




Disponible en ligne sur  
 ScienceDirect  
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France  
  
www.em-consulte.com



ARTICLE ORIGINAL

# Une main vous manque et... Indications thérapeutiques des agénésies et amputations de mains : plasties et prothèses versus allogreffes

*Treatment indications for hand agenesis or acquired loss: Standard technics versus allotransplantation (CTA)*

A.-R. Chancholle<sup>a,\*</sup>, R. Souquet<sup>b</sup>, F. Moutet<sup>c</sup>, J. Saboye<sup>d</sup>

<sup>a</sup> 20, avenue Frizac, 31400 Toulouse, France

<sup>b</sup> 1 bis, rue Joux-Aïgues, 31000 Toulouse, France

<sup>c</sup> Service de chirurgie de la main et des brûlures, hôpital de Grenoble, BP 217, Grenoble cedex 09, France

<sup>d</sup> 34, rue Demouilles, 31400 Toulouse, France

Reçu le 15 octobre 2009 ; accepté le 7 novembre 2009

## MOTS CLÉS

Agénésie de la main ;  
Amputation de la main ;  
Prothèses ;  
Opération de  
Krukenberg ;  
Allogreffe de main ;  
Résultats fonctionnels

## KEYWORDS

Hand agenesis;  
Hand loss;  
Standard reconstruction;  
Prosthesis;  
Krukenberg operation;  
Hand allograft;  
Functional outcome

**Résumé** La modernité chirurgicale incline à penser que l'absence ou la perte d'une ou de deux mains annule toute capacité fonctionnelle ; l'homogreffe, dite allogreffe, est la plus actuelle des solutions thérapeutiques. Il n'en est rien, il y a une vie avec une agénésie ou après une amputation et bien d'autres solutions aussi efficaces et moins risquées : non traitée, la récupération spontanée de nouveaux fonctionnements est possible. D'autres traitements : une très ancienne opération, le procédé de Krukenberg, ou de nouvelles prothèses « bioniques ». Ce travail est un rappel d'évidences négligées ou oubliées.

© 2009 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

**Summary** The new surgery thinking, in matter of hand loss, is made of two ways: without hand, there is no more fonctionnal abilities; homograft or allograft of hand is the best actual treatment. This is not true and we are able to get new fonctionnal abilities by other ways: without any treatment, we are able of spontaneous functional recovery. There are other treatments: the old operation of Krukenberg or new bionic prosthesis. This work is a recall of obvious or forgotten facts.

© 2009 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

\* Auteur correspondant.

Adresses e-mail : [chancholle.andre@wanadoo.fr](mailto:chancholle.andre@wanadoo.fr) (A.R. Chancholle), [FMoutet@chu-grenoble.fr](mailto:FMoutet@chu-grenoble.fr) (F. Moutet), [dr.saboye@wanadoo.fr](mailto:dr.saboye@wanadoo.fr) (J. Saboye).

« Rien ne m'est sûr que la chose incertaine »  
François Villon

François Villon tempérait ainsi les certitudes volontiers querelleuses de nos convictions et les noises qui s'ensuivent. Nous fuirons celles-ci d'autant que le sujet qui nous retient est douloureux et difficile, et l'entente nécessaire devant le grave désarroi de nos patients.

Nul doute que vous n'ayez déjà médité sur ces questions et que chacun de vous n'ait déjà pris un parti thérapeutique dont vous avez, j'en suis sûr, exclu tout parti-pris. Pour autant ne faut-il pas remettre sans cesse nos réflexions sur le métier ?

De quoi s'agit-il ? D'une main qui manque à cet embryon qui pourrait être mon enfant ; d'une main amputée qui pourrait être la mienne, qui hier encore me permettait d'opérer ; du désespoir qui s'ensuit, inimaginable à qui ne l'a vécu dans sa chair ; de l'espoir fou d'une main retrouvée. Voilà ce qui se joue ici.

Ces enjeux immenses des allogreffes justifient l'enthousiasme de ses promoteurs, tel Bernard Devauchelle [1] écrivant à propos de la première allogreffe de visage qu'il fit le 27 novembre 2005. « ... ayons des projets ambitieux, soyons originaux et fous, de cette folie créatrice qui décuple les énergies et fait se déplacer les montagnes ».

Originalité, folie créatrice, les superlatifs s'imposent et les seuls sentiments qui animent tout chirurgien plasticien bien né sont l'admiration d'un tel exploit et le regret de ne l'avoir pas imaginé : faire passer une main, un visage morts à un vivant et qu'ils revivent.

De ce regret, les vétérans de notre spécialité se consolent au souvenir de ce qu'ils firent en leur temps : c'est leur expérience d'hier qui permet la gestation des allogreffes d'aujourd'hui. Cette expérience qui éclaire le passé et l'avenir nous permet de poser quelques questions : reste-t-il une place pour les méthodes et techniques inventées naguère, encore pratiquées ici et là mais que certains jugent obsolètes ? L'allogreffe serait-elle le seul traitement de telles lésions ? Sinon, dans quels cas est-elle indiquée ? Au bal des débutants, quelle méthode choisir pour cavalière ? Celle-là éprouvée de longtemps mais d'ambition pauvre, ou celle-ci, de vogue irrésistible ? Obéirons-nous aux diktats de la modernité et à ses irrésistibles statistiques ou aux réels besoins de ce patient-ci ? Quel traitement lui proposer alors que les injonctions de l'actualité interdisent de discuter des *indications thérapeutiques* dont nous constatons aujourd'hui qu'elles ne sont plus qu'un chapitre oublié de nos enseignements : ce qui *peut* être fait *doit* être fait !

Il ne s'agit ni de condamner ni de louer les allo-transplantations – les médias s'y opiniâtrent suffisamment – mais de savoir ce qui servira le mieux le malade. Pour ce faire, il convient d'examiner rationnellement les possibilités et les inconvénients de chaque méthode. Que d'aucuns jugent vaines les questions qui critiquent certains progrès et vaines les observations qui les discutent n'empêche que la critique sert la vérité, si elle dessert le critique. D'ailleurs, si nos réponses s'avèrent obsolètes ou impertinentes, le crédit des allogreffes n'en aura que plus d'éclat, pour le plus grand bonheur de ses praticiens.

## Prologue : L'indication thérapeutique

- Les méthodes classiques de traitement
    - I - L'abstention thérapeutique
    - II - Les prothèses
    - III - La chirurgie du moignon
    - IV - La reconstruction de la préhension
  - Les allogreffes
  - Comparaison des méthodes
  - Indications thérapeutiques
- Conclusion? **QROC** ... Question à Réponse Ouverte

Figure 1 Indications thérapeutique.

## Les méthodes classiques de traitement

Le risque, en les examinant, est d'en découvrir la pauvreté et les défauts qui les feraient exclure de nos traitements. Pourtant, leurs servitudes mêmes suggèrent quelques enseignements (Fig. 1).

### L'abstention thérapeutique

Du temps de notre impuissance, elle a été longtemps la seule réponse des médecins. On s'y résigne encore, ici ou là, surtout en pays pauvres où elle est la règle. L'observation de patients non traités nous y instruit de l'*histoire naturelle* de l'absence ou de la perte d'une main, histoire qui nous montre ce que peut faire le patient réduit à ses seules ressources auxquelles nous faisons si peu confiance aujourd'hui. Je pense à cet enfant dont le membre supérieur droit était réduit à un moignon de bras et que je vis battre « à plate couture » au ping-pong un adversaire pourvu de ses deux mains. De sa seule main gauche, il lâchait la balle et du même coup saisissait sa raquette bloquée sous l'aisselle droite, marquant le point d'un geste si rapide que je ne pus rien en distinguer ! Plus tard, un enfant semblable refusera l'usage d'une prothèse en objectant au kinésithérapeute « Qu'est-ce que tu feras, toi, d'un troisième bras ? »<sup>1</sup>.

