



Options chirurgicales pour l'insuffisance cardiaque terminale

Rev Med Suisse 2005; 1: 1432-7

L. K. von Segesser,
G. Vassalli, A. Fischer,
X. Jeanrenaud,
P. Gersbach,
C. Seydoux,
M. Hurni,
E. Eeckhout,
P. Ruchat,
L. Kappenberger,
P. Tozzi, F. Stumpe,
M. Pascual

Surgical options for terminal heart failure

Terminal heart failure can be the cause or the result of major dysfunctions of the organisms. Although, the outcome of the natural history is the same in both situations, it is of prime importance to differentiate the two, as only heart failure as the primary cause allows for successful mechanical circulatory support as bridge to transplantation or towards recovery. Various objective parameters allow for the establishment of the diagnosis of terminal heart failure despite optimal medical treatment. A cardiac index < 2.0 l/min, and a mixed venous oxygen saturation $< 60\%$, in combination with progressive renal failure, should trigger a diagnostic work-up in order to identify cardiac defects that can be corrected or to list the patient for transplantation with/without mechanical circulatory support.

L'insuffisance cardiaque terminale peut être la cause ou la conséquence d'un dysfonctionnement grave de l'organisme. Bien que l'évolution naturelle soit fatale dans les deux cas, il est important de faire la différence, car ce n'est que pour la défaillance cardiaque comme cause primaire que l'assistance circulatoire mécanique peut permettre de faire le pont vers une transplantation ou une récupération.

Différents paramètres objectifs permettent d'établir le diagnostic d'insuffisance cardiaque terminale rebelle au traitement médicamenteux. L'index cardiaque $< 2,0$ l/min, la saturation veineuse mixte $< 60\%$, en combinaison avec une insuffisance rénale croissante, doivent déclencher un bilan complet qui permet d'exclure des causes cardiaques traitables et d'établir si la situation remplit les critères pour l'application des traitements lourds de l'insuffisance cardiaque terminale.

INTRODUCTION

L'insuffisance cardiaque terminale peut être la cause ou la conséquence d'un dysfonctionnement grave de l'organisme. Bien que l'évolution naturelle soit fatale dans les deux circonstances, il est important de faire la différence. Il n'est pas utile de restaurer transitoirement un débit cardiaque normal ou supranormal avec d'énormes moyens, si la défaillance cardiaque est la conséquence d'une défaillance multiorganique avancée. Dans ces circonstances, une guérison est illusoire.

Par contre, dans la situation de la défaillance cardiaque comme problème de base, l'amélioration de la fonction cardiaque en tant que pompe peut non seulement permettre de maintenir la fonction des autres organes en vue d'une transplantation ou d'une assistance à long terme, mais aussi, jusqu'à un certain degré, une récupération des autres organes, voire du cœur.

Tenant compte de la complexité des assistances circulatoires mécaniques et de la pénurie de dons pour la transplantation cardiaque, il est impératif d'identifier les patients avec une défaillance cardiaque progressive à un stade où des approches chirurgicales moins lourdes peuvent améliorer la fonction cardiaque ou au moins la stabiliser. Il va de soi, que même avant, il faut s'assurer qu'il n'y a pas de problèmes cardiaques traitables avec la chirurgie traditionnelle. Il s'agit là essentiellement des problèmes coronaires, valvulaires et congénitaux qu'il faut soit exclure, soit traiter de manière optimale. Ce stade passé, on peut distinguer différents scénarios :

- la fonction cardiaque est réduite, mais stable.
- La fonction cardiaque est réduite, avec des phases de décompensation.
- La fonction cardiaque est insuffisante.

FONCTION CARDIAQUE RÉDUITE, MAIS STABLE

Les patients avec fonction cardiaque réduite, mais stable, ont, en général, adapté leurs activités physiques à leurs possibilités. Bien qu'un tel régime de vie puisse fonctionner pendant des années, il s'agit d'un groupe de patients à



haut risque, qui ont tendance à réduire leurs activités petit à petit, sans en faire grand cas. Ainsi, il leur est possible d'arriver à une cachexie cardiaque avec décompensation soudaine, où il n'y a plus de thérapie possible. Pour éviter ce développement, il est nécessaire de suivre ces patients de très près. L'échocardiographie est un excellent moyen pour étudier non seulement la fonction du cœur, mais aussi ses dimensions. Quand une augmentation progressive des cavités cardiaques est documentée, il est évident que le patient ne peut plus être considéré comme stable et il faut explorer des thérapies plus invasives. Aussi, un suivi régulier du poids du patient, de sa masse musculaire et de l'ergométrie peut permettre de détecter le point tournant à temps.

