

## Évaluation de l'aptitude à l'effort et remise en condition physique des greffés cardiaques

JC Verdier et le groupe d'étude «remise en condition physique»\*

*Service de médecine du sport, hôpital Tarnier, 89, rue d'Assas, 75006 Paris, France*

**Résumé** – Le nombre des greffes cardiaques (ou cœur-poumon) s'accroît de jour en jour : plus de 16 000 en 1991. Il est nécessaire tant pour les patients transplantés que pour les médecins et la collectivité de pouvoir quantifier leurs capacités fonctionnelles et ainsi de définir les modalités de leur réinsertion sociale. De même il est indispensable de codifier des protocoles de remise en condition physique permettant au mieux de passer du statut de convalescent à celui de sujet actif. L'évaluation de l'aptitude à l'effort du greffé cardiaque se fait à distance d'un épisode de rejet ou d'infection, en accord avec l'équipe médicochirurgicale et après étude du dossier médical, sous surveillance scopique permanente. Cette évaluation à l'effort se présente sous deux formes : 1) exercice dynamique (épreuve d'effort) : épreuve d'effort sur bicyclette ergométrique, en position assise ; charge initiale : 20 W ; incrément : 10 W/min ou 20 W/2 min ou 30 W/3 min ; la préférence allant à 10 W/min ; récupération passive en décubitus dorsal, d'une durée minimale de 15 min, informations recueillies : fréquence cardiaque, tension artérielle, analyse des gaz respiratoires ; 2) effort statique sur dynamomètre isocinétique : après élimination d'une éventuelle contre-indication par l'épreuve d'effort, test sur le genou du membre inférieur dominant avec travail en isométrique (extension puis flexion sur le genou bloqué à 30° puis à 60° de flexion), isocinétique (extensions et flexions aux vitesses angulaires de 90°/s, 180°/s, 60°/s), endurance (série de flexions et extensions à la vitesse angulaire de 180°/s) jusqu'à diminution de la force de 50% ; les autres équipes adapteront en fonction de leur appareillage (*hand grip* par exemple). Les informations recueillies sont les mêmes que lors de l'épreuve d'effort. L'état de forme des greffés est très variable, est fonction de la cardiopathie causale, de son évolution et des éventuelles complications post-transplantation (infections, rejets). Il est donc nécessaire de respecter une période initiale de «récupération des forces vitales» pendant laquelle une rééducation faite en centre spécialisé vise à rétablir les fonctions respiratoires et locomotrices de base. Cette période initiale peut durer de 1 à 3 mois, sauf cas particuliers. La deuxième période se situant entre le 3<sup>e</sup> et le 6<sup>e</sup> mois post-transplantation doit participer à une véritable remise en condition physique, indispensable pour que le greffé réussisse sa réinsertion socio-professionnelle. L'ensemble du groupe a accepté de tester pendant 6 mois un protocole utilisant l'*interval training* (défini par Fox et Mathews en 1973 et adapté par Gimenez en 1982 (*Square wave endurance exercise test* [SWEET]), présenté par le Pr Lonsdorfer. Ce protocole a une durée de 6 sem, à raison de 3 séances par semaine : exercice sur bicyclette ergométrique (durée de la séance : 20 min minimum, 45 min étant le but à atteindre) ; exercices en créneaux ; alternance de charges imposées (exprimées en pourcentage de la puissance maximale tolérée : PMT définie lors d'une épreuve d'effort) : 4 min à 50% de la PMT puis 1 min à 100% de la PMT et répétition de cette séquence (soit neuf créneaux lors d'une séance de 45 min). Une épreuve d'effort a lieu à la 3<sup>e</sup> sem pour ajuster les charges de travail. Les discussions ont fait ressortir d'autres axes de travail : prévention de la dégradation des capacités fonctionnelles chez l'insuffisant cardiaque en attente de transplantation ; étude des techniques d'électrostimulation musculaire et de leur efficacité chez le transplanté sous traitement immunosuppresseur.