Je pense encore à cet homme de 50 ans me confiant qu'il n'avait été gêné de l'agénésie de son membre supérieur qu'à deux moments de sa vie : très tôt, lorsque le regard des autres lui fit remarquer sa particularité *qu'il découvrit alors* ; puis vers ses 15 ans lorsque, se demandant si « les filles voudraient bien de lui », il fut vite rassuré par son premier succès.

Je pense aussi à ces blessés amputés d'une main hier encore inscrite dans leur schéma mental mais qui, malgré la souffrance psychique et le désarroi d'un tel accident, parviennent parfois à reconquérir l'autonomie de leur vie personnelle.

L'habileté recouvrée de ces patients a des raisons que nous examinerons au chapitre des indications thérapeutiques.

Quoi qu'il en soit, le médecin dont la vocation est de soigner supporte mal son inaction. C'est ce besoin, sans

<sup>1</sup> Remarque faite par un de mes petits patients et rapportée de même par P. Dautry, J. Pillet, A. Apoil et O. Biteau [2].

doute ontogénique de notre Espèce, qui nous fit inventer d'abord des prothèses, puis la chirurgie.

## Les prothèses

Prescrire une prothèse nous répugne souvent<sup>2</sup>. Ne signe-t-elle pas notre impuissance à réparer ou à reconstruire<sup>3</sup>, abandon auquel nous ne nous résignons pas facilement ? N'est-ce pas cette impossible résignation qui explique nos acharnements thérapeutiques ?

Pourtant, la prothèse n'est pas signe d'échec : elle est pour le blessé un espoir qu'elle satisfait souvent. Son histoire le prouve. C'est parce que l'Homme de Cro Magnon voulait continuer de nomadiser et de chasser qu'il soulagea sa jambe blessée d'une béquille — première prothèse ; c'est parce que l'artisan voulait continuer d'œuvrer qu'il fixa à son moignon d'avant-bras son outil le plus utile ; c'est parce qu'il voulait continuer de se battre que le guerrier fit attacher au bras de son armure la masse d'arme que sa main amputée ne pouvait plus saisir.

De cette histoire, les exemples sont nombreux. Prothèses de jambes d'avant notre ère : de Rig Vega, rapportée en sanscrit au <sup>x</sup><sup>e</sup> siècle ; de l'invalidé des « Oiseaux » d'Aristophane, au <sup>v</sup><sup>e</sup> siècle ; d'Hegistrate d'Elée mentionné par Hérodote au <sup>iv</sup><sup>e</sup> siècle. Plus près de nous, la main articulée du chevalier Götz von Berlichingen, en 1504, le pilon de Peter Stuyvesant en 1645, jusqu'au marin à la jambe de bois de l'île au trésor de Stevenson.

Les prothèses se perfectionnèrent grâce à la conjonction, à Padoue, circa 1450, du travail anatomique de Vésale (de *humani corporis fabrica*) et du génie technique de Dondi qui, même endroit et même moment, invente l'horloge mécanique<sup>4</sup>. Ambroise-Paré rapporte pour la première fois l'usage de prothèses dans son traité de chirurgie (Fig. 2 et 3). Leur fabrication devint industrielle aux États-Unis pour traiter les 30 000 amputés de la guerre de Sécession. Elles furent ensuite adaptées au travail manuel (Fig. 4).

La conception des prothèses allait changer de paradigme avec l'usage de nouveaux matériaux (plastiques et leurs polymères, fibres de carbone qui restitue l'énergie des appuis distaux : jambes d'Oscar Pistorius<sup>5</sup> (Fig. 5), l'électronique et les nanocapteurs qui organisent une interface efficace matériaux/tissus vivant : c'est la *bionique* que l'un de nous (F. Moutet [3]) définit ainsi : « Les progrès conjoints de la physique et des sciences dites dures ont permis l'émergence de la bionique, c'est-à-dire de systèmes techniques communiquant avec des tissus vivants, *concrétisation d'un*

*vieux rêve de l'homme depuis qu'il observe le vol des oiseaux* ». Souvenons-nous d'Icare.

Le bras bionique est utilisé depuis 2005 par un ouvrier amputé des deux bras, Jesse Sullivan et depuis 2006 par une femme amputée de son bras gauche, Claudia Mitchell (Fig. 6). C'est le Dr. Todd Kuiken [4,5] du Rehabilitation Institute de Chicago qui a développé ces prothèses : les neurones des tranches de section des nerfs médian, cubital et radial sont implantés dans la région de l'épaule à la surface des fibres musculaires du grand pectoral. Leurs activités électriques, *impulsées par la seule pensée du geste à effectuer*, sont recueillies par des capteurs cutanés sus-jacents qui les transmettent aux moteurs de la prothèse. Le contact des extrémités digitales de la prothèse avec l'objet saisi informe les extrémités neuronales sensibles qui, en retour, adaptent les forces motorisées à la consistance de l'objet : « prothèse à retour d'effort » qui ne saisit pas avec la même force un œuf dur ou un œuf à la coque. La difficulté réside dans l'apprentissage de la cartographie des signaux sensitifs, apprentissage qui peut échouer (quatre patients : deux échecs et deux succès) mais qui n'est pas plus difficile que celui des prothèses mécaniques ou électriques *ou celui des mains allogreffées*. Ce système aurait en outre l'intérêt d'améliorer les douleurs du membre fantôme.

Ce programme de recherche et de mise au point serait poursuivi jusqu'en 2009 à la Defense Advanced Research Projects Agency (DAPA), (université John Hopkins), projet justifié par les centaines de soldats américains amputés en Afghanistan et en Irak et qui dispose d'un budget de 30 millions de dollars.

En Europe, le projet européen de réalisation du doigt artificiel sensoriel (NanoBioTact) travaille sur l'intégration des informations sensorielles par la prothèse (projet Cyberhand). Les capteurs nanométriques (micro-electrical-mechanical- systems) essaient d'imiter le fonctionnement des capteurs tactiles humains. Le projet européen, coordonné par Mike Adams, de l'université de Birmingham, regroupe les travaux de la Scuola Superiore Sant'Anna de Pise pour les aspects robotiques, des universités de Gothenburg pour les neurosciences, de Louvain pour la psychophysique, de Munich pour le traitement des signaux, de Rockfield Software (Royaume-Uni) pour la modélisation des mécanismes. En France l'étude théorique et expérimentale des signaux bioélectriques est menée à l'institut des sciences cognitives de Lyon par Angela Sirigu<sup>6</sup> et son équipe. Ces travaux permettront, en outre, de mieux comprendre la physiologie des mécanorécepteurs, le codage et l'interprétation neuronale des informations tactiles ainsi que la physiopathologie de certains déficits neurologiques, et d'en améliorer peut-être le traitement.

La confrontation interdisciplinaire confirme l'intérêt de la question chirurgie ou/et prothèse : les cardiologues, par exemple, nous apprennent que moins de 400 greffes du cœur sont faites annuellement en France, pour plus de 1000 malades nécessitant, dont 600 au moins meurent faute de greffons. Tout homogreffe rencontre, en effet, les mêmes difficultés : rareté croissante des donneurs, risques vitaux de l'immunosuppression à terme. Si nous persistons dans la greffe d'organe, mieux vaudrait s'orienter vers l'hétéogreffe, par

<sup>2</sup> Le terme de prothèse apparaît en 1637 (Thevenin) forgé sur le grec « pro-tithèmi » : je mets à la place de.