FONCTION CARDIAQUE RÉDUITE, AVEC DES PHASES DE DÉCOMPENSATION

Quand la fonction cardiaque réduite conduit à des décompensations cardiaques itératives malgré un traitement médicamenteux optimisé, il faut sérieusement considérer des approches plus invasives. Puisqu'il est ainsi prouvé que la situation cardiaque du patient est instable, la prochaine grippe ou n'importe quelle autre maladie qui nécessite une augmentation du débit cardiaque risque de lui être fatale. Plusieurs traitements chirurgicaux ont été proposés, soit pour réduire, voire stabiliser la dilatation cardiaque, soit pour augmenter la contractilité. Les effets des différentes approches thérapeutiques peuvent être classés selon leur composante suivant la loi de Laplace¹ et selon les autres composantes. Pour rappel, la loi de Laplace met le stress de la paroi ventriculaire directement en rapport avec le diamètre du ventricule et indirectement avec l'épaisseur de la paroi ventriculaire. Ainsi, tous les gestes, qui d'une manière ou d'une autre, réduisent le diamètre ventriculaire ou augmentent l'épaisseur de sa paroi prennent avantage de la loi de Laplace. Les approches les plus courantes qui sont basées sur ce principe sont revues systématiquement. Il s'agit essentiellement de la réduction du volume ventriculaire (figure 1 : Battista, Stich), de la reconfiguration par tendons (figure 2 : Myosplint, Coapsys), de l'approche consistant à reconstituer la paroi (figure 3 : Laser, myoblastes), et de l'emballage (figure 4 : Acorn, cardiomyoplastie, Nanopowers).

L'opération de Battista développée au Brésil, où la maladie de Chagas est relativement fréquente, s'est révélée peu prévisible. En fait, une étude prospective à la Cleveland Clinic a montré un taux de défaillances cardiaques considérable et ainsi une proportion relativement importante d'assistances circulatoires mécaniques suite à cette intervention.² Une approche plus systématique, avec résection ventriculaire gauche apicale « calibrée » est actuellement à l'étude (Stich trial),³ et paraît pour l'instant plus prometteuse.

Une autre approche basée sur la loi de Laplace est évidemment la tentative de reconfiguration ventriculaire gauche à l'aide de tendons (Myosplint). Cette technique a permis de développer le matériel nécessaire à cette fin⁴ et montré qu'on peut changer la forme du ventricule gauche sans l'ouvrir. Si les effets sur la fonction cardiaque sont res-

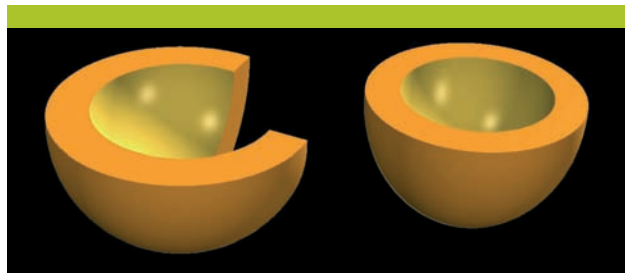


Figure 1. La résection d'un segment du ventricule gauche conduit à une réduction du volume ventriculaire

Selon la loi de Laplace, une diminution de son diamètre ventriculaire, réduit le stress de sa paroi.

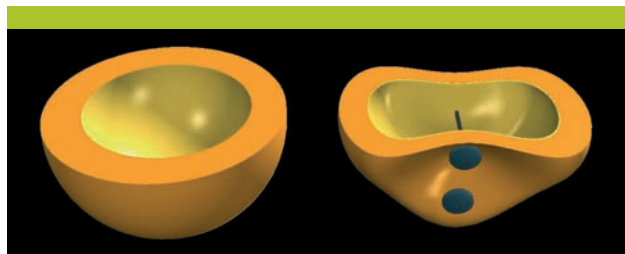


Figure 2. Une réduction du diamètre ventriculaire peut aussi être obtenue avec des tendons qui traversent sa lumière (Myosplint)

Cette technologie a été adaptée plus récemment pour réparer des valves mitrales avec un anneau dilaté (Coapsys).