**greffe cardiaque / exercice physique / effort d'endurance / effort de résistance**

**Summary** – Assessment of exercise ability and physical rehabilitation in heart-transplant patients. The number of transplants (heart or heart-lungs) is increasing and amounted to over 16 000 in 1991. An assessment of the functional capacities of these patients is necessary as it helps patients to determine their degree of fitness and guides doctors in defining their rehabilitation programs. It is also of prime importance to determine protocols for physical rehabilitation which permit a convalescent heart transplant patient to reintegrate within the community. The assessment of exercise ability in heart transplant patients is made when risk of rejection or infection has been excluded, and is determined the medical and surgical team after examination of the subject's medical file. The 12 lead electrocardiogram is monitored before, during and after exercise. This assessment is based on 2 tests: 1), dynamic exercise test: sitting on an ergometric bicycle; initial load: 20 watts (W); load increments: 10 W/min or 20 W/2 min or 30 W/3 min; the

\* Membres du groupe: C Borgat (Nantes), E Giraldo (Clermont-Ferrand), CC Goeppert (Dommartin-les-Toul), E Lampert (Strasbourg), J Lonsdorfer (Strasbourg), J Mercier (Montpellier), B Mettauer (Strasbourg), C Monpere (Ballan-Mire), M Redonnet (Rouen), M Rieu (Paris).

preferential load increment is 10 W/min; a 15-min minimum recovery period, with the patient in a supine position; data collected: heart rate, blood pressure, respiratory gases analysis; 2), static exercise on an isokinetic dynamometer: after elimination of contraindications by the dynamic exercise test, a test via a Cybex isokinetic dynamometer is performed. The protocol used is defined by the group "Exploration de la force musculaire par méthode isocinétique", headed by Dr Sabourin (isometric, isokinetic and endurance work on the knee of the lower dominant leg); medical teams without a Cybex dynamometer can examine patients by means of a handgrip isometric exercise; data collected: the same as for the dynamic exercise test. Fitness after cardiac transplantation is very variable. It depends on the disease that necessitated transplantation, and its evolution and possible complications (rejection, infection) after the graft has been performed. Rehabilitation first aims to restore "vital energy". The goal of this rehabilitation period in a cardiac center for 1 to 3 months is to recover basal pulmonary and mobility functions. The second period, between the 3rd and the 6th month post-graft, marks the time for real physical rehabilitation, and is indispensable in aiding the heart transplant patients psychosocial reintegration. We decided to test a protocol over a 6-week period (3 sessions per week) using the "interval training" (defined by Fox and Mathews in 1973 and adapted by Gimenez in 1982: the square-wave endurance test = SWEET), presented by Dr Lonsdorfer. The protocol consisted of the following: exercise on an ergometric bicycle in a sitting position; duration of a session: a minimum of 20 min, with 45 min as the aim; alternation of loads imposed, expressed in % MPT (maximum power tolerated) defined during dynamic exercise test: 4 min at 50% MPT alternated with 1 min at 100% MPT; repetition of this sequence 9 times a 45-min session; dynamic exercise test at the end of the 3rd week to readjust loads; dynamic exercise test at the end of the 6th week to assess results of training. Others studies could be conducted on: the prevention of degradation of functional capacities in patients with congestive heart failure during the preoperative period; study of technics of muscular electrical stimulation and their effectiveness in heart transplant patients undergoing immunosuppressive therapy.

heart transplant / physical exercise / endurance effort / resistance effort

## Introduction

Les progrès de la chirurgie cardiothoracique, de la réanimation, des traitements immunosuppresseurs sont à l'origine de l'apparition d'une nouvelle population qui s'accroît de jour en jour: les sujets greffés (cœur ou cœur-poumons). Il y a plus de 16 000 greffes du cœur dans le monde et près de 1 000 greffes ont été pratiquées en France en 1991. Il est donc nécessaire, tant au niveau individuel que collectif, de déterminer les capacités fonctionnelles réelles de ces patients et les facteurs pouvant améliorer ces capacités.

Au niveau individuel, l'insuffisant cardiaque ayant bénéficié d'une greffe a connu une longue période d'inactivité forcée (3 à 6 mois d'attente de greffe, 1 à 3 mois de convalescence) avec la crainte constante de l'échec et donc de la mort. Cette période est responsable d'une fonte musculaire importante et d'une grande anxiété face au passage du statut de malade à «haut risque» à celui de convalescent.

Un protocole d'évaluation standardisé peut lui permettre de faire le point sur ses possibilités réelles, ce dans de bonnes conditions psychologiques.

Une remise en condition physique, prenant en compte les résultats du bilan fonctionnel initial, l'aidera à reprendre confiance en lui et à retrouver sa place dans son milieu familial et professionnel.

Au niveau médical, l'équipe médicochirurgicale a besoin de quantifier par des marqueurs objectifs le succès (ou l'insuccès) de la transplantation. Les résultats permettront d'adapter la prise en charge du greffé (thérapeutique, longue maladie).

Au niveau de la collectivité, il est nécessaire de préciser les capacités de reprise professionnelle et l'évolution de ces capacités en fonction du délai postgreffe [Harvison *et al*, 1988; Hidalgo *et al*, 1989; Niset, Coustry-Degré, 1988].