<sup>3</sup> F. Moutet [3] distingue la « réparation » qui utilise les tissus du blessé, de la « reconstruction », du latin « reconstructere » : qui fait appel à des matériaux extérieurs au sujet.

<sup>4</sup> C'est à partir de ces recherches que William Harvey imaginera la circulation sanguine.

<sup>5</sup> Oscar Pistorius, né avec une agénésie des deux jambes dont les moignons inutilisables furent amputés à 11 mois, appareillé avec deux lames de carbone, atteint le record du 400 mètres en 46 secondes 34/100, à 21 ans, en 2005. Il a été expertisé à l'université de Cologne par le Pr. Bröggeman qui reconnaît qu'il bénéficie « d'un avantage considérable... ses prothèses restituant à l'impact du sol 30 % de plus d'énergie que celle du pied d'un athlète valide ».

<sup>6</sup> Les travaux d'Angela Sirigu sont trop riches pour être rapportés ici : consulter son site web.





Figure 2 Première annonce des prothèses dans le traité d' Ambroise-Paré.

exemple d'un porc modifié génétiquement pour le rendre, par génie génétique, plus compatible à l'Homme et minimiser ainsi le traitement immunosuppressif. Mais « quoique la part du rêve reste un moteur de l'évolution scientifique » [3], l'hétéogreffe reste un rêve. Le réalisme, c'est plutôt le développement d'un cœur artificiel implantable qui, *aujourd'hui, sauve des vies, pendant des années*. Il adapte sa force d'éjection au retour veineux mais il travaille en pulsion continue monoventriculaire, sans temps diastolique, et nécessite une traversée cutanée joignant la prothèse à la source d'énergie externe. Avec la miniaturisation et les nanotechnologies, nul doute que, totalement implanté, il ne soit la vraie solution de l'insuffisance cardiaque. Ces informations nous ont été communiquées par les Pr. M. Galinier, G. Fournial et C. Dambrin, du CHU de Toulouse-Rangueil.

En présence de la perte d'une main, le réalisme, *aujourd'hui*, c'est la prothèse... ou l'opération de Krukenberg (vide infra).

## La chirurgie réparatrice d'une préhension autre que manuelle

### La chirurgie du moignon

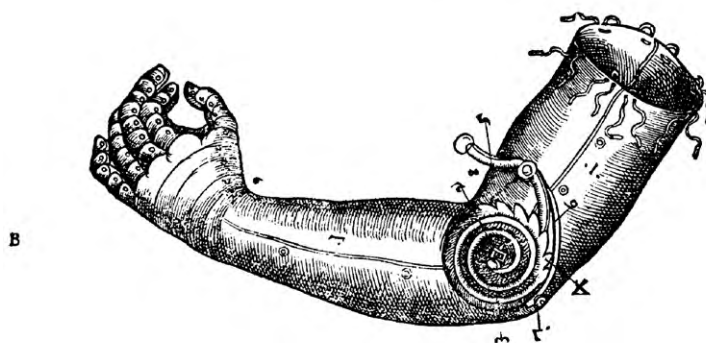
Elle permet un meilleur usage de celui-ci en corrigeant les douleurs de contact d'un névrome d'amputation, d'une cicatrice adhérente, d'une exostose sous-cutanée ; en stabilisant les parties molles sur le squelette distal. Elle a, en outre, un intérêt esthétique en changeant l'apparence évidente et mal acceptée d'un moignon d'agénésie congénitale en un aspect post-traumatique mieux toléré socialement.

La correction du moignon, en facilitant sa mise en service, améliore la préhension. C'est une chirurgie simple, rapide, sûre, faisable partout et au moindre coût, avantages importants en pays pauvres où abondent les amputations traumatiques et les malformations d'origine chimique (défoliants).

D'AIQVSTER CE QVI DEFAVT. IX.<sup>c</sup> XVII

A

Description du Bras de fer.



1 Le bracelet de fer pour la forme du bras. 2 L'arbre mis au dedans du grand ressort pour le tendre. 3 Le grand ressort qui est au coude, lequel doit estre d'acier trempé, & de trois pieds de longueur ou plus. 4 Le roquet. 5 La gaschette. 6 Le ressort qui poise sur la gaschette, & arreste les dents du roquet. 7 Le clou à vis pour fermer ce ressort. 8 Le tournant de la haulse de l'avant-bras, qui est au dessus du coude. 9 La trompe du gantelet fait à tournant avec le canon de l'avant-bras qui est à la main: lesquels seruent à faire la main prone & supine: c'est à sçavoir prone vers la terre, & supine vers le Ciel.

C

Autre pourtrait

D'une main faite de cuir boullu, ou papier collé, les doigts tenant vne plume pour escrire, à celuy qui auroit eu la main du tout coupee & amputée (où le malade mettra dedans son moignon le plus auant qu'il pourra) laquelle s'attache à la manche du pourpoint par certains trous que tu vois en la figure.

D

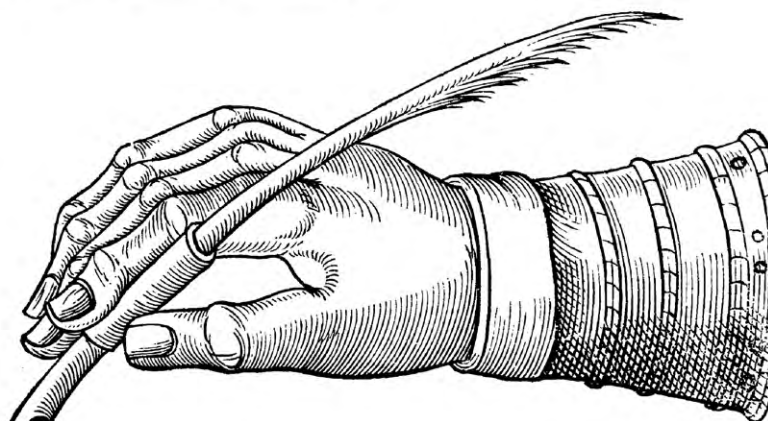


Figure 3 Prothèses de membre supérieur et de main in Ambroise Paré.

## L'opération de Krukenberg [6]

C'est un exemple remarquable de l'ingéniosité chirurgicale. Elle peut être faite partout où se trouve un chirurgien formé aux gestes basiques de son art et qui peut s'y exercer sur le cadavre ; elle ne requiert aucune instrumentation spéciale. Elle permet à l'amputé bilatéral de passer d'une dépendance totale à l'autonomie des gestes élémentaires de la vie quotidienne : manger, faire sa toilette, saisir les objets usuels.

H. Krukenberg en eut l'idée en 1916, devant l'impotence complète d'aviateurs dont les deux mains et les deux yeux avaient été carbonisés dans le crash de leur avion et qui, aveugles, n'avaient plus le contrôle visuel indispensable à l'usage de leurs prothèses. Krukenberg eut l'idée de cons-

truire une pince de préhension à deux branches utilisant le radius et le cubitus libérés de leurs connexions normales ; le radius devient partie d'une pince en étant mobilisé par transformation de sa prono-supination en adduction-abduction par rapport au cubitus partie fixe de la pince. Cette-ci a un revêtement cutané sensible et peut reconnaître et saisir avec force des objets dont l'épaisseur va de 0 à 9 centimètres environ.

Malgré ses qualités fonctionnelles, cette opération a contre elle son apparence difficilement soutenable en société. C'est ce qui en fait une opération oubliée, volontiers négligée par les chirurgiens soucieux de l'apparence de leurs résultats. C'est ainsi que Schmidt, Patton et Watts [7], au Schriners Hospital for Children de Los Angeles, avouent que





Figure 4 Une prothèse «professionnelle» aujourd'hui.

les praticiens la délaissent parce que *unattractive* malgré l'avis des patients opérés qui l'estiment des plus utiles ... à la maison.