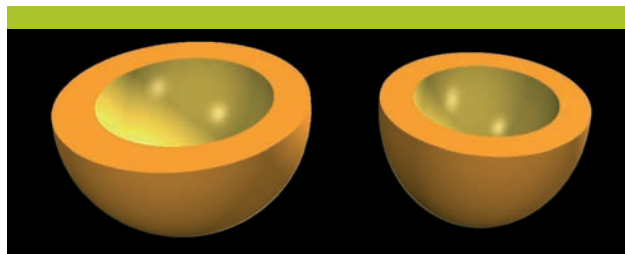


Figure 3. Les approches qui visent à reconstituer la paroi ventriculaire (facteurs angiogéniques, Laser, myoblastes) peuvent non seulement agir sur l'épaisseur de la paroi, ce qui réduit le stress selon la loi de Laplace, mais aussi sur le diamètre ventriculaire par le biais d'une modification de sa compliance

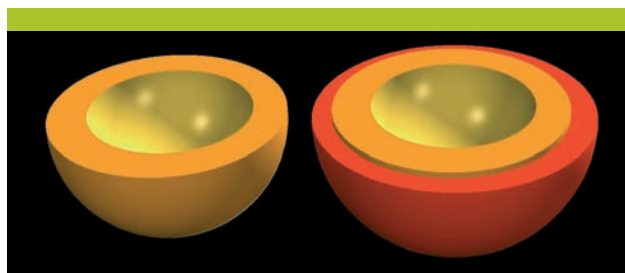


Figure 4. L'emballage passif des cavités cardiaques, dans le sens d'une contention (Acorn) ou active (cardiomyoplastie, Nanopowers) diminue aussi le stress des parois selon la loi de Laplace



tés modestes et ainsi les indications sont rares, c'est actuellement la possibilité de rendre étanche la valve mitrale⁵ qui fuit sur dilatation annulaire avec un kit dérivé (Coapsys), qui est au centre de l'intérêt pour cette technologie. L'application d'un filet élastique périventriculaire (Acom) comme soutien «antidilatation» vise également la réduction du diamètre ventriculaire⁶ et suit donc pleinement la logique de la loi de Laplace.

Une approche qui, en plus de stabiliser les dimensions cardiaques, ajoute un élément actif qui permet non seulement la prévention d'une dilatation excessive, et l'amélioration fonctionnelle en rapport avec le fonctionnement dans une plage plus favorable de la courbe de Starling, mais en plus d'augmenter la contractilité. Si l'espoir d'une telle amélioration fonctionnelle était basé sur la néovascularisation, et donc des apports sanguins supplémentaires,⁷ pour les revascularisations au Laser (TMLR), la cardiomyoplastie par emballage cardiaque à l'aide du grand muscle dorsal stimulé de manière synchrone avec les battements du cœur⁸ avait non seulement les avantages d'un lambeau pédiculé (apport sanguin complémentaire par collatérales) qui augmente l'épaisseur de la paroi ventriculaire (effets favorables selon la loi de Laplace), mais aussi celui de la force musculaire complémentaire (transformation progressive en muscle résistant à la fatigue).

L'implantation de myoblastes dans des zones cardiaques peu contractiles est une sorte de cardiomyoplastie au niveau cellulaire. Les premiers résultats dans ce domaine ont été prometteurs⁹ et une étude multicentrique internationale (Magic) à laquelle nous participons, a été lancée.¹⁰ Ce protocole prévoit un prélèvement de muscle strié au niveau de la cuisse, l'isolation et la culture des myoblastes au laboratoire, et finalement leur injection dans une zone akinétique du ventricule gauche, lors d'une opération pour pontage des artères coronaires. L'objectif de cette approche est la reconstitution fonctionnelle du muscle cardiaque revascularisé. Au CHUV, c'est le Pr Giuseppe Vassalli du Service de cardiologie qui est en charge de l'identification et du bilan des patients qui pourraient bénéficier de cette approche.

