. Chemoradiotherapy for adenoid cystic carcinoma: preliminary results of an organ sparing approach. *Am J Clin Oncol* 2006;29:153-7.
- Allen AM, Rabin MS, Reilly JJ, Mentzer SJ. Unresectable adenoid cystic carcinoma of the trachea treated with chemoradiation. *J Clin Oncol.* 2007;25:5521-3.
- Benachi A, Saada J, Martinovic J, de Lagausie P, Storme L, Jani J. Hernie congénitale du diaphragme : prise en charge anténatale. *Rev Mal Respir* 2011;28:800-8.

# Accueil massif de victimes à l'HIA Bégin : Retour d'expérience des attentats à Paris du vendredi 13 novembre 2015

## Massive Casualties at Bégin Military Teaching Hospital: Feedback from the Terrorist Attacks in Paris on Friday, November 13, 2015

O Barbier, A Bouchard, M Le Bars, D Ollat, G Versier

*Service de chirurgie orthopédique - HIA Bégin - Saint Mandé.*

### Mots clés

- ◆ Afflux massif
- ◆ Terrorisme
- ◆ Triage
- ◆ Damage Control
- ◆ Plan blanc

### Résumé

Les guerres récentes ont permis au Service de Santé des Armées d'améliorer la qualité de la prise en charge des blessés de guerre en opération extérieure. Le 13 novembre 2015, c'est à Paris que la France fut directement frappée et l'Hôpital d'Instruction des Armées Bégin, comme plusieurs hôpitaux parisiens, ont dû faire face à un afflux massif d'un grand nombre de victimes par balles. Grâce à notre expérience opérationnelle, les blessés hospitalisés dans les hôpitaux militaires ont bénéficié d'une prise en charge basée sur les principes du triage et le damage control (DC). Quarante-cinq patients ont été pris en charge dans notre hôpital, d'âge moyen 32 ans. Lors du triage, huit patients étaient catégorisés T1 (dont 4 extrêmes urgences) et 37 étaient classés T2 (10 patients) ou T3 (27 patients). Vingt-deux blessés ont bénéficié d'une prise en charge chirurgicale en urgence pour des plaies isolées des parties molles des membres dans 15 cas, des fractures balistiques dans 8 cas (dont une avec une plaie cervicale) et cinq plaies abdominales. Deux patients classés T1 EU sont décédés précocement. Au total, plus de 50 interventions ont été réalisées dont des parages itératifs, des modifications d'ostéosynthèse, trois amputations et deux lambeaux. A 9 mois, tous les patients sont sortis, sont cicatrisés et ont consolidés. Seule une patiente présente une raideur ayant nécessité une arthrolyse. Cet événement a montré que des blessures de guerres comparables à celle des militaires blessés au combat sont dorénavant visibles sur notre territoire. L'expérience acquise en matière de blessure de guerre par le Service de Santé des Armées est précieuse. Les principes de triage et de damage control doivent être connus de tous. Chaque hôpital doit être prêt à faire face à ce type d'afflux massif de blessés (plan blanc) sur le territoire.

### Keywords

- ◆ Massive casualties
- ◆ Terrorism
- ◆ Triage
- ◆ Damage Control
- ◆ Plan

### Abstract

Recent wars have enabled the French Army Health Service improve the quality of care for soldiers wounded in action. On 13 November 2015, it was in Paris that France was attacked and Bégin Military Teaching Hospital, as several hospitals in Paris, has faced lot of victims wounded by bullets. With our operational experience, the victims have received cares based on the principles of triage and Damage Control (DC). Forty-five patients were taken in care in our hospital, with an average age of 32 years old. Initially, eight patients were categorized T1 (with 4 extreme emergencies) and 37 were classified T2 (10 patients) or T3 (27 patients). Twenty-two victims have undergone surgical treatment in emergency for soft tissue lesions of members in 15 cases, ballistic fractures in 8 cases (one with a neck wound) and five for penetrating abdominal lesions. Two patients classified T1 EU died early. In total, more than fifty surgeries were performed including iterative debridement's, modifications of fixation, three amputations and two flaps. With a follow up of 9 months, all patients were discharged, are healed and strengthened. Only one patient has a stiffness that required another surgery. This event has shown that war injuries like that of the wounded soldiers in battle are now possible in France. The experience of the French Army Health Service about war traumatology is precious and all should know principles of damage control. Each hospital must be ready to face this type of mass casualties in France.

Les guerres récentes ont permis au Service de Santé des Armées (SSA) d'améliorer la qualité de la prise en charge des blessés de guerre en opération extérieure. Le 13 novembre 2015, c'est à Paris que la France fut directement frappée et l'Hôpital d'Instruction des Armées (HIA) Bégin, comme plusieurs hôpitaux parisiens, ont dû faire face à un afflux massif d'un grand nombre de victimes par balles. L'HIA Bégin est un hôpital militaire intégré dans le réseau hospitalier de l'Est

parisien assurant une permanence de soins médico-chirurgicaux continue. Il dispose d'une réanimation de huit lits polyvalents et quatre lits de surveillance continue, d'un bloc opératoire avec neuf salles d'intervention, d'un service des urgences avec trois salles d'accueil des urgences vitales. Pour les hôpitaux militaires, cet afflux massifs de blessés de guerre ne fut pas sans rappeler ceux rencontrés en opération extérieure dans les antennes chirurgicales. Les principales

### Correspondance :

*Olivier Barbier*

*Service de chirurgie orthopédique - HIA Bégin - 69 Avenue de Paris - 94160 Saint-Mandé.*

*E-mail : olive.barbier@gmail.com*

Disponible en ligne sur [www.acad-chirurgie.fr](http://www.acad-chirurgie.fr)

1634-0647 - © 2016 Académie nationale de chirurgie. Tous droits réservés.

DOI : 10.14607/emem.2016.4.069

T1		T2	T3	T4
Mention Extrême-Urgence	Autres T1			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Choc hémorragique non contrôlé</li> <li>- Asphyxie</li> <li>- Obstruction des voies respiratoires</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plaie de l'abdomen</li> <li>- Plaie crâniocérébrale avec apparition de signes neurologiques</li> <li>- Lésion des artères fémorale, poplitée, axillaire ou humérale</li> <li>- Fractures ouvertes de hanche, de fémur ou d'épaule</li> <li>- Amputation traumatique de membre et hémorragie contrôlée</li> <li>- Plaies oculaires avec risque de cécité (bilatérales)</li> <li>- Brûlures de 15 à 50 %</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fractures ouvertes (humérus, avant-bras, genou, jambe, cheville, pied)</li> <li>- Plaies maxillofaciales (sans obstruction)</li> <li>- Plaies oculaires</li> <li>- Plaies de la main</li> <li>- Délaiement important des parties molles près des racines des membres</li> <li>- Plaies articulaires</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fractures fermées</li> <li>- Brûlures minimales</li> <li>- Plaies minimales des parties molles</li> <li>- Entorses</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Traumatismes crâniens et coma</li> <li>- Brûlures supérieures à 50 %</li> <li>- Polytraumatisme et choc hémorragique non contrôlé</li> <li>- Multiples blessures et choc hémorragique non contrôlé</li> </ul>

Figure 1. La classification OTAN (1).

similitudes furent le nombre important de victimes, la typologie des lésions avec des plaies par balles ou explosion, la gestion des délais avant l'arrivée des premiers blessés avec une montée en puissance de la structure d'accueil et enfin surtout la prise en charge médico-chirurgicale des victimes adaptée selon les principes du Damage Control. Le but de ce mémoire est de faire le point sur la prise en charge de ces blessés à l'HIA Bégin et de discuter de pistes d'améliorations pour les hôpitaux qui pourront dans l'avenir faire face à ce type de situation d'exception.

## Rappel des faits à l'HIA Bégin

Le 13 novembre 2015, une série de fusillades et d'attaques-suicides meurtrières, revendiquées par l'organisation terroriste État Islamique, ont été perpétrées dans la soirée, à Paris et dans sa périphérie par trois commandos distincts. La première attaque a eu lieu à Saint-Denis, aux abords du stade de France, en marge d'un match de football avec trois terroristes qui se sont fait exploser vers 21h20, suivi immédiatement après d'autres attaques dans plusieurs rues des 10ème et 11ème arrondissements de Paris, où trois individus ont mitraillé des terrasses de cafés et de restaurants. Pour finir, l'attaque la plus longue et la plus meurtrière a lieu à 21h40 dans la salle de spectacle du Bataclan.

En réponse, à 21h45, l'HIA Bégin fut mis en alerte par la régulation médicale de la Brigade des Sapeurs-Pompiers de Paris (BSPP) alors qu'une chirurgie était en cours et une seconde était envisagée. À cet instant, le service des urgences et de réanimation avait sept lits de réanimation disponibles et un patient était pris en charge pour une douleur thoracique aiguë. L'équipe de garde de l'HIA Bégin se composait alors d'un chirurgien et son interne, d'un infirmier de bloc opératoire (IBODE), de deux médecins anesthésistes réanimateurs (MAR), d'un infirmier anesthésiste (IADE), d'un médecin urgentiste avec deux internes, d'un radiologue et son manipulateur en électroradiologie, d'un technicien de laboratoire et d'un cardiologue de garde à l'unité de soins intensifs de cardiologie (USIC).

À 21h50 (H+ 5 min), l'HIA Bégin activait sa chaîne d'alerte verticale (direction de l'établissement) et transversale (chirurgie viscérale, chirurgie orthopédique, laboratoire et imagerie médicale) afin de monter en puissance les capacités d'accueil des pôles d'anesthésie-réanimation, des urgences et du bloc opératoire. La direction de l'établissement a rappelé alors 6 chirurgiens, 4 MAR, 5 IADE, 5 IBODE, 3 médecins urgentistes, dépassant les objectifs en termes d'effectifs prévus

Figure 2. Tableau du triage à l'HIA Bégin.

dans le Plan Blanc de l'établissement en cas d'afflux massif de blessés.

À 22h15 (H + 30 min), la cellule de crise (CC) était mise en place (dirigée par le directeur adjoint de l'hôpital) et les premières mesures étaient prises en attendant d'éventuels blessés en l'absence de données fiables de la régulation de la BSPP-SAMU 75 afin d'anticiper les besoins sur :

- le renforcement du dépôt de sang de l'HIA Bégin (Plasma Lyophilisé du SSA et CGR : concentré de globules rouges) ;
- la libération du bloc opératoire (fin de la chirurgie en cours, report du second patient chirurgical et transfert en USIC du patient des urgences) ;
- armement avec le personnel arrivé de la réanimation, des urgences et du bloc opératoire, et transformation de la salle d'attente des urgences en une salle de triage à six postes.

À 23h00 (H + 75 min), l'HIA Bégin était en mesure d'armer quatre salles opératoires. La CC assurait la poursuite de la montée en puissance du dispositif, dans les domaines de la mise en sécurité de l'établissement, de l'identification des blessés, du soutien psychologique des victimes et de leurs accompagnants, des besoins logistiques de toute nature, et de la gestion des flux d'informations de l'HIA.