Sa technique est simple (Fig. 7 à 12) : incisions des lambeaux cutanés respectant leurs pédicules vasculonerveux superficiels destinés aux zones de contact des deux



Oscar Pistorius

Figure 5 La prothèse n'a pas toujours intérêt à imiter la nature : les jambes en lames de carbone.

## Une jeune Américaine dirige par la pensée sa prothèse de bras

LE MONDE - Article paru dans l'édition du 21.09.06



Après Jesse Sullivan en 2005, Claudia Mitchell (ici lors d'une conférence de presse à Washington, le 14 septembre 2006) est la première femme équipée d'un bras bionique.

Figure 6 Prothèse bionique.

pincettes dont les zones d'appui doivent être sensibles (les greffes cutanées souvent nécessaires sont placées hors des zones de préhension) ; excision des masses musculaires des fléchisseurs et extenseurs longs ; résection de la totalité de la membrane interosseuse (radius et cubitus doivent pouvoir être écartés passivement de 12 cm) ; dissection soignée des muscles moteurs du radius : pronator teres, brachio-radialis avec leurs pédicules vasculo-nerveux, tendon du biceps brachial ; la bonne longueur des deux pincettes est de 12 à 15 cm mais elles restent efficaces jusqu'à 7–8 cm.

L'intervention peut être faite trois mois après cicatrisation des moignons, après régression complète de l'œdème post-traumatique. Elle est évidemment contre-indiquée lorsque des troubles neurologiques ou vasomoteurs affectent l'avant-bras. Elle nécessite une bonne information du patient et l'évaluation de son adaptabilité, plus facile à solliciter chez le manuel que chez l'intellectuel.

Une opération oubliée... jusqu'aux conflits modernes qui font de plus en plus d'amputés dans des pays dont la pauvreté ne permet ni chirurgie ni prothèses sophistiquées, soit le tiers, voire la moitié de la planète.

C'est ainsi qu'en Sierra Leone, où la guerre civile a fait des centaines d'amputés bilatéraux par machettes ou explosifs, un chirurgien allemand Bernhard Mandrella y observe que, opérés, « les double manchots retrouvent une indépendance vitale pour leur retour dans la vie quotidienne » [8].

En Inde, une équipe du Y C Memorial Hospital Pimpri, à Pune, l'a pratiquée 18 fois dans les années 1998–2003 [9] et observe que ses résultats sont très appréciés par les patients. De même, au Bangladesh [10] où, pour la rendre acceptable, l'État la familiarise par un timbre postal (Fig. 13).

Souvenons-nous de l'opération de Krukenberg.

## La chirurgie reconstructrice d'une préhension manuelle : les allotransplants

Pour celui dont la main manque et pour son chirurgien, l'homogreffe (entre individus de même espèce), maintenant dite « allogreffe », est l'objet de tous les espoirs. Nous ne reviendrons ici ni sur sa séduction, ni sur le catalogue de ses avantages et de ses problèmes dont l'état a été bien dressé



Figure 7 Amputation de main.

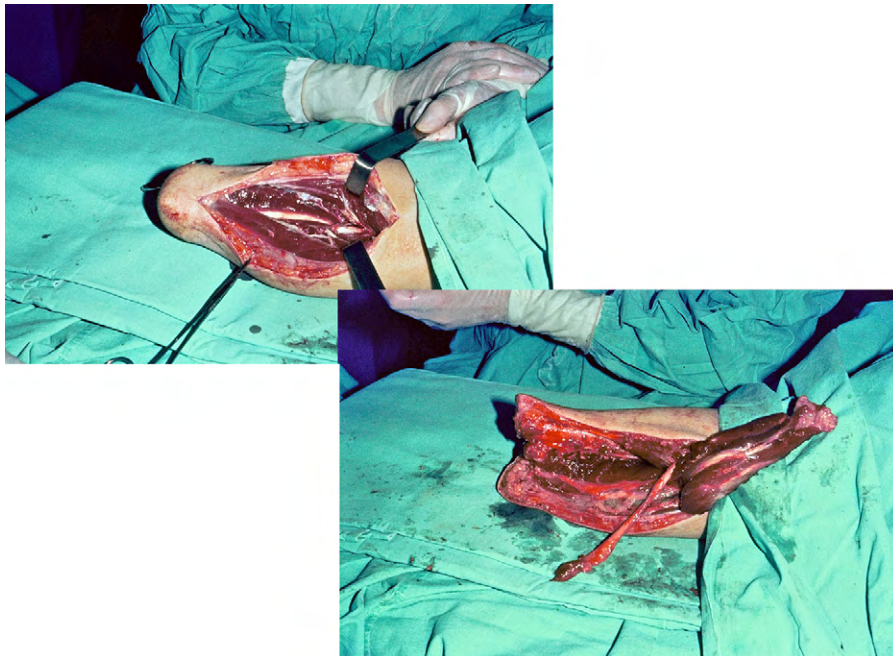


Figure 8 Dissection des muscles antibrachiaux dans l'opération de Krukenberg.

dans le rapport du LII<sup>e</sup> Congrès de la SFCPRE sous la direction de J.-L. Cariou<sup>7</sup>. Sa lecture attentive, socle de toute discussion actuelle, justifie trois commentaires :

- Les allogreffes n'y sont pas comparées aux autres méthodes et techniques de traitement, bien qu'il y en ait

<sup>7</sup> Cariou J.-L. Guimberteau J.-C. Petit F. Schoofs M. Les allotransplantations de tissus composites en chirurgie reconstructive. Ann. Chir. Plast. vol. 52, N° 7, 387–554, 2007.

d'autres. Or toute nouvelle méthode de traitement — parce que nouvelle — comporte des aléas et des risques qu'il faut essayer d'évaluer par rapport aux inconvénients connus des méthodes antérieures ; cette comparaison des différentes méthodes doit rester la clef de toute indication thérapeutique.

- Les médias ne connaissent pas ce principe de toute médecine, les patients non plus ; nous en souvenons-nous ?
- L'immunosuppression, tellement efficace aujourd'hui qu'elle fait accepter au patient une greffe que sa *biologie*





Figure 9 La pince radio-cubitale de Krukenberg.

*contre-nature* ferait inévitablement rejeter, expose à des risques vitaux sur lesquels les immunologistes attirent l'attention [11]. Nous ne les éviterons qu'en évitant... l'immunosuppression. C'est ce qu'espère F. Petit [12] avec la réalisation d'un « chimérisme hématopoïétique » qui permettrait la tolérance parfaite du receveur à l'allogreffe, tout en le laissant « parfaitement immunocompétent face aux autres allogènes étrangers ». Les travaux de Billingham et al. [13] ont donné le branle à ces recherches dès 1953. Pour l'heure, ce chimérisme est chimérique.

- La sensibilité tactile reste une question non résolue.

Rappelons les données classiques de la restauration du tact après section nerveuse traitée par suture ou greffe (Fig. 14) : les critères en ont été colligés et codifiés sur les blessés anglais des deux guerres mondiales par Herbert Seddon [14] et confirmés par les travaux de Lars One et d'Eric Möberg (Fig. 15 à 17).

Ces travaux n'ont pas été infirmés depuis lors.

Les critères de la récupération du tact sont (Fig. 18 et 19) :

- la discrimination de deux points sur la pulpe, *two points discrimination test* (2PDT), alignés sur un axe longitudinal du doigt, points dont la distance d'écart doit être comprise entre 2 à 6 mm du deuxième au cinquième doigt [15,16]. Les conditions d'examen sont très strictes mais rarement suivies (non précisées dans le Rapport).