Un concept plus récent est basé sur les progrès technologiques faits au niveau du développement des matériaux. En fait, il y a actuellement des matériaux intelligents dits *smart materials* qui peuvent changer leur configuration suite à leur mise sous tension électrique. Sur la base de ces matériaux, on peut concevoir des éléments contractiles pilotés électriquement. L'assemblage d'une multitude de ces éléments contractiles permet de réaliser un tissu contractile asservi électriquement qui peut développer des forces considérables. Un premier projet expérimental lancé en chirurgie cardiovasculaire au CHUV par le Dr Piergiorgio Tozzi vise à reconstituer la fonction de transport des oreillettes cardiaques dilatées pour reproduire un *atrial kick* efficace, dont on sait qu'il permet d'augmenter le débit cardiaque de l'ordre de 10-15%. Si ce projet est encore très jeune, puisque nous venons de lancer les travaux dans nos laboratoires de recherche, il faut admettre qu'il a un potentiel considérable dû au fait qu'il permet pour la première fois de transformer du courant électrique en force mécanique sans passer par un moteur rotatif ou

linéaire. Il faut rappeler dans ce contexte que notre expérience avec le *Lion Heart*¹¹ a prouvé qu'on peut transférer des quantités considérables de courant électrique à travers la peau, à l'aide d'une bobine implantée en sous-cutané, et donc sans fil qui la traverse, pendant des durées pratiquement illimitées.

FONCTION CARDIAQUE INSUFFISANTE

Différents paramètres objectifs permettent d'établir le diagnostic d'insuffisance cardiaque terminale rebelle au traitement médicamenteux. L'index cardiaque <2,0 l/min, la saturation veineuse mixte <60%, en combinaison avec une insuffisance rénale progressive, qui peut se traduire par une augmentation de la créatinine malgré un traitement médicamenteux optimal, doivent déclencher un bilan complet qui permet d'un côté, d'exclure des causes cardiaques traitables autrement, et de l'autre, d'établir si le patient remplit les critères pour l'application des traitements «lourds» de l'insuffisance cardiaque terminale comme la transplantation cardiaque et/ou les assistances circulatoires.

La transplantation cardiaque orthotopique est certainement le traitement le plus efficace de l'insuffisance cardiaque terminale.¹² Son prix sur le plan médical, c'est-à-dire l'immunosuppression et la nécessité des biopsies, est largement compensé par la qualité de vie que des patients mourants avant la greffe peuvent retrouver après. Ainsi, il ne s'agit pas ici de faire l'éloge de la transplantation cardiaque, dont les bénéfices sont bien établis, mais plutôt de discuter ses indications pour faire le meilleur usage des greffons, qui sont tellement rares qu'il n'y a qu'une proportion minuscule de notre population qui peut en bénéficier.

En fait, on peut distinguer deux situations d'insuffisance cardiaque terminale qui ne répondent pas suffisamment au traitement médicamenteux : l'insuffisance cardiaque terminale chronique avancée, et l'insuffisance cardiaque terminale aiguë. Si l'insuffisance cardiaque terminale chronique se développe petit à petit, il s'agit essentiellement de ne pas rater le point tournant et de mettre en œuvre à temps un bilan, et remettre à jour ce dernier, pour évaluer les possibilités thérapeutiques décrites au-dessus, voire la mise en liste pour la transplantation cardiaque.

La situation est tout à fait différente dans le contexte d'une défaillance cardiaque terminale aiguë où le temps de l'évolution naturelle se compte en minutes, heures ou jours. Autrefois, il nous arrivait dans ces circonstances d'évaluer, voire de réaliser une greffe cardiaque en extrême urgence. A cause du manque chronique de donneurs, cette approche n'est que rarement applicable de nos jours et nous favorisons la stabilisation de la circulation du patient dans un premier temps par assistance mécanique. Actuellement, il y a un grand nombre de systèmes d'assistances mécaniques sur le marché qui vont des plus «simples» comme la contre-pulsation intra-aortique et les dérivés de la circulation extracorporelle¹³ comme l'ECMO applicable aux adultes et aux enfants,¹⁴ aux pompes d'assistance avec accès périphérique ou central pour des durées d'applications courtes (jours), moyennes (semaines), longues (années) et permanentes. Le choix des systèmes



d'assistance se fait aussi en fonction de la contribution nécessaire pour maintenir une circulation adéquate chez le patient. Ainsi, l'assistance circulatoire peut être partielle ou complète, univentriculaire ou biventriculaire. Finalement, c'est la durée prévue de l'assistance circulatoire qui dicte le degré d'implantabilité nécessaire pour pouvoir mobiliser le patient, le transférer dans un environnement moins médicalisé, voire le laisser rentrer à la maison.