À 23h55 (H + 130 min), les premières victimes arrivaient, en trois vagues, soit 45 patients en 2h30. Une catégorisation des blessés était faite à leur arrivée par un binôme chirurgien - MAR afin de programmer l'ordre de passage au bloc opératoire. En plus, une victime sans lien avec les attentats avec un traumatisme crânien grave en anisocorie arriva aux urgences. Elle fut mise en condition de survie et transférée vers le CHU Bicêtre.

Parmi les victimes, trois victimes étaient en arrêt cardio-circulatoire (ACR) à leur arrivée et catégorisée T1 / Extrême Urgence. Après la récupération d'une activité circulatoire spontanée, deux des patients ont bénéficiés d'une chirurgie d'hémostase en urgence (néphrectomie, colectomie et packing hépatique pour l'une et splénectomie, colectomie, suture de veine iliaque et packing pour l'autre). Le troisième patient, avec un fracas du membre inférieur hémorragique, fut réanimé et transfusé en réanimation puis opéré. Durant les 24 heures suivantes, 24 interventions chirurgicales ont été réalisées (22 patients et 2 reprises chirurgicales précoces), dont neuf dans les huit premières heures (patients catégorisés T1 et T2). 5 blocs opératoires ont été ouverts en même temps, armés par 3 équipes de chirurgie orthopédique la nuit et 2 de chirurgie viscérale. Les victimes catégorisées en T3 ont été hospitalisées dans un service dédié (service de chirurgie ambulatoire). Treize patients ont été transfusés durant les 36 premières heures (soit un total de 23 CGR, 14 PLYo, 1 PFC et 1 unité plaquettaire).

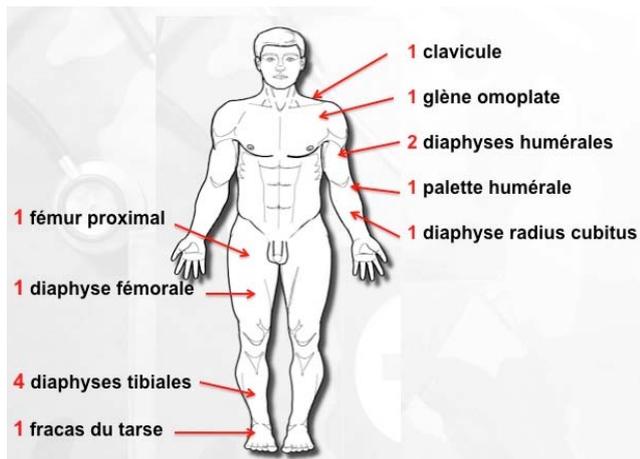


Figure 3. Bilan des fractures balistiques reçues.

À 2h30 (H + 285 min), l'alerte était terminée. Les patients opérés catégorisés T1 et T2 étaient hospitalisés dans un service dédié en hospitalisation chirurgicale de semaine. La posture renforcée de l'HIA Bégin était maintenue par la CC tout le week-end, compte-tenu du contexte d'insécurité à Paris et afin de poursuivre les soins.

## Bilan, typologie des blessures et catégorisation des blessés

Au total, 45 blessés ont été pris en charge à l'HIA Bégin, dont 22 qui ont été opérés. L'âge moyen des victimes était de 31,6 ans et le sex ratio était 1.

Les patients ont été catégorisés de façon dynamique dès leur arrivée et réévalués régulièrement en fonction de leur évolution et du bilan lésionnel. Le nombre total de patients opérés dans les 24 premières heures était de 22.

Initialement, à l'arrivée, 8 patients étaient annoncés et considérés comme des urgences absolues :

- une plaie abdominale en ACR à l'admission ;
- deux plaies thoraco-abdominales, une en ACR à l'admission ;
- une plaie abdomino-pelvi-fessière ;
- un fracas de jambe hémorragique garroté (2 ACR au SAU) ;
- deux polyfracturés (3 impacts et 5 impacts) ;
- une plaie cervicale avec atteinte œsophage.

Les 37 autres étaient annoncés comme des urgences relatives. Après le premier bilan et la réévaluation de la gravité des patients, le bilan définitif faisait état, selon la classification OTAN (1) (Fig 1 et 2) de :

- **8 patients** classés T1 (mise en jeu du pronostic vital si un traitement chirurgical ou de réanimation n'est pas entrepris le plus vite possible) dont 4 patients avec la mention Extrême Urgence et opérés en urgence :
  - une plaie abdominale en arrêt cardio respiratoire à l'arrivée ;
  - deux plaies thoraco-abdominales dont une en arrêt cardio respiratoire à l'arrivée ;
  - une plaie abdomino-pelvi-fessière ;
  - un fracas de jambe garroté en arrêt cardio-respiratoire à l'arrivée ;
  - un fracas balistique du fémur proximal ;
  - une plaie cervicale avec plaie de l'œsophage et fracture de la clavicule ;
  - une plaie par balle de l'épaule avec fracture de la glène.
- **10 patients** catégorisés T2 (traitement chirurgical urgent mais qui peut être différé sans mettre en jeu le pronostic vital) et de **4 patients** catégorisés T3 (patient nécessitant



Figure 4. Patient ayant présenté une plaie par balle du fémur proximal. Mise en place initialement d'un fixateur ilio fémoral puis conversion par un clou fémoral proximal.



Figure 5. Patient opérée d'une fracture balistique du coude. Ostéosynthèse initiale à minima par broche puis conversion par ostéosynthèse par plaque.

un geste chirurgical sans urgence ou ne nécessitant pas de geste chirurgical) qui furent opérés après 6 heures :

- 6 victimes avec des fractures balistiques dont 2 polyfracturés ;
- 7 plaies des parties molles sans fracture ou polycrillage ;
- 1 plaie pelvi fessière.
- **23 patients** catégorisés T3 et n'ayant pas été pris en charge au bloc opératoire dont 8 pour des plaies minimales, un pour une fracture fermée traitée orthopédiquement, 2 pour des contusions et 12 étant des impliqués psychologiques sans atteinte organique.

Parmi les 22 patients opérés, le bilan lésionnel retrouvait :

- 15 patients avec des plaies isolées des parties molles ;
- 8 patients présentaient une ou plusieurs fractures, totalisant en tout 13 fractures (3 poly-fracturés) (Fig 4). La localisation des fractures était de 6 au membre supérieur (une fracture de la clavicule, une fracture de la glène de la scapula, 2 fractures de la diaphyse humérale et 1 fracture de la palette humérale, 1 fracture des deux os de l'avant-bras) et 7 au membre inférieur (2 fractures du fémur, 4 fractures du tibia, 1 fracture du tarse) (Fig 3) ;
- 4 patients présentaient des plaies délabrantes des parties molles (un à l'avant-bras et à la cheville, un à la jambe et au pied, un au niveau des deux jambes et un autre au niveau de la jambe).

Les lésions associées étaient de 3 lésions vasculaires (2 interruptions des 3 axes de jambe et 1 section de l'artère tibiale antérieure) et 7 lésions nerveuses (2 lésions du nerf radial, 3 lésions du nerf tibial postérieur, 1 lésion du nerf fibulaire profond, 1 contusion du sciatique).

## Prise en charge à l'HIA Bégin

A l'HIA Bégin, compte tenu de l'ampleur de l'arrivée de blessés et fort de son expérience en chirurgie de guerre, les blessés ont été pris en charge selon les principes du Damage Control (DC). L'objectif du DC est en premier lieu de sauver la vie du blessé en arrêtant les hémorragies et en limitant l'infect-

tion. Cette stratégie consiste à réaliser des gestes chirurgicaux incomplets, provisoires et courts (< 1 heure), permettant de transférer rapidement le patient en réanimation pour permettre sa mise en condition de survie avant une chirurgie définitive.

Les 4 patients T1 en Extrême Urgence (T1/EU) ont bénéficié d'un bilan initial sommaire avec une FAST-écho et ont été pris en charge au bloc opératoire immédiatement devant la présence d'une hémopéritoine abondant. Le premier patient était un homme de 62 ans qui présentait de plaies abdominales pénétrantes et qui est arrivé en arrêt cardio-respiratoire. Il fut pris au bloc opératoire en urgence pour la réalisation d'une laparotomie écourtée pour contrôler une hémopéritoine massif lié à une plaie de la veine rénale avec une fracture du rein droit et une plaie du lobe hépatique droit ainsi que des plaies du grêle et du colon. Il a bénéficié d'une néphrectomie d'hémostase, d'un packing hépatique et d'une colostomie (suture du grêle et colectomie sans rétablissement de continuité). Il est décédé 4 heures après son arrivée en réanimation. Le second patient T1/EU était un homme de 31 ans arrivé en arrêt cardio-circulatoire avec une plaie lombaire gauche. Il a bénéficié d'une laparotomie écourtée pour une plaie de la rate et diaphragmatique avec un hématome rétro-péritonéal non expansif. La chirurgie a consisté en une splénectomie d'hémostase avec une suture du diaphragme et un packing du rétopéritoine et un drainage thoracique. Il fut repris 2 heures après devant la persistance d'un saignement intra abdominal non contrôlé pour une suture de la veine iliaque et un nouveau packing pelvien et une colectomie. Il est décédé en réanimation 5 heures après. Le troisième patient T1/EU était un homme de 33 ans avec une plaie thoraco-abdominale gauche et de la face en choc hémorragique sur hémopéritoine et qui a bénéficié d'une laparotomie écourtée pour la réalisation de l'hémostase d'une plaie hépatique, d'une suture diaphragmatique et d'un drainage thoracique. Le quatrième patient T1/EU était un homme de 27 ans arrivé garroté en racine de cuisse gauche pour un fracas du 1/3 inférieur de la jambe gauche en choc hémorragique et ayant fait 2 arrêts cardiaques en pré-hospitalier. Après stabilisation en réanimation, il fut opéré pour réaliser l'hémostase, le parage et une exofixation temporaire. Le bilan à l'angio-TDM réalisé à J+1 montrait une interruption des 3 axes de jambe. Après un second parage itératif retrouvant une perte de substance nerf tibial postérieur de 10 cm, après décision conjointe avec le patient, une amputation de raison de la jambe a été réalisée le quatrième jour.

Le cinquième patient classé T1 présentait une plaie lombopelvipérinéale droite. La FAST Echo était négative mais la tomodensitométrie (TDM) retrouve un hémopéritoine. Il a bénéficié d'une cœlioscopie exploratrice et d'une colostomie de décharge sur baguette. Les trois autres T1 étaient un patient qui a bénéficié d'un fixateur externe ilio-fémoral sur un fracas proximal du fémur (Fig 4), un patient avec une plaie de l'épaule par balle avec une fracture de glène et ayant bénéficié d'une ostéosynthèse de la glène par vis et une patiente avec une plaie de l'œsophage avec une fracture de la clavicule.

Parmi les patients classés T2, deux d'entre eux présentaient des lésions du tronc avec une plaie de l'abdomen non pénétrante et le second avec une plaie en séton de la fesse passant en pré sacré. Ils ont été pris en charge aux urgences où un bilan lésionnel a été fait avec une fast-écho et une TDM. Ils ont ensuite bénéficié d'un parage chirurgical.