La distance utile au tact est corrélée à l'âge de l'opéré (Fig. 18) : excellente au dessous de 8–10 ans, elle diminue jusqu'à 20 ans environ pour ne plus avoir aucune utilité après 20 ans [17]. C'est une notion capitale dans les résultats des sutures ou greffes nerveuses et dont il faut tenir compte dans le pronostic des auto et des homotransplants.

- le test à la ninhydrine (Fig. 19) donne une empreinte imprimée de la sudation pulpaire, ce qui exclut toute subjectivité du patient et du médecin. Sa valeur ici tient au fait que les filets sympathiques commandant l'activité des glandes sudoripares et les fibres de la sensibilité tactile, pour une même zone cutanée, suivent le même chemin anatomique, du plexus brachial jusqu'aux pulpes. Toute lésion sur ce trajet interrompt *simultanément* les deux types de fibres : c'est ensemble qu'elles dégénèrent après section nerveuse et qu'elles régénèrent ou non après traitement. Le test à la ninhydrine est le seul test objectif de la récupération du tact, et ses résultats seuls comparables dans le temps.

Ces critères n'ont jamais été infirmés ; ils sont confirmés par tout chirurgien qui les recherche avant et après son intervention.

Une pulpe sèche, avec une distance de plus de 6 mm entre deux points pulpaire, peut percevoir chaud et froid, douleur, appui profond... mais est dépourvue de tact.



Figure 10 Plasties et greffes cutanées pour revêtir les « doigts antibrachiaux » de Krukenberg.





**Figure 11** Krukenberg : ouverture de la pince en supination et fermeture en pronation.

Remarquons enfin que les dysesthésies, qui remplacent souvent la sensibilité normale en cas d'échec, peuvent être rééduquées comme l'a montré et réalisé Wynn Parry [18], au point que le sujet retrouve une sorte de reconnaissance de la texture des objets. Cette réadaptation approximative, qui peut être spontanée chez certains patients, peut faire croire à la restitution du tact. Mais ce « neo-toucher » qui recrute l'assistance de la vue [16], freine la dextérité des opérés.

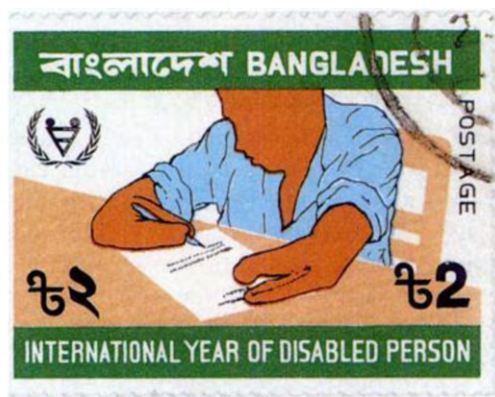
*Qu'écrivent les auteurs du Rapport de 2007 sur la récupération du tact [19] ?*

- *L'évolution de la sensibilité a été suivie par le test de la sensibilité thermoalgésique, la recherche de discrimination (2PD), la sensibilité aux monofilaments (Semmes-Weinstein) » (page 429).*

Les résultats de ces tests ne sont pas rapportés et, faute de test à la ninhydrine, leur interprétation n'est pas fiable en raison de causes d'erreur : excès d'appui des extrémités du compas, parfois trop aiguës, alignement erronée des deux points en dehors de l'axe longitudinal du doigt.



**Figure 12** Krukenberg : saisie d'un objet en pronation.



Timbre commémoratif du Bangladesh montrant un patient ayant subi une opération de Krukemberg

**Figure 13** Un timbre postal du Bangladesh pour populariser l'opération de Krukenberg.

- « Nous avons observé chez nos trois patients bilatéraux l'usage combiné de gestes à deux mains, pour compenser l'insuffisance en dextérité » (page 432).

Or la dextérité est liée au tact, et non aux autres modes de sensibilité : thermoalgésique, douloureuse, profonde ; nous constatons bien sur nous mêmes ou nos patients que toute insuffisance du tact perturbe lourdement la dextérité. Ce terme ne désigne d'ailleurs pas seulement la qualité de ce qui se fait avec la main droite, supposée à tort plus habile que la gauche, il désigne aussi ce qui se fait en allant « au droit » qui en ancien français veut dire « juste au but » (Littré) : adresse d'une main rapide et sure. L'insuffisance en dextérité – la maladresse – nécessite d'utiliser les deux mains, et signe une absence de tact.

- « Le résultat global de cette chirurgie relève en premier lieu de l'ambition propre des patients tant en ce qui concerne les performances fonctionnelles que pour leur intégration sociale » (page 432).

Certes nous savons bien qu'en médecine le résultat global de nos traitements dépend de la volonté du sujet : pour faire quelque chose, il faut d'abord vouloir le faire.

## La sensorialité

### «Voir avec la main»

Tester le Tact, avec tact et rigueur:

**Herbert Seddon**

**Lars Örne**

**Eric Moberg**

ACTA CHIRURGICA SCANDINAVICA  
SUPPLEMENTUM 300

## RECOVERY OF SENSIBILITY AND SUDOMOTOR ACTIVITY IN THE HAND AFTER NERVE SUTURE

BY

LARS ÖRNE

STOCKHOLM 1962

**Figure 15** Les auteurs classiques du Tact.

Mais cette volonté, soutenue par l'attention du chirurgien qui peut transformer un échec technique en succès thérapeutique, comme l'enseignait René Leriche [20], cette volonté est néanmoins assujettie partiellement à la qualité physique du résultat et souvent perturbée par ses moindres défauts. Or à la main l'insuffisance résiduelle du

## Relation of Touch and Deep Sensation to Hand Reconstruction

ERIK MOBERG, M.D.  
Göteborg, Sweden

The American Journal of Surgery

This article reprinted from the March issue, volume 109, number 3, pages 353-355, copyright 1965. Published by The Reuben H. Donnelley Corporation, 466 Lexington Avenue, New York 10017 and printed in U.S.A.

**Figure 14** Les auteurs classiques du Tact.

**Figure 16** Les auteurs classiques du Tact.



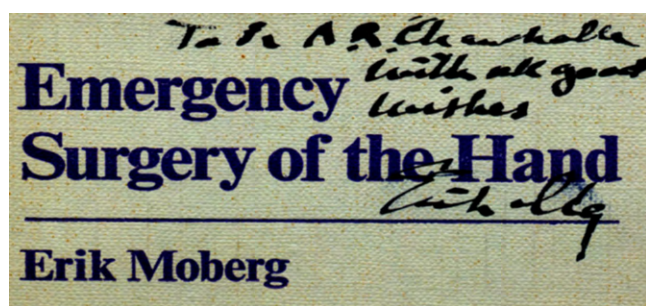
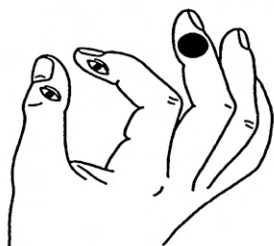


Fig. 32. Fingers must be able "to see", that is they must have tactile gnosis.



E



Figure 17 Eric Moberg : les pulpes tactiles sont les yeux de la main.

tact est un grave accroc du résultat qui entrave les capacités du sujet... et son « ambition ».

- L'étude de la cognition des allotransplantés de mains, mieux documentée, permet d'observer « un remodelage global de la projection corticale du membre, avec une réversion de la réorganisation fonctionnelle induite par l'amputation » (page 432), remodelage prouvé par des cartographies cérébrales.

Cela est déjà bien connu des cliniciens qui constatent toujours cette réorganisation fonctionnelle dans les agénésies, où elles sont quasi parfaites, et souvent, quoique moins performantes, après amputation où elles dépendent en premier lieu de la volonté et des motivations des patients. Mais pour être sûr que cette réorganisation est propre aux allotransplantations, encore faudrait-il mener ces mêmes études sur des amputés non traités ou appareillés avec des prothèses de différents types, des plus rustiques aux plus perfectionnées.