En chirurgie cardiovasculaire du CHUV, nous disposons des équipements nécessaires pour ces différentes éventualités. Comme partout, une défaillance cardiaque gauche relativement modérée sera d'abord soulagée avec une contre-pulsation intra-aortique, dont on escompte une amélioration du débit cardiaque de l'ordre de 10%. Des insuffisances cardiaques droites ou gauches un peu plus marquées peuvent être aidées transitoirement, c'est-à-dire pendant quelques jours, avec une pompe axiale (figure 5) comme l'Impella, système dérivé de l'hémopompe. Un exemple typique pour ce type d'assistance est la défaillance droite transitoire précocement après la transplantation cardiaque chez des receveurs avec des résistances pulmonaires relativement élevées où le nouveau cœur a besoin de quelques jours pour se muscler. L'ECMO reste un outil précieux pour plusieurs raisons. Comme mentionné plus haut, on peut maintenir le débit cardiaque complet avec l'ECMO aussi bien chez les adultes¹³ que chez les enfants de tous les poids.¹⁴

L'ECMO n'est pas seulement efficace au niveau cardiaque et pulmonaire mais dans notre institution, elle est aussi disponible à toute heure puisque nous maintenons en stock des sets complets de différentes tailles et un choix de canules correspondantes. Ainsi, pour les défaillances cardiaques graves du nouveau-né à l'adulte en extrême urgence, l'ECMO est le premier choix, car elle permet de rétablir rapidement une circulation efficace, et ainsi de maintenir les fonctions organiques, voire récupérer la fonction cardiaque. Le problème principal de l'ECMO est sa dépendance de la présence physique d'opérateurs 24 h/24 h, et de ce fait, on change de système d'assistance dès qu'on peut prévoir que le problème cardiaque risque de se prolonger.

Nous avons alors le choix entre les systèmes à débit pulsé ou à débit continu. Pour les systèmes à débit continu, nous pouvons appliquer la pompe Impella mentionnée plus haut quand il s'agit d'une assistance de quelques jours ou alors la pompe Berlin Heart Incor, une pompe axiale implantable (figure 6), quand il s'agit de durées plus prolongées (semaines, mois). La pompe Berlin Heart Incor a été mise à disposition relativement récemment. Son rotor est suspendu dans le flux sanguin par des champs magnétiques, de sorte, qu'il n'y a pas besoin de roulements et qu'il n'y a pas de frictions.¹⁵ L'alimentation et le pilotage se font par un câble électrique qui traverse la peau. Il s'agit d'un système portable. Le système de contrôle et les piles se portent dans un sac. Par rapport aux systèmes d'assistance circulatoire activés par des consoles, l'introduction des systèmes portables a sensiblement modifié la prise en charge des patients dépendant d'une assistance mécanique.

Toutefois, quand il s'agit d'assistances circulatoires mécaniques biventriculaires, nous disposons d'autres options.



Figure 5. Diverses micropompes axiales pour application centrale et périphérique

Malgré leur petite taille, ces pompes permettent d'assister un ventricule cardiaque de manière efficace pendant plusieurs jours. (CCV, CHUV).



Figure 6. Le Berlin Heart Incor, un système d'assistance avec pompe axiale implantable

La suspension magnétique de son rotor fait qu'il n'y a ni roulements, ni friction, ni l'usure consécutive.