Tous les autres patients classés T2 ou T3 opérés ont été pris en charge pour des lésions isolées de l'appareil locomoteur (12 patients). La prise en charge selon les principes du DC orthopédique a consisté en un bilan initial avec des radiographies et un TDM en cas d'atteinte articulaire. Au bloc opératoire, le choix a été celui de l'utilisation préférentielle du fixateur externe. Initialement, toutes les lésions ont été parées et 7 exofixations ont été réalisées. Un patient a bénéficié

cié d'un montage huméro-ulnaire sur un fracas proximal des deux os de l'avant-bras. Une patiente a eu une exofixation des 2 jambes ainsi que le patient classé T1 pour un fracas de jambe hémorragique. Enfin, une patiente présentant un fracas du bras, du fémur et du tibia et du tarse a bénéficié d'une exofixation humérale, fémorale, et d'une amputation de sauvetage en jambe. Une patiente a bénéficié d'une ostéosynthèse interne à minima par broche du coude sur une fracture de la palette humérale (Fig 5).

En secondaire, plus de 50 interventions chirurgicales dans la semaine suivante ont été réalisées avec des parages itératifs et des modifications du montage des fixateurs externes pour tous les patients exofixés. Deux conversions précoces ont été réalisées avec la mise en place d'un clou proximal de fémur chez le patient avec un fixateur ilio-fémoral après une période de traction trans condylienne de 3 semaines pour permettre la cicatrisation des parties molles et une ostéosynthèse par plaque latérale de coude sur la fracture de la palette humérale devant un démontage précoce du brochage initial. Deux amputations secondaires dites de raison en jambe ont été réalisées, la première pour le patient T1 avec un fracas hémorragique de jambe à J+4 et une seconde à J+91 devant un délabrement des parties molles de la face postérieure de la cheville après échec de couverture du tendon d'Achille et de la greffe nerveuse du nerf tibial postérieur. Aussi, deux gestes de couverture par lambeaux ont été faits, un lambeau sural à pédicule inversé pour un délabrement de la face postérieure de la cheville et un lambeau libre fascio cutané latéral de cuisse sur une jambe. Deux patients ont bénéficié d'une reconstruction osseuse selon la technique de la membrane induite (un radius et un tibia). Pour les lésions nerveuses, la lésion du nerf radial a récupéré au 6ème mois. Trois patients avaient des lésions du nerf tibial postérieur avec section complète dont deux qui ont été amputés. Le troisième a bénéficié d'une réparation avec un neurotube Integra\* sur une perte de substance de 2,5 cm et qui n'a pas récupéré et a été amputé secondairement. Un patient avait une lésion du nerf fibulaire profond et un second une parésie sciatique qui ont récupéré en 1 mois avec la rééducation. La prise en charge des lésions vasculaires a consisté à 2 amputations sur une atteinte des trois axes de la jambe et une ligation de l'artère tibiale postérieure sur une atteinte isolée.

A 1 mois, tous les patients avaient cicatrisé de leurs plaies et à 6 mois tous les patients avaient consolidé sans infection. Une patiente a présenté une raideur du coude ayant nécessité une arthrolyse au 10ème mois avec ablation d'une plaque humérale distale.

## Discussion et leçons pour l'avenir

Le 13 novembre 2015, l'HIA Begin a dû faire face pour la première fois à un afflux de blessés par balles en milieu civil. Les mêmes procédures que celles que le SSA a l'habitude de mettre en œuvre pour la prise en charge des blessés de guerre en opération extérieure ont été appliquées.

La première caractéristique à noter est la mise en œuvre rapide du plan d'urgence et sa capacité de réaction à rappeler suffisamment de personnels pour monter en puissance sa capacité d'accueil. À la lumière de ces attentats, les plans d'afflux massifs de blessés furent adaptés pour être encore plus réactif en cas de crise. Le point important en cas de crise est de mettre à profit le délai entre l'alerte et l'arrivée des premiers blessés pour monter en puissance nos capacités de manière rapide et efficace, triplant ainsi nos possibilités d'accueil en une heure le rendant fluide et coordonné tout au long de la chaîne de prise en charge des blessés. Ce délai permettant d'organiser et d'optimiser l'accueil est essentiel dans la coordination de la prise en charge des blessés. Ainsi, à la vue de ces événements, tous les hôpitaux devraient réactualiser leur plan d'urgence pour faire face à cette nouvelle

menace terroriste dont les caractéristiques sont son polymorphisme des moyens de nuire - son imprévisibilité et l'ampleur des conséquences en termes de nombre de blessés et de répercussion psychologique sur la population. Chaque établissement de santé doit donc « s'approprier » le Plan Blanc et le réécrire dans le détail en intégrant circuits des ambulances, l'organisation de l'accueil, l'identification des victimes, l'affectation des locaux, le parcours des patients selon leur gravité, la procédure de rappels des personnels, la localisation du stockage des moyens supplémentaires dédiés plan blanc...

Le second point clé de la prise en charge d'un afflux massif de blessés est la nécessité d'organiser une catégorisation des blessés voire un triage médico-chirurgical en cas d'afflux saturant. Cette catégorisation repose sur la classification OTAN (1) validée qui différencie les patients T1 (Immédiat en anglais) dont EU en danger de mort nécessitant un geste chirurgical immédiat, des patients T2 (Delayed) nécessitant un geste chirurgical retardé, des patients T3 (Minimal) présentant des lésions bénignes et les patients T4 (Expectant) présentant des lésions trop graves pour être sauvés. Elle se doit d'être dynamique prenant en compte l'évolution de l'état du patient. En cas d'afflux saturant, les structures de soins sont dépassées du fait de l'inadéquation des moyens aux demandes et un triage sera alors nécessaire. Ce triage repose sur une logique collective qui vise à faire le mieux pour le plus grand nombre et non pas tout faire pour une victime. À l'HIA Bégin, l'afflux massif fut limité et non saturant du fait des norias suffisamment étalées dans le temps, permettant la prise en charge de tous les blessés. Probablement qu'en cas d'afflux saturant, les premiers blessés abdominaux qui sont décédés n'auraient pas été catégorisés T1 mais T4 pour ne pas « emboliser » le bloc opératoire. Il en ressort ainsi le caractère difficile et complexe du triage qui doit pour nous être réalisé systématiquement par un binôme expérimenté (chirurgien expérimenté /MAR). En cas d'afflux massif non saturant ou limité, cette catégorisation a pour but d'orienter le patient dans la chaîne de soins et permet de planifier les chirurgies. Aucun patient n'a été classé T4 à l'HIA Bégin (2).

Un troisième point découle du second. En cas d'afflux massif, la place de la régulation est primordiale. Lors de cet attentat, la régulation de la BSPP et du SAMU a adapté les transferts de blessés en fonction des capacités d'accueil des hôpitaux et de leur spécificité technique. Ainsi, aucune structure hospitalière ne fut saturée. La rédaction du plan blanc par les autorités sanitaires doit prendre en compte cette composante et connaître parfaitement les moyens des structures d'aval pour permettre une régulation adaptée. Actuellement, les pompiers de Paris disposent d'un plan rouge dit « Alpha » pour faire face au format « multisite » d'une catastrophe. Le Plan blanc élargi actuel est son tenant hospitalier, rappelant le plan d'ORGANISATION de la réponse du système SANITAIRE (ORSAN) pour l'Accueil MASSIF de nombreuses VICTIMES non contaminées (AMAVI). L'HIA Bégin, de par ses compétences pour la prise en charge des blessés de guerre et son organisation, a pu assurer pleinement son rôle dans ce dispositif. L'actualisation périodique des Plans blancs ainsi que la simulation régulière de leur mise en œuvre sont des éléments essentiels au maintien d'une posture opérationnelle pour tous.

En outre, parallèlement à une régulation adaptée, le problème de l'identification des victimes est primordial. À l'HIA Bégin, le choix fut celui de préparer à l'avance des identités « patient inconnu » permettant d'attribuer un numéro à chaque victime dès l'arrivée à l'hôpital. L'inconvénient de cette procédure est qu'elle nécessite de recroiser secondairement les informations avec les vraies identités des victimes, processus fastidieux et soumis à un risque d'erreur. L'idéal serait une compatibilité entre l'identification des victimes lors du relevage et à l'hôpital. Certaines victimes ont bénéficié de bracelets SINUS ayant permis à ces dernières d'être tracées de manière continue sans perte d'informations tout au long de leur parcours de soins depuis la prise en charge sur le terrain jusqu'à l'hôpital (3) où le lecteur était absent. Ce

système actuellement mis en place devrait se généraliser à tous les hôpitaux pour une meilleure traçabilité.

En ce qui concerne la prise en charge médico-chirurgicale, le choix fut celui d'appliquer les mêmes procédures qu'en opération extérieure selon les principes du Damage Control (DC). Le DC, terme marin de sauvetage provisoire d'un bateau par obturation des voies d'eau et éteindre l'incendie afin qu'il rejoigne le port le plus proche pour une réparation complète, fut initialement développé pour faire face aux traumatismes abdominaux avec hémorragie massive (4) puis a ensuite été appliqué à la prise en charge des polytraumatisés ayant des fractures des os longs et du bassin. Le DC consiste premièrement en une chirurgie écourtée centrée sur les gestes simples pour sauver la vie en arrêtant les hémorragies et limitant l'infection (aérostase, hémostase, coprostase, non-fermeture pariétale, pose d'un shunt vasculaire, et/ou à l'immobilisation des fractures par la pose d'un fixateur externe). À la phase initiale, l'objectif est de limiter l'agression chirurgicale (choc chirurgical) en renonçant au traitement idéal des lésions pour un traitement temporaire, rapide et peu invasif afin de permettre une prise en charge réanimatoire efficace et éviter le cercle vicieux hypothermie - acidose lactique - CIVD source de décès (5-9). Après une réanimation intensive par rééquilibration hydro-électrolytique et correction des troubles de l'hémostase (remplissage vasculaire, lutte contre l'hypothermie, transfusion précoce...), une nouvelle intervention est réalisée pour le traitement chirurgical définitif quand le patient est stabilisé (rétablissement de la continuité digestive, reprise du fixateur externe ou conversion en ostéosynthèse interne, ...). Trois amputations ont été réalisées. La première était une amputation de sauvetage devant un fracas osseux du pied avec un déficit neuro vasculaire complet. Les deux autres amputations furent des amputations dites de raison qui visent à restaurer au plus vite la fonction et l'autonomie du patient et lui éviter une chirurgie de reconstruction lourde et longue au prix d'un membre peu fonctionnel. L'enjeu est d'éviter d'arriver à une amputation de résignation après échec de longs traitements chirurgicaux.