## Évaluation de l'aptitude à l'effort du greffé cardiaque

De l'avis de tous les participants, ce type d'évaluation ne peut être pratiqué qu'en accord étroit avec le service de chirurgie cardiovasculaire ayant adressé le patient; d'autant qu'une étude complète du dossier médical est indispensable (cardiopathie causale, classe fonctionnelle d'insuffisance cardiaque NHHA (New York Heart Association) lors de la période prégreffe (complications post-transplantation, nombres et sévérité des rejets, traitements en cours, état des fonctions rénale et pulmonaire, équilibres métaboliques).

Ce protocole d'évaluation ne doit pas être fait lors d'épisodes de rejet et/ou d'infection.

Afin de tester les réactions cardiovasculaires tant lors de surcharges volumétriques (débit cardiaque élevé avec résistances périphériques modérées) que barométriques (résistances périphériques élevées), deux types d'exercice sont pratiqués.

### Épreuve d'effort

L'épreuve d'effort (EE) est faite sous contrôle scopique permanent et après recueil d'un tracé ECG de repos. Elle se déroule dans un local possédant

un matériel de réanimation cardiovasculaire, avec ou sans analyseur des gaz respiratoires.

#### *Protocole*

Elle est réalisée sur bicyclette ergométrique, en position assise, avec une charge initiale de 20 W.

L'incrément (l'augmentation) de charge est de 10 W/min, ou 20 W/2 min, ou 30 W/3 min; la préférence allant à 10 W/min (le choix étant dicté par la précision de l'ergocycle). Le dernier palier atteint, validé par une durée d'1 min, servira à la détermination de la PMT (puissance maximale tolérée).

La récupération est passive en décubitus dorsal et d'une durée minimale de 15 min, cela pour permettre à certaines équipes d'effectuer des prélèvements (gaz du sang, dosage des catécholamines plasmatiques, lactates) (Harvison *et al*, 1988; Labovitz *et al*, 1989; Niset *et al*, 1991).

#### *Informations recueillies*

La fréquence cardiaque est notée au repos, puis à chaque minute d'exercice et de récupération.

La tension artérielle est prise au repos, lors des 15 dernières secondes de chaque palier d'effort et à chaque minute de récupération jusqu'au retour aux valeurs basales. Un électrocardiogramme est enregistré au repos, lors des 15 dernières secondes de chaque palier et à chaque minute de récupération (au minimum pendant 5 minutes).

Tout événement particulier visualisé sur le scope ECG (troubles du rythme, modifications de la repolarisation...) est enregistré.

En fonction des équipements, d'autres paramètres peuvent être recueillis: ventilation minute, consommation d'oxygène, production de gaz carbonique, lactatémie (Ricu *et al*, 1989; Safin *et al*, 1983).

#### *Test sur dynamomètre isocinétique*

Utilisé ici pour étudier les réactions cardiovasculaires face à des surcharges barométriques, ce test ne doit être effectué qu'après élimination d'une éventuelle contre-indication par l'épreuve d'effort. En effet, ce n'est qu'après une épreuve d'effort n'ayant révélé aucun signe d'inadaptation cardiovasculaire, troubles du rythme ou anomalies de la repolarisation ventriculaire que l'on est autorisé à imposer au cœur greffé des résistances périphériques élevées (Haskell *et al*, 1981; Kahn, Monod, 1989; Moffroid *et al*, 1969; Savin *et al*, 1983).

#### *Protocole*

Le patient est sous contrôle scopique tout au long de l'épreuve.

Le test est effectué sur le membre inférieur dominant, mettant en jeu de puissants groupes musculaires (quadriceps, ischio-jambiers) lors d'efforts isométriques et isocinétiques. Les modalités du protocole ont été définies par le groupe «Exploration de la force musculaire par méthode isocinétique» de la Société française de médecine du sport.

En *phase isométrique* la jambe en hyperextension détermine la position 0 du bras de levier. Celui-ci est ensuite abaissé d'un angle de 30° et bloqué. À partir de cette position, on demande au patient d'effectuer une extension de la jambe avec le maximum de force possible et ce pendant 5 s minimum. Après 15 s de repos, une flexion de jambe est effectuée dans les mêmes conditions. Après 30 s de repos on répète la même séquence avec un angle de 60°.

En *phase isocinétique* l'épreuve commence jambe fléchie à 90° et le patient doit alterner une extension complète jusqu'à 0° puis une flexion jusqu'à 90° ce, quatre fois de suite. L'appareil limite la rotation du bras de levier à une vitesse angulaire de 90°/s. Un repos de 2 min est alors accordé. La même séquence est répétée avec une vitesse angulaire de 180°/s; puis une vitesse angulaire de 60°/s.