Nous avons gardé le système pneumatique Abiomed avec des ventricules paracorporels pour sa flexibilité. On peut utiliser ce dernier à droite, à gauche ou de manière biventriculaire. L'introduction d'une nouvelle console a aussi permis d'améliorer le débit fourni sans avoir à modifier les ventricules existants. En fait, nous avons montré il y a quelque temps, que l'on peut pratiquement doubler le débit fourni avec les ventricules Abiomed en appliquant du vide pour le remplissage du ventricule.¹⁶

Pour des assistances de plus longue durée,¹⁷ nous utilisons actuellement le Thoratec avec des ventricules implantables. Il s'agit d'un système relativement récent (figure 7) pour sa version implantable, dont les parties exposées au sang sont bien connues et ont fait leurs preuves.¹⁸ L'avantage du Thoratec par rapport à d'autres systèmes implantables à débit pulsé (Novacor, TCI), est le fait qu'on

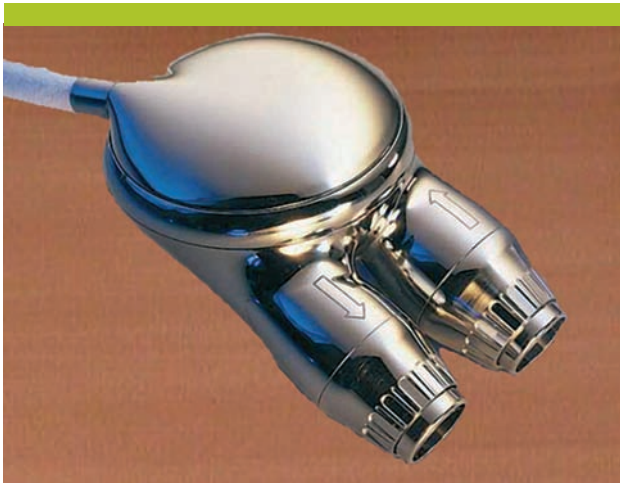


Figure 7. Le Thoratec IVAD, un système pulsé implantable qu'on peut utiliser pour assister le ventricule droit, le ventricule gauche, ou les deux

Si les parties exposées au sang sont inchangées par rapport aux ventricules paracorporels utilisés depuis de longues années, le développement du boîtier en titane a permis de réduire sensiblement les dimensions extérieures.

peut l'utiliser à droite, à gauche ou biventriculaire. Cet avantage nécessite néanmoins un activateur portable un peu plus grand que celui des systèmes monoventriculaires.



Figure 8. Le Lion Heart de la maison Arrow

Toutes les composantes sont implantables et le transfert d'énergie se fait de manière transcutanée (par induction).

Finalement, pour les cas avec défaillance cardiaque gauche terminale et contre-indications à la transplantation, nous pouvons avoir recours au Lion Heart.¹¹ Le Lion Heart est un demi-cœur artificiel totalement implantable (figure 8) composé d'un pompe avec son moteur d'activation implantable, d'un système de pilotage avec ses batteries implantables, d'une chambre de compliance avec son port de remplissage implantable, et son système de transfert d'énergie percutané implantable. Le patient porte sur la peau, la bobine d'excitation pour le transfert d'énergie. Comme le contrôle du système se fait par télémetrie, il n'y a pas de câble qui traverse la peau. Le Lion Heart, qui est conçu pour l'assistance ventriculaire permanente, a récemment reçu le marquage CE.

NUMÉRO DE TÉLÉPHONE IMPORTANT

Centre de transplantation au CHUV 24/24, 7/7 :
021 314 17 69.

Implications pratiques

- Tenant compte de la complexité des assistances circulatoires mécaniques et de la pénurie de dons pour la transplantation cardiaque, il est impératif d'identifier les patients avec une défaillance cardiaque progressive à un stade où des approches chirurgicales moins lourdes peuvent améliorer la fonction cardiaque, ou au moins la stabiliser
- Il va de soi, que même avant, il faut s'assurer qu'il n'y ait pas de problèmes cardiaques qu'on puisse résoudre avec la chirurgie traditionnelle
- Il s'agit là essentiellement des problèmes coronaires, valvulaires et congénitaux qu'il faut soit exclure, soit traiter de manière optimale
- Ce stade passé, il est essentiel de ne pas rater le moment où même les gestes chirurgicaux plus sophistiqués ne sont plus indiqués