Pour finir, cet événement a mis en avant la nécessité d'avoir une « cellule de crise » permettant de gérer l'organisation des soins au sein de l'hôpital (ouverture de lit, modification des plannings...) mais aussi de gérer l'ensemble des sollicitations extérieures aux soins dont la forte pression médiatique (10). L'accueil des impliqués, des familles, tant téléphonique que sur place, la gestion des patients décédés, la communication avec les autorités doivent être organisés sans perturber la prise en charge médico-chirurgicale. La place des psychiatres dès la phase initiale pour l'encadrement des familles et des impliqués est aussi primordiale dans le cadre de leur accompagnement et la prévention d'un syndrome de stress post-traumatique invalidant. À l'HIA Bégin, le service de psychiatrie avait été immédiatement mobilisé pour apporter leur aide car ça fait doublon ! Leur rôle est aussi important dans le soutien des personnels soignants, toute catégorie confondue, pour les aider à faire face à une telle situation exceptionnelle source également de type de complications psychologiques post-traumatiques.

## Conclusion

Le 13 novembre 2015, la France a subi une de ses plus grandes attaques terroristes sur son sol. Cet événement a montré que des blessures de guerres comparables à celle des militaires blessés au combat sont dorénavant visibles sur notre territoire. L'expérience acquise en matière de blessures de guerre par le Service de Santé des Armées est précieuse et son expérience peut servir pour l'ensemble du système de soins français. Les principes de triage et de damage control doivent être connus de tous. Chaque hôpital doit être prêt à faire face à ce type d'afflux massif de blessés sur le territoire. Pour y

parvenir, les trois fondamentaux sont l'organisation anticipée de la capacité de montée en puissance de son hôpital grâce à l'appropriation du Plan Blanc de son établissement, la connaissance des principes de catégorisation et de triage médico-chirurgical et enfin l'utilisation des principes de prise en charge chirurgicale et réanimatoire du Damage Control.

## Références

1. Service de Santé des Armées. Délais cliniques et catégorisation pour la relève et le triage des blessés de guerre. In: EMO- SANTE, eds. IM N°913/DEF/DCSSA/EMO ed. Paris: ministère de la Défense 2010.
2. de Saint Maurice G, Ould-Ahmed M. Retour d'expérience des attentats du 13 novembre 2015. Rôle de deux hôpitaux d'instruction des Armées. M. Ann. Fr. Med. Urgence. 2016;6:39.
3. Arrêté du 4 février 2015 modifiant l'arrêté du 17 février 2010 portant création d'un traitement automatisé des données à caractère personnel dénommé « système d'information numérique standardisée » (SINUS), n°38 du 14 février 2015 (2015). Journal Officiel de la République Française.
4. <http://www.legifrance.gouv.fr/af-fichTexte.docidTexte=LEGITEXT000030237096&date-Texte=20150714> (Dernier accès le 21 décembre 2015).
5. Rotondo MF, Schwab W, McGonigal MD, et al. Damage control : an approach for improved survival in exsanguinating penetrating abdominal injury. J Trauma 1993;35:375-S83.
5. Pape HC, Stalp M, Griensven M, Weiberg A, Dahlweit M, Tscherne H. Optimal timing for secondary surgery in polytrauma patients : an evaluation of 4314 serious-injury cases. Chirurg 1999;70:1287-93.
6. Pape HC, Giannoudis P, Krettek C. The timing of fracture treatment in polytrauma patients: relevance of damage control orthopedic surgery. Am J Surg 2002;183:622-9.
7. Morley J, Kossygan K, Giannoudis PV. Damage control orthopaedics: a new concept in the management of the multiply injured patient. Cur Orthop 2002;16:362-7.
8. Giannoudis PV, Smith RM, Banks RE, et al. Stimulation of inflammatory markers after blunt trauma. Br J Surg 1998;85:986-90.
9. Stahel PF, Smith WR, Moore EE. Role of biological modifiers regulating the immune response after trauma. Injury. 2007;38:1409-22.
10. Hirsch M, Carli P, Nizard R, Riou B, Baroudjian B, Baubet T, et al. The medical response to multisite terrorist attacks in Paris. Lancet. 2015; 19;386(10012):2535-8.

# Traitement des hernies de l'aîne - Apport de la cœlio-chirurgie

## Treatment of Inguinal Hernias - Important Place of Cœlio-surgery

Edmond Estour

Allée des Cèdres - Quartier Foisonnet - 26760 Beaumont les Valence.

### Mots clés

- ◆ Hernies inguinales
- ◆ Cœliochirurgie
- ◆ Laparoscopie
- ◆ TAPP
- ◆ TEPInguinal hernias
- ◆ Cœlio-surgery
- ◆ Laparoscopy
- ◆ TAPP
- ◆ TEP

### Résumé

Jusqu'à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, La H.I. devient mortelle en s'étranglant. (Amenophis I 1500 A.C.) Malgré Celse, Héliodose, Chauliac ou Ambroise Paré, Le traitement par fer et cautère inefficace, castrateur, souvent mortel est le fait de charlatans et de barbiers. C'est l'ère des taxis et des bandages. L'anesthésie (Wells, Morton, Warren 1846), et l'antisepsie de Lister introduite en France par Lucas Championnière, ouvrent L'ère moderne : Bassini (Padoue 1884) codifie le traitement par dissection, résection du sac et réparation par suture. Ses principes vont dominer le XX<sup>e</sup> siècle ; de nombreux procédés Halsedt, Mac Vay, Fruchaud... visent à améliorer les résultats, jusqu'à la technique médiatisée mais inégalée de Ryan au Shouldice Hospital. La fin du XX<sup>e</sup> siècle va voir, d'une part le développement des plasties prothétiques... surtout textiles avec Nylon, Polypropylène et Polyester et d'autre part la révolution cœlioscopique. Rives et Stoppa avec le polyester annoncent la voie cœlioscopique. Dans les années 90, Ph Mouret soutenu par F Dubois et J. Perissat entraîne une génération de généralistes pionniers libéraux qui tous vont après Leroy et Fromont pratiquer la Cœlio hernioplastie (C.H.). Begin et Duluc... principal concurrent la technique conventionnelle avec prothèse, surtout le « Lichtenstein » qui progressivement va détrôner le Shouldice ; la prothèse abaisse le taux de récurrence autour de 2 %. Mais critiqué vivement aux U.S. par les tenants du Shouldice (R.Bendavid), de 2 à 20 % de douleurs chroniques (D.C.) dont certaines invalidantes au travail, et jusqu'à 10 % de dis éjaculation vont lentement ternir son étoile ; lentement mais sûrement se manifeste la supériorité des voies postérieures et le double avantage de la C.H. en matière de solidité et d'indolence. Solidité... la supériorité de la C.H. n'est pas discutée face aux cisaillements des procédés par suture sous tension ; face au Lichtenstein la prothèse de 15/10cm a l'avantage de couvrir tous les orifices Oblique Externe, Direct, Crural et obturateur. En matière de douleurs la C.H. évite la voie inguinale antérieure handicap du Lichtenstein, très sensible, avec les terminaisons nerveuses sensibles superficielles et génitales du grand et du petit nerf abdomino-génital ainsi que la branche génitale du nerf génito-crural. Les C.H., avec une dissection sous péritonéale minime ont des taux de D.C. très bas (0,05 % sur 12687 TAPP de R. Bitner, 0,12 % sur 800 TAPP pour ma série ; R. Bittner observe dans le Lichtenstein des taux de D.C. allant de 12 à 30% avec 2 à 3% d'arrêt de la profession et une reprise totale des activités de 1 à 14 jours par TAPP, pour 23 JOURS par Lichtenstein. La sclérose cicatricielle rétractile, engainante, le « shrinkage » décrite initialement avec le polypropylène hydrophobe traduit le mariage difficile de la prothèse et des nerfs sensitifs antérieurs. Liée à la réaction inflammatoire de cicatrisation sur prothèse, elle dépend de la qualité du geste opératoire, peut réduire de 30 % la surface prothétique, source de récurrence, entraîner au minimum l'impression dysesthésique de corps étranger jusqu'à une D.C. qui perdurera. Par ailleurs si le taux d'atrophies testiculaires en rapport avec la dissection du cordon extra abdominal est de l'ordre de 1 et 2 % en chirurgie conventionnelle, Il n'est que de 0,05 % en C.H. dans la grosse série d'école de Bittner et pratiquement nul dans le traitement cœlioscopique de la hernie du petit enfant (versus 5 % en chirurgie conventionnelle). Enfin certaines séries signalent dans le Lichtenstein jusqu'à 12% de dis éjaculation et oligospermie. En contrepartie de ces avantages la C.H. requiert l'apprentissage des techniques cœlio-chirurgicales de base et de celles particulières à la TAPP et à la TEP.

### Keywords

### Abstract

Up until the end of the XIX<sup>e</sup> century, strangulated inguinal hernia was mortal. In spite of Celse, Heliodore, Chauliac, Ambroise Paré, even inguinal surgery was perilous, emasculating and often fatal. It is the era of taxis and truss. The modern era, with anaesthesia, asepsis, begins in Padoue when Edoardo Bassini (1884) settles the technic of treatment by suture. The Bassini procedure dominates the XX<sup>e</sup> century with many improvements, (Haalstedt, Mac vay, Fruchaud and so on), until the Ryan technic at the Shouldice Hospital. At the end of the XX<sup>e</sup> and the beginning of the XXI<sup>e</sup> century 2 new facts: generalisation of treatment with prosthesis and cœlioscopic approach. In the nineties, after Mouret and the french cœlioscopic revolution, the Cœliohernioplasty condemned in U.S. begins slowly in France with J.Leroy and G. Fromont with the TAPP procedure and then G.Begin and JL Duluc for the TEP, but the most frequent procedure remains the « open », with strengthening by prosthe-

### Correspondance :

Docteur Edmond Estour

Allée des Cèdres - Quartier Foisonnet - 26760 Beaumont les Valence.

E-mail : ed.estour@coelio-surgery.com

sis as the « Lichtenstein », which dethrones the Shouldice. In spite of only 2% of recurrence, 2 to 20% chronic pain, 10% of disejaculation and oligospermia slowly tarnish its golden star: the superiority of the posterior coelioscopic approach appears progressively compared to the anterior conventional one; the open technics go across the sensitive inguinal plexus, great and small abdomino-genital and genito crural nerves, prime cause of pain. More serious, the « shrinkage » or cicatricial retractile sclerosis with prosthesis in contact with the nerves increases the risk of chronic pain. So with a rate of recurrence of 0,3 to 0,7% and of chronic pain only 0,12 to 0,05%, a return to work in 1 to 14 days versus 23 for the Lichtenstein, the Cœliohernioplasty show clearly the superiority of the posterior approach. Important and interesting too is the rate of genital incidence, testicular atrophy, dysejaculation, oligospermia, practically null in the laparoscopic approach. On the other hand, Cœliohernioplasty TAPP and TEP have a learning curve which requires a longer apprenticeship than the conventional technic.

## Du « fil d'or » à la Cœlio... bref rappel historique.

L'histoire du traitement de la hernie a suivi les développements des sciences humaines depuis la stagnation des temps anciens empiriques jusqu'à l'ère Pastorienne dans la 2<sup>e</sup> moitié du XIX<sup>e</sup> siècle, elle-même héritière du siècle des lumières. Alors va s'amorcer jusqu'à nos jours une amélioration progressive des techniques et des résultats : suture, plastie et enfin Cœlio hernioplastie portée par la supériorité de la voie postérieure intra-abdominale par rapport aux voies antérieures inguinales.