Le retour de la sensibilité tactile dans les allogreffes ne peut être conclu aujourd'hui, faute de preuves rigoureuses.

Néanmoins, des recherches qui seraient favorables aux homo ou allogreffes sont faites depuis les années 1990 : des opérateurs ont réalisé des homogreffes nerveuses<sup>8</sup> traitées par un immunosuppresseur, le Tacrolimus (FK506), et ont observé de remarquables réinnervations, rapides et quasi

<sup>8</sup> L'homogreffe nerveuse a été réalisée pour la première fois par E. Albert en 1885.

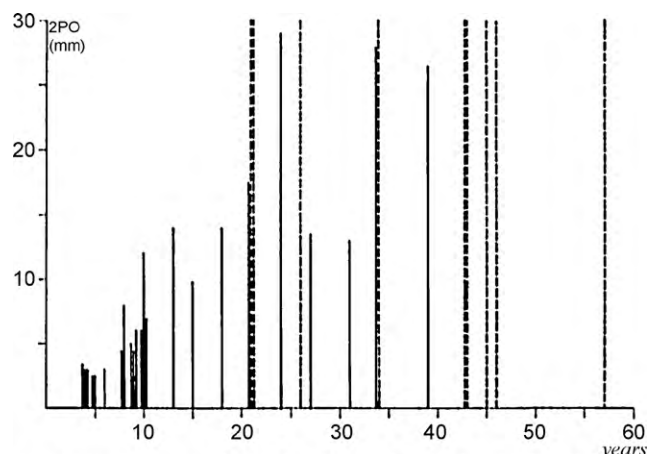


Fig. 16 Median nerve sutures. Relationship between mean 2PD for index fingers (at follow-up) and age of subject (at suture). Each line represents one subject. The broken lines relate to 2PD values exceeding 30 mm.

Figure 18 L'écart des deux points dans le test de Discrimination tactile est corrélé à l'âge du sujet.

complètes. L'équipe de St Louis (Mo) dirigée par Susan Mackinnon précise régulièrement ses résultats [21]. Ce traitement immunosuppresseur associé est surtout intéressant pour l'auto transplantation de membre où D. Martin et al. l'ont appliqué pour la première fois en 2003 [22] ; pour l'homogreffe tendineuse : J.-C. Guimberteau et al. en [23] ; pour l'homogreffe nerveuse Mackinnon et al. [21], transplants pour lesquelles l'immunosuppression est transitoire, durant six à 12 mois, donc exempté des risques d'un tel traitement à vie.

## Comparaison méthodes classiques versus allotransplants. Indications thérapeutiques

Est-il réaliste de comparer des méthodes aussi différentes dans leur principe (Fig. 20) ?

Le premier principe d'une comparaison thérapeutique, c'est de comparer les bons résultats des techniques entre eux et les mauvais résultats entre eux, et non les bons de l'une avec les mauvais de l'autre, ce que nous faisons volontiers.

Le second principe : c'est l'étude statistique des résultats. Même si l'on ne reconnaît pas la pertinence de cette exigence (A.-R.C.<sup>9</sup>), elle est néanmoins requise pour toute publication avant d'être validée, enseignée, diffusée. Or la statistique est ici impossible, pour les allotransplants comme pour les méthodes classiques, en raison du très petit nombre de cas et de l'hétérogénéité tant des malades que des praticiens. Cette étude ne peut enfin prendre en compte tous les facteurs d'un résultat médical qui exigerait la connaissance de l'état psychique antérieur du patient, de ses intérêts, de ce qu'il fait à long terme de nos traitements : le suivi des malades existe-t-il encore aujourd'hui ? J'ai fait des pollicisations d'index ou d'annulaire pour reconstruire le pouce, des reconstructions digitales avec des lambeaux

<sup>9</sup> On se demande d'ailleurs si une statistique médicale peut avoir la moindre validité, aucune opération et aucun malade n'étant comparable: c'est ce qu'en pensent les mathématiciens (R. Thom) pour tant inventeurs de statistiques.



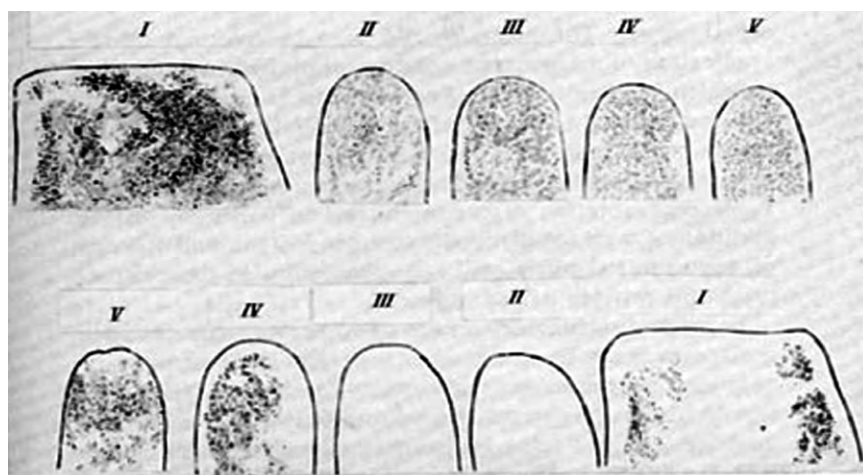


Fig. 37. A technically acceptable example of the Ninhydrin test in division of the median nerve at the wrist. Compare with the normal hand. (From E. Moberg in *Klinische Chirurgie für die Praxis*, Bd. IV, Thieme Stuttgart 1964).



Fig. 35. An instrument for the two point discrimination test which for practical purposes is entirely satisfactory and can be simply fashioned from an ordinary paper clip.

Figure 19 Le test à la ninhydrine sur papier spécial et le Two point discriminating test : un simple «trombone» (paper clip).

cutanés, greffés d'os et de pédicules vasculonerveux. J'en ai été satisfait jusqu'à ce qu'un patient me demande l'amputation du doigt péniblement reconstruit, ou la demande à un autre chirurgien. Il ne s'agit pas de constater la cicatrisation

immédiate de nos plasties ou leur fonction apparemment rétablie qui n'est souvent qu'une *academic recovery*, il y faudrait d'avantage un suivi aujourd'hui rarement possible du fait de la mobilité et de l'inconstance des patients et de nos emplois du temps.

Est-il donc raisonnable et scientifique d'évaluer dans ces conditions auxquelles nul d'entre nous échappe ? Que les patients opérés, au moins certains d'entre eux, expriment hautement leur satisfaction, soit. Qui de nous, d'ailleurs, ne préférerait *voir* les deux mains de celui ou celle qu'il aime, plutôt que sa manche vide, sa prothèse ou sa pince anti-brachiale ? Comment ne pas entendre ce patient greffé qui nous dit que son principal bénéfice en est de pouvoir *embrasser* ses enfants, mot qui dit si bien : les prendre dans ses *bras* ? Oui, à l'émotion, l'allogreffe l'emporte.

Nous devons néanmoins dans cette *comparaison* en relever ce qui est *raison*.

- L'enfant avec une agénésie unilatérale s'adapte toujours, sans le secours d'aucune prothèse, si ce n'est esthétique, de vie sociale. Et encore ne porte-t-il une telle prothèse qu'un temps, le plus souvent à l'adolescence, mais jamais longtemps ni régulièrement tant la vicariance fonction-

### Comparaison des méthodes:

#### D'incomparables étiologies:

- Le congénital et l'acquis sont radicalement différents.

#### D'incomparables conditions:

- Entre pays riches et pays pauvres et dans un même pays.