Adresses

Pr Ludwig K. von Segesser et
Drs Adam Fischer, Philippe Gersbach, Michel Hurni,
Patrick Ruchat, Piergiorgio Tozzi et Frank Stumpe
Service de chirurgie cardiovasculaire
Pr Giuseppe Vassalli, Drs Xavier Jeanrenaud,
Charles Seydoux, Eric Eeckhout et
Pr Lukas Kappenberger
Service de cardiologie
Pr Manuel Pascual
Service de transplantation
CHUV, 1011 Lausanne
ludwig.von-segesser@chuv.hospvd.ch
www.cardiovasc.net

Bibliographie

- 1 von Segesser LK. Alternatives chirurgicales à la revascularisation directe itérative des artères coronaires – mécanismes communs de la réduction ventriculaire, de la revascularisation transmyocardique au laser et de la cardiomyoplastie. *Schweiz Med Wochenschr* 1997;127:2084-90.
- 2 Starling RC, McCarthy PM, Buda T, et al. Results of partial left ventriculectomy for dilated cardiomyopathy: Hemodynamic, clinical and echocardiographic observations. *J Am Coll Cardiol* 2000;36:2098-103.
- 3 *Joyce D, Loebe M, Noon GP, et al. Revascularization and ventricular restoration in patients with ischemic



heart failure :The STICH trial. *Curr Opin Cardiol* 2003; 18:454-7.

4 Mueller X, Tevareai HT, Tucker O, Boone Y, von Segesser LK. Reshaping the remodelled left ventricle :A new concept. *Eur J Cardiothorac Surg* 2001;20:786-91.

5 * Fukamachi K, Popovic ZB, Inoue M, et al. Changes in mitral annular and left ventricular dimensions and left ventricular pressure-volume relations after off-pump treatment of mitral regurgitation with the Coapsys device. *Eur J Cardiothorac Surg* 2004;25:352-7.

6 * Mann DL, Acker MA, Jessup M, et al. Acorn investigators and study coordinators. Rationale, design, and methods for a pivotal randomised clinical trial for the assessment of a cardiac support device in patients with New York health association class III-IV heart failure. *J Card Fail* 2004;10:185-92.

7 Mueller XM, Tevareai H, Chaubert P, Genton CY, von Segesser LK. Does Laser injury induce a different neovascularisation pattern from mechanical or ischaemic injuries. *Heart* 2001;8:697-701.

8 Chachques JC, Shafy A, Duarte F, et al. From dynamic to cellular cardiomyoplasty. *J Card Surg* 2002; 17:194-200.

9 Menasche P. Cell transplantation in myocardium. *Ann Thorac Surg* 2003;24:167-73.

10 * Menasche P, Hagege AA, Vilquin JT, et al. Autologous skeletal myoblast transplantation for severe post-infarction left ventricular dysfunction. *J Am Coll Cardiol* 2003;41:1078-83.

11 Qanadli S, Tozzi P, Schnyder P, von Segesser LK. Slicing the LionHeart for assessment of pump shortening fraction after 1 year of follow-up. *Eur J Cardiothorac Surg* 2003;24:642-3.

12 Seydoux C. Transplantation cardiaque : indications actuelles et alternatives thérapeutiques. *Rev Med Suisse Romande* 2002;122:131-5.

13 von Segesser LK. Cardiopulmonary support and extra-corporeal membrane oxygenation for cardiac assist. *Ann Thorac Surg* 1999;68:427-9.

14 Corno AF, Horisberger J, Boon Y, et al. Assistance

cardiaque mécanique pédiatrique. *Rev Med Suisse Romande*. 2002;122:137-40.

15 Huber CH, Tozzi P, Hurni M, von Segesser LK. No drive line, no seal, no bearing and no wear :Magnetics for impeller suspension and flow assessment in a new VAD. *Interact CardioVasc Thorac Surg* 2004;3:336-40.

16 von Segesser LK, Leskosek B, Redha F, et al. Performance characteristics of a disposable ventricle assist device. *Thorac Cardiovasc Surg* 1988;36:146-50.

17 von Segesser LK, Corno A, Fischer A, et al. L'assistance circulatoire mécanique à long terme pour l'insuffisance cardiaque terminale réfractaire au traitement médical. *Rev Med Suisse Romande* 2002;122:155-8.

18 von Segesser LK, Tkebuchava T, Leskosek B, et al. Biventricular assist using a portable driver in combination with implanted devices : Preliminary experience. *Artif Organs* 1997;21:72-5.

* à lire

** à lire absolument