Pendant des siècles, la hernie restera une infirmité progressivement très gênante à une époque où les travaux de force sont la règle. Réintégré, elle n'est que gênante ; étranglée elle devient mortelle, hormis quelques miraculeux phlegmons intestinaux. En 1500 A.C. rapporte Hérodote, le pharaon Amenophis I meurt de hernie étranglée. Le fer et le cautère sont les armes des charlatans et des barbiers avec des résultats très mauvais...échecs, fistules infection, décès, perte du testicule le plus souvent. Malgré les travaux de Celse, Hérodore, Guy de Chauliac, Ambroise Paré...la ligature au fil d'or... c'est l'ère des taxis et des bandages. Le siècle des lumières sera aussi celui des études anatomiques qui s'acharneront à décrire la région ; on est étonné par le nombre d'éminents anatomistes qui décrivent avec minutie les moindres détails de cette région, carrefour complexe (Camper, Desault, Percival Pott, Richter, Scarpa, Cooper, Hunter, Morton Cloquet, Hesselbach, Henlé, Gimbernat) cependant sans que le traitement de la hernie ne fasse de progrès réels !!

Au milieu du XIX<sup>e</sup>, l'ère pastorienne ouvre l'ère chirurgicale avec l'introduction de l'anesthésie aux gaz par H. Wells, Morton, Warren (1846) et de l'antisepsie de Lister diffusée en France par son ami Lucas Championnière. Celui-ci est le premier à inciser le grand oblique, mais c'est à Padoue Edoardo Bassini (1844-1924) qui ouvre l'ère chirurgicale, il précise la technique et publie en 1884 la première série d'intervention réglée avec réparation durable par dissection suivie de suture. A partir de là, on opérera de plus en plus la hernie, malgré la résistance durable très importante, encore sensible il y a quelques décennies du « Bandage herniaire ». Les progrès vont être constants.

*Deux périodes caractérisées par deux types de procédés très différents vont marquer cette ère chirurgicale. Ces deux périodes vont se succéder en se chevauchant : initialement celle de la suture simple sous tension et ensuite celle de la réparation sans tension par plastie avec ses deux voies antérieure inguinale et postérieure cœlioscopique.*

## XX<sup>e</sup> siècle - La suture simple sous tension

C'est la technique qui du Bassini au Shouldice va dominer la fin du XIX<sup>e</sup> et la totalité du XX<sup>e</sup> siècle. Après Bassini de multiples auteurs, anatomistes et chirurgiens attachent leur nom à des descriptions anatomiques fines et de petites améliorations opératoires visant à optimiser les résultats de la suture sous tension, citons Halstedt, Mc Vay, Fruchaud... mais quoi

qu'il en soit, le taux d'échec à moyen et long terme, parfois important, perdure. Cette ère culmine avec les résultats mythiques, médiatisés et difficilement reproductibles du Shouldice Hospital... Le Procédé optimisé et codifié par RYAN associe entre autres anesthésie locale, surjet au fil d'acier et fast track : la réalité est un taux de récurrence et de douleurs chroniques modéré mais réel. Mais surprise ultérieure, le taux de ces douleurs s'avèrera inférieur à celui du Lichtenstein.

## Transition XX-XXI siècle - Les Plasties et la cœliochirurgie

Les plasties par prothèses textiles et la révolution cœlioscopique vont marquer la fin du XX<sup>e</sup> et le début du XXI<sup>e</sup> siècle. La supériorité mécanique de la plastie sur la suture sous tension, qui à la longue cisaille et coupe les tissus explique cette évolution. Les aponévroses sont utilisées par Gallie dans l'éventration, le façage de peau par J. Gosset dans la hernie. Mais c'est surtout après la seconde guerre mondiale que les nouveaux textiles synthétiques s'imposent : le Nylon avec Aquaviva dans l'éventration (1948), le polypropylène dans la hernie avec Uscher (1958), le polyester en France avec Rives et Stoppa (1968), ces deux derniers décrivent des procédés qui peuvent être considérés comme les précurseurs « conventionnels » de la cœlio-hernioplastie TAPP (trans abdominal préperitoneale) et TEP (totalelement extra péritonéale), Rives ayant proposé une intervention par voie ouverte très proche de la TAPP et Stoppa de la cure cœlioscopique des hernies bilatérales. A partir des années 90, la révolution cœlioscopique accélère l'utilisation des prothèses textiles, utilisation qui est inhérente et partie intégrante de la cœlio-hernioplastie de l'adulte.

## Années 1990-2015 - La Cœlio-hernioplastie

Ph. Mouret, soutenu par F. Dubois et J. Perissat, entraîne avec lui une génération de chirurgiens cœlioscopistes omnipraticiens libéraux qui tous pratiquent, entre autres interventions, la cœlio-hernioplastie (1, 1bis, 8).

Cette activité chirurgicale généraliste, phénomène historique inestimable concernant quelques centaines de praticiens, va plus tard, être réduite à néant par la fragmentation universitaire des spécialités et la disparition en France du chirurgien généraliste. Alors qu'aux U.S. les essais sont abandonnés à la suite du taux d'échec d'Arregui (2) en rapport avec une technique et des prothèses inadaptées (2,5/4 pouces), c'est en France que J. Leroy et G. Fromont qui, transposant les RIVES et STOPPA, intronisent la cœlio-hernioplastie TAPP et ouvrent historiquement l'ère de la cœlio-chirurgie herniaire : ils publient en 1992 dans le N° 1 du Journal de Coelio-Chirurgie (JCC) la première série de 110 cas de TAPP, avec des résultats excellents (3). Le procédé TEP plus rapide car ne nécessitant pas de sutures péritonéales, sutures difficiles à cette époque, mais éliminant l'intéressante exploration intra-abdominale, sera ensuite diffusé par G. Begin et JL. Duluc. Ce faisant,

comme ce fut le cas pour la cœlio-appendicectomie, ils font passer la cure de hernie du niveau d'une intervention d'interne en chirurgie de 4<sup>e</sup> année à celui de cœlio-chirurgien confirmé... frein et source de problèmes ultérieurs très importants. Apparaît alors une très forte concurrence initiale des tenants de la voie conventionnelle améliorée, la technique ouverte avec renforcement prothétique, à la portée immédiate des très nombreux opérateurs qui n'ont pas franchi le pas cœlioscopique. Cela va créer plus encore que dans d'autres pathologies un conflit qui perdure entre conventionnels et cœlioscopistes. Malgré tout, lentement mais sûrement avec de très grandes séries, la cœlio-hernioplastie TAPP et TEP montre qu'elle n'est pas une mode comme beaucoup l'avait cru et va occuper la place qui lui revient du fait de ses avantages.

### Fin des années 90, sous la pression prothétique. Lichtenstein et prothèses par voie antérieure détrônent le Shouldice

Sous la pression de l'industrie, on assiste à l'explosion de l'utilisation des prothèses, parallèlement à la multiplication historique des fabricants et des modèles proposés aux opérateurs. La prothèse textile gagne massivement la pratique conventionnelle, un marché en 1994 de plus de 95 % des interventions... Et le Lichtenstein va en quelques années détrôner rapidement le Shouldice... avec le temps, malgré un taux modéré de 2 % de récurrences, les 2 à 20 % de douleurs chroniques dont certaines invalidantes au travail, et des taux allant jusqu'à 12 % de diséjaculation et oligospermie (4,5) vont venir progressivement mais discrètement ternir son étoile.

Ces critiques anti-Lichtenstein ont débuté et sont soutenues très vivement aux US par les tenants du Shouldice dont R. Bendavid ; ainsi à petit pas s'impose la supériorité des voies postérieures (6).

Il est intéressant de noter l'importance de la pression de l'industrie, certes nécessaire aux progrès comme dans d'autres secteurs médicaux. Le très important chiffre d'affaires du marché des prothèses pariétales a indiscutablement influencé et continuera d'influencer par lobbying et sponsoring, la pratique chirurgicale dans les pays développés à même d'affronter cette dépense. Ce fut le cas pour le renforcement prothétique en chirurgie ouverte type Lichtenstein, ce sera encore plus net avec les prothèses biologiques et leur utilisation en chirurgie pariétale : On rapporte que dans des pays moins favorisés, on a pu utiliser des filets de moustiquaire du commerce, en nylon ou en polypropylène découpés et stérilisés coûtant + de 1000 fois moins chers que les prothèses occidentales.

### Confort et solidité les deux juges du traitement : la récurrence, la douleur

La récurrence jusque dans les années 2010 est restée le 1<sup>er</sup> critère de jugement d'un procédé et... aussi, bien sûr, de l'opérateur ! Avec des chiffres à moyen terme variant de 5 à 10 % pour la suture sous tension... du Bassini au Shouldice et un taux de douleurs chroniques faible admis consensuellement autour de 1 à 2 %. Mais ces douleurs chroniques (D.C.) vont devenir le problème principal. Plus tard en effet avec les plasties prothétiques par voie antérieure dont le Lichtenstein, les taux de récurrences s'améliorent (2 %) mais de ce fait celui de la douleur initiale et surtout des douleurs chroniques passe au premier plan (de 2 à 20 % selon les études). Ceci est surtout le fait de leur incidence économique socio-professionnelle avec des cas d'invalidité au travail et de perte d'emploi. Il est indiscutable que la mauvaise tolérance au corps étranger prothétique est responsable de plus de D.C.

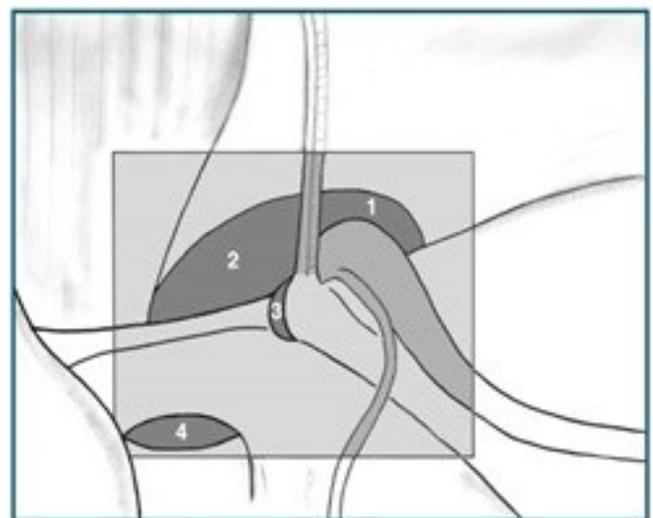
que la dissection conventionnelle. Taux de récurrence et de douleurs chroniques restent cependant les deux critères de base pour l'appréciation d'une technique permettant de confronter cœlio-hernioplastie et plasties par voie antérieure, Lichtenstein en particulier.