#### Une impossible évaluation

- statistique
- personnelle

### Indications thérapeutiques

Figure 20 La très grande difficulté de comparer les différentes méthodes de traitement.

nelle est ici majeure, vicariance qui a besoin du moignon sensible que la prothèse aveugle.

- L'agénésie bilatérale justifie un traitement : Krukenberg du côté dominant, masqué d'une prothèse esthétique pour la vie sociale ; prothèse myo-électrique ou bionique sur l'autre avant-bras ? Ce sont là les indications théoriques, tout aussi exceptionnelles que les lésions : l'agénésie bilatérale est très rare et le plus souvent associée à de graves anomalies des membres inférieurs comme l'a montré Barsky [24].

Pour l'enfant, les indications raisonnables de l'opération de Krukenberg sont analysées dans deux publications de Harrison et al. [25] et de Swanson et al. [26,27].

L'allogreffe de main chez le nouveau-né agénésique est envisagée par Gazarian et Abrahamyan [28], confortée par Schoofs qui envisage les perspectives en immunothérapie des allogreffes de tissus composites [29]. Deux cas ont été rapportés, entre des jumeaux monozygotes, en Malaisie (non documentés, [28]) et au Canada (pour un membre inférieur entre deux siamois – [30]). Nous ne pouvons nous empêcher, à ces lectures, de penser au livre si pertinent de Monette Vacquin : « Main basse sur le vivant » [31].

- La suppléance fonctionnelle est bien démontrée par des faits biologiques : *une fonction doit être exercée, coûte que coûte*. « la fonction oblige » enseignait René Thom.

L'animal et l'Homme ne peuvent se dérober à une fonction mais alors que l'animal ne dispose que d'un seul fonctionnement pour l'exercer, l'Homme dispose de plusieurs fonctionnements différents pour l'accomplir : c'est ce qu'un neurologue allemand Kurt Goldstein [32] a nommé *normativité*, étude reprise par G. Canguilhem et Leblanc [33,34]. La plasticité des synapses neuronales, variable d'un sujet à l'autre, y joue un rôle important [35].

*Ces études théoriques sont des connaissances indispensables à toute activité chirurgicale et médicale.*

Cette substitution fonctionnelle est *innée* lorsque l'organe n'a pas été formé par l'embryogénèse normale (pathologie congénitale) ; elle est *acquise*, avec plus ou moins de succès, dans l'amputation traumatique ou chirurgicale.

C'est elle qui fait nos victoires sur les traverses de la vie. C'est elle qui explique la résilience de l'enfant aux traumatismes familiaux et sociaux. A.B. Swanson nous a montré cet adolescent né sans membres supérieurs, qui mangeait avec ses pieds et tenait une place honorable dans l'équipe de son collège ; nous avons vu (A.-R.C.) Denise Legrix écrire et peindre si bien avec son stylo ou son pinceau attachés au moignon de son unique bras [36] ; et combien d'autres (Fig. 21).

## How I Lost My Hand But Found Myself

By MICHAEL WEISSKOPF

Sunday, Sep 24, 2006



Final Notes: Weisskopf holds the last scrawlings of his right hand in his notepad from Dec. 10, 2003

JAMES NACHTWEY / VII FOR TIME

(2 of 6)

Time colleagues pushed for my transfer from Baghdad to the U.S. military hospital in Landstuhl, Germany. They then joined my friends and sister Leslie Flesch in lobbying to get acting Secretary of the Army Les Brownlee to admit me to Walter Reed Army Medical Center in Washington, making me the first reporter wounded in combat known to have received such treatment at the premier hospital reserved for soldiers.

Article paru dans Times du 24 septembre 2006  
Auteur : MICHAEL WEISSKOPF

**Figure 21** Michael Weisskopf montre les derniers mots qu'il a écrit avec sa main droite. Malgré le crochet qui remplace sa main perdue, il dit « J'ai perdu ma main mais je me suis retrouvé ! ».

Nos connaissances de physiologie doivent beaucoup à l'observation animale. Celle-ci ne nous empêche pas de faire une place à l'observation de l'Homme dans de telles situations. De ces leçons, le médecin se souviendrait pour comprendre et admettre que l'impuissance de son art n'est pas pour lui la fin de tout savoir-faire ni pour le patient la fin de tout savoir vivre.

- *Mais ces objections, que la biologie nous enseigne et que notre vie quotidienne confirme, sont comme obliées par la question de l'apparence qui n'est ici ni la moindre, ni futile : l'apparence du corps est une fonction capitale de toute vie animale puisqu'elle permet de reconnaître celui qui est mon semblable, celui qui peut être mon prédateur, celui qui peut être ma proie. Observons que « proie » et « prédateur », habituellement utilisés pour dire la vie animale, doivent être, à bien y regarder, appliqués à l'Homme et à ses comportements sociaux.*

L'apparence de celui qui n'a pas ou plus de main est donc un problème majeur qui n'a rien à voir avec la futilité d'une quelconque « esthétique ». Et cette apparence plaide évidemment en faveur de l'allotransplant. Nous hasarderions même volontiers — dussions-nous encourir les foudres des psychologues — que cette apparence retrouvée éclipsé l'argument contraire de « cette main, ce visage qui sont ceux d'un autre ». Certes, mais à qui ne me connaissait pas, qu'importe ? Et celui qui me connaissait, ne préfère-t-il pas me voir chaque jour avec ce qui ressemble tant à une main plutôt qu'avec mon moignon, ma prothèse, ma pince anti-brachiale ?

*Voilà ce qui pèse dans la discussion du choix.* Et sur la balance de l'indication thérapeutique, le plateau si lourdement chargé des risques de l'immunosuppression et des défauts du tact l'emporterait aisément sur celui des avantages de l'allotransplant si l'apparence ne venait lui apporter une lourde faveur.

Oui l'allogreffe l'emporterait par l'émotion de l'apparence. Que le malade, sa famille, la société la plébiscite, soit. Reste au médecin à dire que l'émotion, qui règne en notre temps, n'est pas et ne doit pas être la seule partie prenante de nos décisions thérapeutiques. Reste au médecin à dire la Raison, c'est-à-dire *les difficultés, toutes les difficultés* de ce qu'il faut bien encore appeler une aventure<sup>10</sup> : difficultés du long terme d'un traitement qui met en cause une vie que la lésion ne met pas en jeu. *L'indication thérapeutique, dernier acte du diagnostic et premier acte du traitement, reste un savoir majeur du chirurgien bien qu'elle ait disparu de la plupart de nos enseignements.*

Un dernier point : que coûte une allotransplantation ? Question vulgaire, triviale, question qui ne regarde pas le médecin et qui échappe à ce que Soubiran appelait « la probité candide et le lin blanc de l'Assistance publique [38]. Certes, mais alors que ce qui concerne la survie de nombre de patients n'est pas assuré pour tous et partout, ne

<sup>10</sup> J'ai, nous dit François Petit, beaucoup de chance d'être un jeune chirurgien plasticien aujourd'hui car je vais vivre cette aventure. Ces efforts, ce temps, ces moyens ne risquent-ils pas de faire défaut à la pratique chirurgicale nécessaire et urgente ainsi distraite de ses obligations quotidiennes ? [37].