### Solidité supérieure de la cœlio hernioplastie (C.H.) - bases physiques

Cette supériorité avec son très faible taux de récurrence est liée à deux facteurs. D'abord l'absence de suture sous tension qui à l'effort coupe les tissus par cisaillement ; beaucoup d'opérateurs ont entendu au réveil du patient, à l'occasion d'un effort de toux inopiné le craquement des sutures annonçant l'échec immédiat. Ensuite la grande taille de la prothèse utilisée : le passage des petites prothèses qui avaient condamné la méthode aux U.S. à des prothèses standards de 15 x 15 cm, ramené plus tard à 15x10 cm (J. Leroy-G. Fromont) a entraîné une chute brutale du taux de récurrences qui, à moyen terme, passe par exemple à 0,7 % dans la série d'école de 12 700 cas du service de R. Bitner (5) et 0,3 % dans ma série personnelle continue et exclusive de 800 cas. La grande taille de la prothèse et de ce fait l'importance de son débord par rapport au défaut pariétal s'est avéré un élément fondamental de prévention de la récurrence comme c'est le cas dans le traitement des éventrations.

Face au Bassini, au Shouldice et aux sutures simples, la supériorité en matière de solidité n'est pas discutée, la réparation sans tension « tension free » étant très supérieure à long terme à la suture sous tension ; les meilleurs taux à 5 ans évoqués pour le Shouldice mais sujets à caution et non reproductibles sont de l'ordre de 2 % à 5 %.

Face au Lichtenstein, cette supériorité est plus modeste mais cependant réelle, en effet la plastie à 15cm /10 cm ou 15/15 de la C.H. reste anatomiquement supérieure ayant l'avantage de couvrir tous les orifices herniaires endo-abdominaux, non seulement oblique externe et direct mais aussi crural et obturateur. Par ailleurs la prothèse de par sa position est plaquée contre la hernie par la pression intra-abdominale. Enfin l'utilisation d'une prothèse de 150/100mm, difficile sans plicature ni retroucis, n'a pas été décrite dans les voies antérieures (Fig 1).



Zones de faiblesse

Figure 1. Schéma montrant la couverture de tous les orifices : oblique externe et direct mais aussi crural, obturateur.

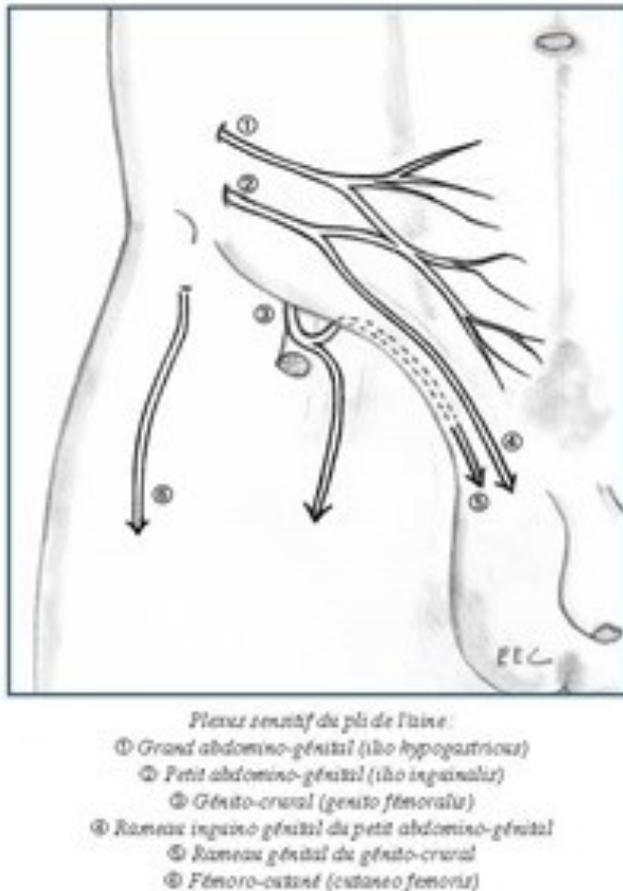


Figure 2. Le plexus nerveux et la sensibilité du pli de l'aîne. Premier handicap du Lichtenstein.

## L'indolence durable, supériorité de la Coëlio-hernioplastie

Si chacun s'est accordé à reconnaître l'indolence immédiate de la C.H., sa supériorité en matière de D.C. n'est plus discutée, on considère à ce jour que la douleur chronique est la principale complication de la cure de la hernie de l'aîne : son incidence dans le procédé de Lichtenstein est de l'ordre de 10 à 12 % (2 à 20 %) et la D.C. est invalidante dans 0,5 à 6 % des cas (6).

La supériorité de la C.H. est liée à ce qu'elle évite les trois handicaps de la voie antérieure.

### Handicap anatomique nerveux des voies antérieures

#### La Voie inguinale antérieure - voie sensible

L'incision cutanée inguinale intéresse de petites terminaisons nerveuses dans une zone sensible, elle est suivie par l'ouverture de l'aponévrose du grand oblique, l'isolement des éléments musculaires et du cordon avec dilacération du muscle crémaster ; dans cette zone superficielle ainsi que sur le cordon extra abdominal, courent les branches sensibles superficielles et génitales du grand et du petit nerf abdomino-génital ainsi que la branche génitale du nerf génito-crural ; ces petits nerfs sensitifs ne peuvent être lésés dans leur tronc ou dans leurs branches que par un abord superficiel antérieur. Cela explique le très ancien « 1 % à 2 % » minimum consensuel de séquelles douloureuses inguino-scrotales du Bassini et du Shouldice. Ce trauma entraînera aussi une réaction inflamma-

toire normale de cicatrisation physiologique, variable selon la qualité du geste chirurgical, mais qui sera aggravée par une réaction elle aussi variable au corps étranger que constitue la prothèse (Fig 2).

#### A l'opposé, la voie postérieure TAPP ou TEP

Elle ne nécessite qu'une dissection minimale sous-péritonéale et n'expose pas les nerfs sensitifs superficiels ce qui se traduit par des taux très bas de douleurs chroniques : 0,05 % sur 12 687 cas de TAPP pour la série hospitalière d'école de R. Bitner, 0,12 % pour ma série coëlioscopique exclusive de 800 cas. A la même date en Allemagne, R. Bittner (4) observe dans le Lichtenstein des taux de D.C. allant de 12 à 30 % avec 2 à 3 % d'arrêt de la profession. De plus pour les TAPP de son école, R. Bitner observe une reprise totale des activités allant de 1 à 14 jours pour 23 jours par Lichtenstein à la même époque.

### Handicap biologique des prothèses antérieures : la sclérose cicatricielle rétractile ou « shrinkage » « Mariage difficile ou raté de la prothèse textile et des petits nerfs superficiels »

Cette entité biologique liée à la réaction inflammatoire accompagne la cicatrisation et la présence d'un corps étranger ; lorsque cette réaction est trop importante et trop prolongée elle entraîne à moyen terme une sclérose rétractile et engageante des tissus de voisinage ; la rétraction peut concerner 30 % de la surface prothétique pouvant être à elle seule mécaniquement responsable de récurrence. La sclérose engageante intéressant les petits nerfs sur lesquels la prothèse est apposée entraînera au minimum une impression dysesthésique plus ou moins gênante de corps étranger et à des niveaux supérieurs une douleur chronique qui perdurera. Ce phénomène biologique a été dénoncé très tôt aux U.S., en particulier par les tenants du Shouldice dont R. Ben David. Historiquement il fut décrit d'abord avec le polypropylène longtemps matériau dominant, en effet matériau hydrophobe son intégration reste biologiquement, à préparation identique, moins favorable que celle d'un matériau hydrophile comme le polyester. Des améliorations importantes concernant poids, taille des mailles, structures 3D... dans la conception des prothèses n'ont pas totalement réglé les problèmes de réaction inflammatoire et de tolérance. Cette tolérance et les D.C. restent le problème essentiel des voies antérieures avec prothèses.

Il faut souligner, à nouveau, le fait que l'importance de la réaction inflammatoire dépend beaucoup de la qualité du geste chirurgical (discrétion du traumatisme, douceur du geste opératoire, qualité de l'hémostase de l'asepsie...) et donc de la qualité de l'opérateur qui demeure un facteur très important de la qualité du résultat.

### Handicap testiculaire des voies et des prothèses antérieures

C'est un autre handicap du Lichtenstein et des prothèses par voie antérieure, en rapport avec la dissection du cordon extra-abdominal et avec le contact prothétique.

Si les lésions intra-abdominales des vaisseaux à destination testiculaire ont souvent peu de retentissement sur la gonade, en particulier chez l'enfant et le sujet jeune, il en va autrement pour le cordon extra abdominal, en particulier au contact d'une prothèse.

Après le taux de douleurs chroniques c'est un problème spécifique des voies inguinales ; les atrophies testiculaires en rapport avec la dissection du cordon extra abdominal sont de l'ordre de 1 et 2 % en chirurgie conventionnelle, ce taux ne peut être qu'aggravé par le contact d'une prothèse mal tolérée.

Alors que le taux d'atrophies testiculaires n'est que de 0,05 % dans la grosse série d'école de Bittner en C.H., de 0 dans ma propre série, elle est pratiquement nulle dans le traitement coelioscopique de la hernie du petit enfant (versus 3 à 5 % en chirurgie conventionnelle). Enfin certaines séries signalent dans le Lichtenstein jusqu'à 12 % de diséjaculation et d'oligospermie.

## Conclusion

Outre la solidité liée à la taille de la prothèse et les avantages généraux admis par tous inhérents à la technique coelioscopique et en particulier l'absence d'exposition et de manipulation à l'air de cette prothèse, le principal de ses avantages et non des moindres est son indolence avec de très faibles douleurs initiales permettant une reprise immédiate de toutes les activités et surtout un taux minime de douleurs chroniques ; celles-ci sont responsables dans les voies antérieures de coûts socio-économiques importants.

En contrepartie la technique coelioscopique ne s'improvise pas et nécessite un apprentissage, plus long par exemple que celui de la cholécystectomie simple pour lithiase, en particulier pour le débutant non familiarisé aux autres interventions coelioscopiques : 30 cas environ pour le coelioscopiste français aguerris...mais...250 pour le chirurgien conventionnel « herniaire » américain dans l'incroyable série des Vétérans relevée par L. Neumayer en 2004 (7).

Cet apprentissage est cependant facilement acquérable par compagnonnage.

Pour terminer, si le développement de la coelio-herinoplastie s'est fait essentiellement en secteur libéral, il me paraît constructif d'accepter les conclusions de R. Bittner, chirurgien hospitalier, qui fut un maître d'école dans la discipline au Marien Hospital de Stuttgart : « En résumé nous pouvons dire que l'opération coelioscopique de la hernie a fait aussi ses preuves dans un service hospitalier non universitaire et non spécialisé de chirurgie générale et viscérale... pour sa sécurité et son coût réel même dans le cas de la hernie inguinale primaire.

Les conditions pour un bon résultat sont, à côté de la maîtrise de la technique opératoire, l'exécution systématique et standardisée de l'intervention ainsi que l'analyse continue des résultats avec perfectionnement consécutif de cette technique... ».

## Discussion en séance

### Question de R Villet

Quels sont les pourcentages des interventions des hernies ?

### Réponse de E Estour

En ce qui concerne le pourcentage de hernie traitées par coelio, celui-ci en raison de sa technicité augmente lentement mais sûrement de 34 % au PMSI de 2013, il a dépassé en 2015 les 40 %

### Réponse de JH Alexandre

Je puis livrer les chiffres publiés par le PMSI en 2013, tels que rapportés dans une communication que j'avais faite à l'Académie le 27 mai 2015 et dans celle de H Johanet lors de la même séance les données du PMSI 2013, montrent que le chiffre global de cures de hernies de l'aine a été cette année-là, en France, de 142.451 opérations, dont 66, 3 % réalisées par chirurgie incisionnelle, 33,7 % par coelio-chirurgie.

Le taux de recours à la prise en charge en ambulatoire avait crû rapidement passant de 7,3 % en 2007 à 49,48 % en 2013, atteignant même 62,1 % pour une cure unilatérale opérée par abord coelioscopique. 89,6 % des cures comportent la mise en place d'une prothèse, tous âges confondus.

Deux cures unilatérales sur trois étaient réalisées selon la technique de Lichtenstein ; inversement, 2 cures bilatérales

sur 3 étaient réalisées par coelioscopie. Ces pratiques étaient conformes aux recommandations.

### Commentaire de JH Alexandre

Certes dans un synopsis historique l'on ne peut dire que ce que l'on pense l'essentiel, toutefois je voudrais signaler le rôle très important qu'a joué le Groupe d'Études sur la Paroi Abdominale (GREPA) fondé en 1979 par JP Chevrel et Jean Rives - et dont je fais toujours partie -. Ce groupe a créé son individualité et ses lettres de noblesse à la chirurgie pariétale jusque-là négligée voire dénigrée et a été, publications et le journal HERNIA à l'appui, à l'origine de la diffusion de la large utilisation des prothèses, laquelle a permis une réduction très considérable du nombre de récurrences dans la cure des éventrations (passant de plus de 50 à moins de 10 % des cas) et également dans la cure des hernies : ce n'est que dix ans plus tard, avec les techniques coelio-chirurgicales et mise en place systématique des prothèses que les chirurgiens ont adopté l'usage courant de ces matériels. Le GREPA, devenu European Hernia society (EHS) été le modèle français des sociétés internationales telles que l'America Hernia society (AHS) l'Asia Pacific Hernia Society) à l'origine d'études internationales de référence.

### Réponse

Le traitement de la hernie ayant toujours été important dans l'activité du chirurgien généraliste, c'est le développement de la coelio-chirurgie qui en améliorant ses résultats, en contrepartie d'une difficulté technique plus élevée, a réellement ennobli la chirurgie pariétale et non l'action du Greppa dont beaucoup de membres lui sont restés plutôt hostiles.

### Commentaire de P Bonnichon

Première série dans le monde d'intervention publiée par Guy de Chauviac au 14ème siècle (10 cas). Imagination sans limite des chirurgiens (jusqu'à l'absorption de limaille de fer).

## Références

1. Estour E, Bartélémy R, Bataille R, Begin GF, Berthou JC et al. Revue de 9221 cures laparoscopiques de hernies de l'aine chez 7340 patients. Le Journal de Coelochirurgie. 1995;16:42-8.
- 1bis. Estour E. Revue de 16177 cures coelioscopiques de hernies de l'aine. Etude rétrospective chez 13132 patients. Le Journal de Coelochirurgie. 1999;30:70-6.
2. Arregui ME, Davis CJ, Yucel O et al. Laparoscopic mesh repair of inguinal hernia using a preperitoneal approach : a preliminary report. : Surg. Laparosc. Endosc.1992;2:53-8.
3. Leroy J, Fromont G. Hernies de l'aine de l'adulte : prothèse sous-péritonéale sous contrôle coelioscopique (à propos de 110 cas). Le Journal de Coelochirurgie. 1992;1:22-5.
4. Schmedt CG, Sauerland S, Bittner R. Comparison of endoscopic procedures vs Lichtenstein and other open mesh techniques for inguinal hernia repair. Surg. Endosc. 2005;19:188-99.
5. Bittner R, Schwarz J, Kolb H. Hernioplastie de l'aine : cure coelioscopique TAPP. Le journal de Coelio-chirurgie. 2006;59:5-10.
6. Pelissier E, Ngo P. Douleurs chroniques après cure de hernie : une marge de progression. E-Mem Acad Natle Chir 2015;14(3):89-94.
7. Neumayer L. Open mesh versus laproscopic mesh repair of inguinal hernia. N. Engl J. Med. 2004;350:1819-27.
8. Estour E, Armand D, Begin GF, Berthou JC, Bruyns J et al. La hernioplastie coelioscopique gold standard de la réparation herniaire, chirurgie de l'élite ? À propos de 43882 cas. Le Journal de Coelochirurgie. 2006;59:69-71.

# Approche coelioscopique des hernies inguino-scrotales volumineuses et géantes

## Laparoscopic Repair of Giant Inguinoscrotal Hernia

Bijan Ghavami

28 Avenue Vinet - 1004 Lausanne - Suisse.

### Mots clés

- ◆ Hernie inguino scrotale géante
- ◆ Laparoscopie

### Résumé

**Introduction :** La hernie inguino-scrotale (HISc) géante est assez rare. Elle serait la conséquence de la négligence et la peur de la chirurgie. En raison du glissement des viscères (le grêle, le colon sigmoïde, l'épiploon, la vessie, l'ovaire et rarement l'estomac ou le rein), avec les années, la capacité abdominale diminue. Cette baisse de volume rend difficile la réintégration des éléments glissés, voire impossible. Ce qui oblige, parfois, des résections de nécessité. Pour surmonter cet inconvénient, en 1947 Moreno a proposé avant l'opération, l'instauration d'un pneumopéritoine progressive sur deux semaines.

Partant de l'idée que l'insufflation du CO<sub>2</sub> et la pression intra-abdominale induite ouvrirait suffisamment l'abdomen pour recevoir les viscères déplacés vers la hernie géante, nous avons tenté l'approche coelioscopique dans le traitement de ces hernies de l'aîne.

**Matériels et méthodes :** Depuis 2002, 18 hommes de 54 à 82 ans souffrant de HISc unilatérales (4 géantes dont 1 récidive, 5 volumineuses dont 2 récidives et 9 moyennes) ont été opérés par laparoscopie TAPP. Exclusions : contre-indications à laparoscopie, hernies incarcérées avec occlusion, antécédent de laparotomie, obésité.

**Anesthésie :** générale. **Position :** dorsale, déclive prononcée. **Pression intra-abdominale :** 14-15mmHg. Plicature du fascia transversalis en cas de HI directe, rétrécissement de l'orifice interne en cas de HI indirecte par du fil mono-filament non-résorbable. **Filet** large et fendu, fixé en deux points médians. **Drain** aspiratif.

**Résultats :** Durées de l'opération : 60 mn (50 -120), de séjour 7j (5-12). Mortalité : 0. Morbidité : infection : 0, sérome :15, hématome : 5, récidive : 3 (1 sur hernie <sup>primaire</sup> après 10 mois, 2 sur hernies récidivées après 4 & 24 mois. Ils ont été réopérés par voie antérieure).

**Conclusions :** L'approche coelioscopique TAPP des hernies inguino-scrotales géantes et volumineuses est réalisable et sûre. Les suites opératoires sont plus confortables que la voie ouverte avec un taux de la comorbidité faible. Pour connaître le risque exact de récidive, une plus large expérience est nécessaire.

### Keywords

- ◆ Giant inguinoscrotal hernia
- ◆ Laparoscopy

### Abstract

**Introduction:** The huge inguino-scrotal hernia (HISc) is rather rare. It would be the consequence of negligence and fear of the surgery. The sliding of viscera (intestine, colon, omentum, bladder, etc) decreases the abdominal capacity. This phenomenon makes difficult, even impossible the replacement of the slid elements. What obliges, sometimes, visceral resection? To overcome this inconvenience, Moreno proposed before the operation a progressive pneumoperitoneum over two weeks. Postulant the idea that the CO<sub>2</sub>'s insufflation and high abdominal pressure induced could open enough the abdomen to receive the viscera moved towards the huge hernia, we tried the laparoscopic approach in the treatment of this hernia.

**Materials and methods:** Since 2002, 18 men, 54 to 82 years old with unilateral HISc: 4 giants (3 primary, 1 recurrence), 5 voluminous (3 primary, 2 recurrences) and 9 averages. Were operated by laparoscopic TAPP (trans abdomino preperitoneal). We excluded the patients who presented one or more of these situations: contraindication of laparoscopy, incarcerated hernia with occlusion, history of laparotomy and obesity.

**Procedure:** general anaesthesia, dorsal position with pronounced declive, 14-15mmHg's intra-abdominal pressure, Plicature of the fascia transversalis on case of direct hernia and shrinkage of th internal orifice in indirect's case with non-absorbable suture. Mesh: large and split fixed in two median points. Redon's drain.

**Results:** Operative time: 60mn (50-120). Hospital stay: 7 days (5-12). Mortality 0, Morbidity: infection 0, seroma 15, hematoma 5, recurrence 3 (1 primary hernia after 10 months, 2 recurrent hernia after 4 & 24 months). They were operated by anterior approach.

**Conclusions:** The laparoscopic approach, TAPP, for the huge and voluminous inguinoscrotal hernia is feasible and safe. The postoperative suites are more comfortable than the open surgery, with a rate of the low comorbidity. To know the exact risk of recurrence, is needed a larger experience.

### Correspondance :

Bijan Ghavami

28 Avenue Vinet - 1004 Lausanne - Suisse.

E-mail : [bijan.ghavami@gmail.com](mailto:bijan.ghavami@gmail.com)

Disponibile en ligne sur [www.acad-chirurgie.fr](http://www.acad-chirurgie.fr)

1634-0647 - © 2016 Académie nationale de chirurgie. Tous droits réservés.

DOI : 10.14607/emem.2016.4.080



Figure 1A. Hernie ISc géante gauche.

On appelle Hernie Inguino-scrotale « géante » celle qui, en position debout atteint le milieu de la cuisse (1). (Fig 1A-B). Après un pic dans l'enfance, 0,5 % chez la fille et 1,5 % chez le garçon, la prévalence de la hernie de l'aîne chez l'homme va en augmentant avec l'âge pour atteindre les 4,5 % vers les 90 ans, alors que chez la femme, elle n'augmente guère (2). Mais la hernie inguino-scrotale géante reste assez rare. Elle est la conséquence de la négligence et la crainte de la chirurgie (3). Leur contenu est constitué des viscères intra-abdominaux : le grêle, le sigmoïde (Fig 2), l'épiploon, la vessie, l'ovaire. La présence de l'estomac et le rein a été aussi décrite (4,5,6). Elle entraîne des troubles digestifs, urinaires, cutanés, de la marche... et, elle risque l'incarcération et l'occlusion.