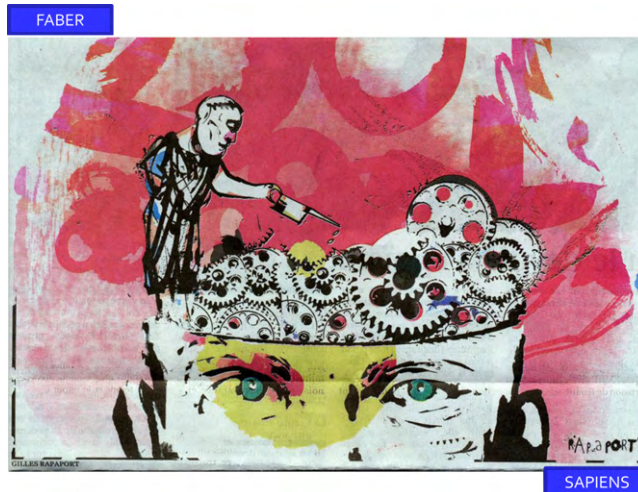


Figure 22 Réfléchir, encore réfléchir et le Faber devient Sapiens.

devons-nous pas la poser ? Nous l'avons fait, en vain. Les hôpitaux pas plus que M. le médecin chef de la Caisse nationale d'assurance maladie n'ont daigné répondre à nos demandes. Que faut-il penser de ce silence ? Ce n'est pourtant pas un point négligeable en ces temps de vaches maigres où, pour juguler nos dépenses, le Pouvoir nous reproche de prescrire des sirops pour la toux ou des veinotoniques de coût modeste et, quoiqu'on en dise, si utiles à beaucoup.

Faute d'y réfléchir longuement (Fig. 22), le nouveau chirurgien deviendrait une sorte de cyber punk, caricature d'un retour de l'Homo Faber. Il illustrerait alors la lucide prophétie de Paul Valéry : « Bientôt l'ère nouvelle enfantera des hommes qui ne tiendront plus au passé par aucune habitude de l'esprit ».

## Références

- [1] Devauchelle B. In: Reflets, journal du CHU d'Amiens, n° 75, juin 2006.
- [2] Dautry P, Pillet J, Apoil A, Biteau O. À la recherche d'une main perdue. Essai à propos des amputations distales du membre supérieur. Rev Pratic 1971;XXI(4):603–15.
- [3] Moutet F. L'Homme reconstruit. Bilan et perspectives, une réflexion. Office de Prospective en santé. Rapport 2008. D. Tabuteau. editor. Éditions de santé Sciences PO. Les Presses de Paris. Paris, 2008
- [4] Kuiken TA. Consideration of nerve and muscle grafts to improve the control of artificial arms. J Technol Disabil 2003;15(2): 105–11.
- [5] Kuiken TA, Dumanian GA, Lipschutz RD, Miller LA, Stubbelfield KA. The use of targeted muscle reinnervation for improved myoelectric prosthesis control in a bilateral shoulder disarticulation amputee. Prosthet Orthod Int 2004;28(3):245–53.
- [6] Krukenberg H. Über plastische umwertung von amputations-tumpfen. Stuttgart: Ferdinand Enke; 1917, Erfahrungen mit der Krukenberg-hand. Arch klin chir. 165:191–201, 1931..
- [7] Schmitt A, Patton J, Watts H. Acceptability of the Krukenberg procedure by non-medical people: Association of children's Prosthetic-Orthotic clinics: 2001: 17.
- [8] Irmay F, Merzouga B, Vettorel D. The Krukenberg procedure: a surgical option for the treatment of double hand amputees in Sierra Leone. Lancet 2000;356:1072–5.



- [9] Singh B, Jain SK, Ravindranath G, Pithawa AK. Krukenberg operation: Revisited. *Indian J Phys Med Rehabil* 2005;16(1): 20–3.
- [10] Garst RJ. The Krukenberg hand. *J Bone Joint Surg* 1991;73-B(3):385–8.
- [11] Guttierrez-Dalmau A, Campistol JM. Immunosuppressive therapy and malignancy in organ transplant recipients. *Drugs* 2007;67(8):1167–98 (article communiqué par le Pr. D. Durand, Hôpital de Rangueil, Toulouse.).
- [12] Petit F. Perspectives en immunothérapie des allogreffes de tissus composites. *Ann Chir Plast Esthet* 2007;52(5):502–8.
- [13] Billingham RE, Brent L, Medawar PB. Actively acquired tolerance of foreign cells. *Nature* 1953;172:603–4.
- [14] Seddon HJ (Ed.). *Peripheral nerve injuries. Medical research council spécial report series. N° 282.* Her Majesty's Stationery Office, London, 1954.
- [15] Moberg E. Evaluation and management of nerve injuries in the hand. *Surg Clin North Am* 1964;44(4):1019–29.
- [16] Moberg E. Relation of touch and deep sensation to hand reconstruction. *Am J Surg* 1955;109(3):353–5.
- [17] Ötne L. Recovery of sensibility and sudomotor activity in the hand after nerve suture. *Acta Chir Scandinavica* 1962;Suppl. 300.
- [18] Winn Parry CB. *Rehabilitation of the hand.* London: Butterworths; 1966.
- [19] Gazarian A, et al. Allogreffe de mains : expérience lyonnaise. *Ann Chir Plast Esthet* 2007;52(5):424–35.
- [20] Leriche René. *La chirurgie discipline de la connaissance.* Paris: La Diane française; 1949.
- [21] Mckinnon SE, Dvolabh VB, Nowak CB, Trulock EP. Clinical outcome after following nerve allograft transplantation. *Plast Reconstr Surg* 2001;107:1419–29.
- [22] Martin D, Pinsolle V, Merville P, Moreau K, Pelissier P, Baudet J. Premier cas mondial d'autoréimplantation au membre supérieur associé à un traitement immunosuppresseur (FK506 Tacrolimus) : rapport préliminaire à 18 mois. *Ann Chir Plast Esth* 2005;50(4):257–63.
- [23] Guimberteau J-C, Panconi B, Bakhach J, Casoli V. Pourquoi avoir pensé à l'allotransplantation tendineuse en chirurgie de la main en 1989 ? *Ann Chir Plast Esth* 2007;52(5):414–23.
- [24] Barsky AJ. *Congenital anomalies of the hand and their surgical treatment.* Springfield: Charles Thomas; 1958.
- [25] Harrison SH, Mayou B. Bilateral Krukenberg operations in a Young child. *Br J Plast Surg* 1977;30:171–3.
- [26] Swanson AB. The Krukenberg procedure in the juvenile amputee. *J Bone Joint Surg* 1964;46A:1540–8.
- [27] Swanson AB, Swanson GD. The Krukenberg procedure in the juvenile amputee. *Clin Orthoped* 1980;148:55–61.
- [28] Gazarian A, Abrahamyan DO. Allogreffe de main chez le nouveau-né agénésique: étude de faisabilité. *Ann Chir Plast Esth* 2007;52–5:451–8.
- [29] Schoofs M. Perspectives pour l'allotransplantation de tissus composites en chirurgie reconstructrice des membres, en particulier de la main. *Ann Chir Plast Esth* 2007;52–5:436–50.
- [30] Zuker RM, Redett M, Alman B, Coles JG, Timoney N, Ein SH. First successful lower extremity transplantation : technique and functional result. *J Reconstr Microsurg* 2006;22:239–44.
- [31] Vacquin M. *Main basse sur les vivants.* Paris: Fayard; 1999.
- [32] Goldstein K. *La structure de l'organisme.* Paris: Gallimard; 1951/1983.
- [33] Canguilhem G. *Connaissance de la vie.* Paris: Vrin; 1965.
- [34] Le Blanc G. *Lectures de Canguilhem.* Paris: ENS Éditions; 2000.
- [35] Masao I. *La plasticité des synapses.* La Recherche 1994;267: 778–85.
- [36] Legrix D. *Née comme ça.* Paris: Segep-Kent; 1994.
- [37] Petit F. *Grefe de visage : questions-réponses.* Le Quotidien du médecin 2005;7859.
- [38] Soubiran A. *Les hommes en blanc.* Paris: Segep; 1949.