## Traitement chirurgical

Il s'agit d'une pathologie chronique qui, entraîne une diminution de la capacité de la cavité abdominale en raison de « l'extravasation » des viscères glissés. De ce fait, leur réintégration ne serait pas aisée, et, peut dans certaines situations causer des troubles cardio-respiratoires par augmentation brusque de la pression intra abdominale, diminution du retour veineux et baisse du volume respiratoire (7,8). En cas d'impossibilité de les réduire par manque de place, des résections intestinales de nécessité, surtout du sigmoïde ou de l'épiploon ont été décrites (7,8). Dans le but de prévenir cette complication, en 1947 Moreno a proposé le pneumopéritoine progressif (100 à 500 ml d'air/j pendant 15j) (2,7,10) dans le but de distendre la paroi et augmenter la capacité. Ces résultats ont été controversés.

Nous nous sommes proposés de traiter ces hernies sous cœlioscopie, avec le postulat que le pneumopéritoine augmenterait le volume et la capacité de la cavité abdominale, faisant suffisamment de place pour faciliter la réintégration recevoir le contenu herniaire, facilité efficacement par la position déclive prononcée de la table opératoire.

Dans la cure chirurgicale des hernies de l'aîne, plusieurs travaux ont démontré, du moins l'équivalence, sinon la supériorité de l'approche laparoscopique par rapport aux voies ouvertes, tant au point de vue des résultats à court qu'à long terme (11,12).

Côté	Directe (dont récidive)	Indirecte	Total
Gauche	5 (2)	6	11
Droite	3 (1)	4	7
<b>Total</b>	<b>8 (3)</b>	<b>10</b>	<b>18</b>

Tableau 1. Répartition des hernies



Figure 1B. Ct Scan du même patient.

## Matériels & Méthodes

Notre expérience de l'approche laparoscopique des hernies inguino-scrotales volumineuses et géantes se limite à 18 patients opérés depuis mars 2002. Il s'agit de 18 hommes de moyenne d'âge de 67 ans (54 à 82 ans).

Les hernies, toutes unilatérales, se répartissent ainsi :

- Hernie I-S géante : 4 (3 *pires*, 1 *récidive*) ;
- Hernie I-S volumineuse : 5 (3 *pires*, 2 *récidives*) ;
- Hernie I-S moyenne : 9.

Nous avons appelé « géantes » celles qui en position debout approchent le milieu de la cuisse (Fig 1 A-B), « volumineuses » celles qui ne dépassent pas le tiers supérieur de cuisse et « moyennes » celles qui remplissent les bourses avec une nette augmentation du volume du côté atteint par rapport au côté opposé.

Toujours unilatérales, elles se répartissent selon le Tableau 1. Sélection de patients : ont été exclus de cette approche les patients qui présentaient au moins un de ces critères :

- Contre-indications à la cœlio ;
  - Hernie incarcerated avec occlusion ;
  - Obésité ;
  - Antécédent de la laparotomie.
- Opération :
- Anesthésie générale ;
  - Décubitus dorsal et déclive prononcée ;



Figure 2. Les viscères glissés.



Figure 3. Orifice H. directe.

- Abord trans-abdominal : TAPP ;
- Pression à 14-15mm Hg ;
- Fermeture de l'orifice herniaire interne en cas de H. indirecte et plicature du fascia transversalis en cas de H. directe par du fils mono filament non-résorbable 2.0 (Fig 3 à 6) ;
- Filet fendu, large et fixé (Fig 7) ;
- Drainage aspiratif.

## Résultats

- Durées :
  - Opération : 60 mn (50-120)
  - Séjour : 7j (5-12)
- Mortalité : 0
- Morbidité :
  - Sérome : 15
  - Hématome : 5
  - Infection : 0
  - Récidive : 3
    - Hernie 1<sup>aire</sup> : 1 (10 mois après l'opération)
    - Hernie récidivée : 2 (4 & 24 mois après)
    - (réopérés par voie antérieure)

Le Trendelenburg prononcé du patient et la nette augmentation de l'espace intra-abdominal induite par le pneumopéri-



Figure 4. Fermeture du fascia transversalis.



Figure 5. L'intérieur du sac herniaire indirect.

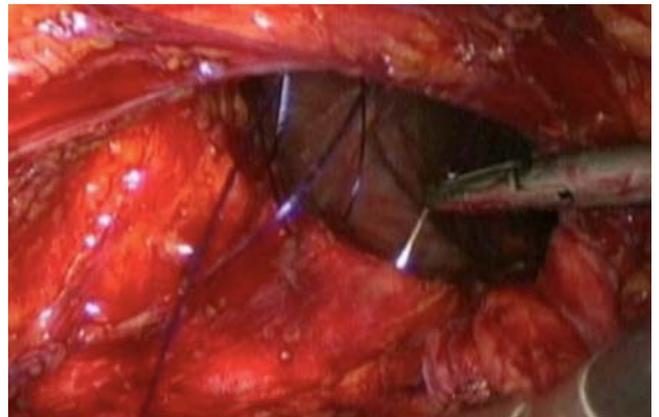


Figure 6A. Rétrécissement de l'orifice interne.



Figure 6B. Après suture.



Figure 7. Le filet.

toine ont été, effectivement, les éléments essentiels pour la réintégration des viscères glissés dans la hernie.

Le glissement herniaire du côté droit intéressait le grêle, le cæcum avec l'appendice et chez un patient en plus le sommet de la boucle sigmoïdienne, et à gauche toujours le sigmoïde et deux fois l'épiploon. Une fois les viscères réduits, les dimensions des orifices herniaires, directes ou oblique-externes, variaient entre 3 et 5 cm, indépendamment du volume de viscères glissés. Ceci était plutôt fonction de la durée de la présence de la hernie, le BMI du patient, et l'existence d'une broncho-pneumonie obstructive.

La raison des séromes peut être expliquée par l'importance de la dissection du sac herniaire qui souvent n'a pas pu réséquer complètement. Mais ces séromes n'ont jamais été de volume important et ont été résorbés dans un délai maximum de trois mois.

## Discussion

La hernie inguino-scrotale géante est très rare. Toutefois, celle, moins importante, dont leur contenu remplit les bourses en les déformant mais sans atteindre le milieu de la cuisse, est plus fréquente. Elle est assez répandue dans le milieu rural et en Afrique (13).

L'approche chirurgicale proposée par les différents auteurs est la voie ouverte. Son évolution chronique rend difficile la réduction du viscère déplacé dans la hernie. Dans les situations où ce manœuvre n'était pas possible, des résections intestinales de nécessité ont dû être pratiquées (7,8). Moreno (9) a proposé en 1947 l'insufflation abdominale pendant 15 jours avant l'opération dans le but d'augmenter la capacité abdominale.

Partant de l'idée que l'insufflation du CO<sub>2</sub> et la pression intra-abdominale induite ouvrirait suffisamment l'abdomen pour recevoir les viscères déplacés vers la hernie géante facilitée, par ailleurs, par le Trendelenburg prononcé, nous avons tenté l'approche coelioscopique dans le traitement de ces hernies de l'aîne.

Notre expérience a effectivement confirmé ce postulat. Les orifices herniaires, même larges, directes ou indirectes étaient indépendants de la masse viscérale glissée, mais fonction de la durée de la présence des hernies et de la pression intra-abdominale (BMI, BPO...). Ils ont pu être fermés ou rétrécis (en cas de hernie indirecte) de l'intérieure de la même manière qu'ils devraient l'être par voie externe. Nous avons choisi d'utiliser des mèches fendues et les avons ancrées sur la ligne médiane en deux points par du matériel résorbable. La suite de l'intervention ne serait qu'une TAPP habituelle. La cavité laissée libre par l'ancienne hernie était drainée à chaque fois par un drain de Redon.

Bien entendu, notre expérience est limitée et nous ne pouvons pas tirer de conclusions autres que la faisabilité de cette approche. Le nombre « élevé » de récurrences ; 3/18, dont deux étaient déjà des récurrences des interventions primaires effectuées par voie antérieure, serait plutôt dû à notre courbe d'apprentissage que l'inefficacité de la méthode.

La poursuite de cette approche est fortement encouragée par les suites opératoires simples et le confort post-opératoire de la laparoscopie, meilleurs que chez les opérés par la voie antérieure.

## Conclusions

L'approche coelioscopique TAPP des hernies inguino-scrotale volumineuses et géantes est réalisable avec des suites opératoires plus confortables que par la voie ouverte, et une comorbidité faible. Pour connaître le risque exact de récurrence, il faut une collecte de cas plus importante.

## Discussion en séance

### Question de J Guggenheim

Risque d'insuffisance respiratoire post-op ?

### Réponse

Le risque d'insuffisance respiratoire existe en cas de réduction des viscères déplacés dans la hernie dans l'approche antérieure.

### Question de J Leroy

Quid de la vessie ?

### Réponse

Dans les cas de hernie importante, la corne de la vessie peut y être entraînée.

### Question de JH Alexandre

Problème du scrotum résiduel avec parfois nécessité de résection secondaire esthétique ?

### Réponse

Effectivement, le résultat esthétique du scrotum n'est pas très beau.

## Références

- Hodgkinson DJ, McIlrath DC. Scrotal reconstruction for giant inguinal hernias. *Surg Clin North Am.* 1984;64:307-13.
- Burcharth J, Pederson M, Bisgaard Th, Pederson C, Rosenberg J. Nationwide Prevalence of Groin Hernia Repair. *PLoS One.* 2013;8(1):e54367.
- Sturniolo G, Tonante A, Gagliano E, Taranto F, Lo Schiavo MG, D'Alia C. Surgical treatment of the giant inguinal hernia. *Hernia.* 1999;3:27-30.
- Weitzenfeld MB, Brown BT, Morillo G, Block NL. Scrotal kidney and ureter: an unusual hernia. *J Urol.* 1980;123:437-8.
- Udwadia TE. Stomach strangulated in inguinal hernia presenting with hematemesis. *Int Surg.* 1984;69:177-9.
- Birnbaum DJ, Grégoire E, Campan P, Hardwigen J, Le Treut YP. A large inguinoscrotal hernia with stomach content. *ANZ J Surg.* 2011;81:86-7.
- El Saadi AS, Al Wadan AH, Hamerna S. Approach to a giant inguinoscrotal hernia. *Hernia.* 2005;9:277-9.
- Coetzee E, Price C, Boutall A. Simple repair of a giant inguinoscrotal hernia. *Int J Surg Case Rep.* 2011;2:32-5.
- Moreno IG. Chronic eventrations and large hernias: preoperative treatment by progressive pneumoperitoneum; original procedure. *Surgery.* 1947;22:945-53.
- Vasiliadis K, Knaebel HP, Djakovic N, Nyarangi-Dix J, Schmidt J, Büchler M. Challenging surgical management of a giant inguinoscrotal hernia: report of a case. *Surg Today.* 2010;40:684-7.
- Saleh F, Okrainec A, D'Souza N, Kwong J, Jackson TD. Safety of laparoscopic and open approaches for repair of the unilateral primary inguinal hernia: an analysis of short-term outcomes. *Am J Surg.* 2014;208:195-201.
- Li J, Wang X, Feng X, Gu Y, Tang R. Comparison of open and laparoscopic preperitoneal repair of groin hernia. *Surg Endosc.* 2013;27:4702-10.
- Kombo BB, Allison AB. Giant inguino-scrotal hernias seen at the University of Port Harcourt Teaching Hospital. *Niger J Med.* 2013;22:317-8.