En *phase de fatigabilité* cette dernière phase comporte une série de flexions et d'extensions entre 0° et 90° à la vitesse rotatoire de 180°/s. Le sujet doit commencer ces mouvements avec le maximum de force, l'épreuve étant interrompue lorsque la force développée devient inférieure à 50% de la force initiale.

#### *Informations recueillies*

La cinétique de la fréquence cardiaque est enregistrée tout au long des différentes séquences (cardiofréquencemètre, analyseur de l'espace R-R ou Holter) de même que tout événement électrocardiographique marquant.

La pression artérielle est mesurée lors des différentes phases d'exercice et de récupération.

En fonction des équipements, des prélèvements seront effectués, tels que dosages sanguins (lactate, catécholamines), analyse des gaz respiratoires.

#### *Autres tests*

Les équipes ne pouvant disposer de dynamomètre isocinétique dans leur service ou auprès de leurs correspondants utiliseront un dynamomètre permettant de tester la force de la main du membre supérieur dominant («poignée de main» ou *hand grip*); le but étant de créer de façon codifiée et reproductible une surcharge barométrique:

– détermination de la contraction maximale volontaire (MVC) au terme de trois essais;

- contraction à 100% de la MVC pendant 5 s minimum suivie d'un repos d'1 minute;
- contraction à 50% de la MVC pendant 60 s suivie d'un repos d'1 minute (Haskell *et al*, 1981).

### Remise en condition physique des greffés cardiaques

L'expérience commune a souligné la diversité de l'état de forme physique des greffés en fonction de la cardiopathie causale, de son évolution, du délai d'attente de greffon, des complications per- et post-transplantation, du nombre et de la sévérité des épisodes de rejet et/ou d'infection. Cela oblige à respecter après la greffe, une période de récupération des « forces vitales », pendant laquelle le suivi médical et la réadaptation ne peuvent se faire qu'en milieu spécialisé cardiologique.

Cette période initiale dure en moyenne de 1 à 3 mois sauf cas particulier.

La deuxième période se situant entre le 3<sup>e</sup> et le 6<sup>e</sup> mois postgreffe doit servir à une véritable remise en condition physique, en accord avec l'équipe médicochirurgicale.

L'ensemble du groupe a décidé de tester pendant 6 mois un protocole d'entraînement basé sur l'alternance d'efforts intenses et d'efforts modérés (*interval training*). Ce type d'entraînement a été décrit initialement par Fox et Mathews en 1973. Une adaptation pratique en a été faite, sous forme d'exercices en « créneaux », par Gimenez en 1982 (*Square-Wave Endurance Exercise Test* [SWEET]) et testée avec succès par le Pr Lonsdorfer en 1989 sur des sujets non greffés.

Il s'agit donc de tester chez des greffés ce type d'entraînement physique; les résultats de cette étude multicentrique devant durer 6 mois feront l'objet d'un rapport en 1992.

### Protocole

Le protocole se déroule sur une durée de 6 semaines, à raison de trois séances par semaine.

Lors de l'épreuve d'effort initiale (EE wO), pratiquée avant la première semaine (*week* [W]) d'entraînement, selon le protocole décrit plus haut, on détermine la puissance maximale tolérée initiale (PMT 0).

Le contenu d'une séance d'entraînement est le suivant: réalisé sur bicyclette ergométrique, l'effort consiste en une succession de neuf phases identiques (« créneaux »), sans période d'arrêt: 4 min à 50% de la PMT suivi de 1 min à 100% de la PMT; la durée totale d'exercice étant donc de 45 min. L'ajustement des intensités d'exercice se fait à la fin de

la 3<sup>e</sup> semaine par une nouvelle épreuve d'effort (EEw3). Cela, afin de déterminer la nouvelle PMT (PMT 3) qui permettra d'ajuster les intensités d'exercice lors des 3 semaines suivantes.

Après les 6 semaines d'entraînement un bilan objectivera les progrès réalisés, comprenant:

- une épreuve d'effort maximale (EEw6) avec détermination de la puissance maximale tolérée en fin de rééducation (PMT 6) et étude de la cinétique de la fréquence cardiaque et du profil tensionnel;
- une séance d'entraînement effectuée à la PMT initiale (PMT 0) avec recueil des mêmes cinétiques.

Ces deux tests seront comparés aux tests initiaux pour objectiver les progrès réalisés.

### Remarques

Lors des premières séances il est rare que le sujet sédentaire (greffé ou non greffé) puisse soutenir l'effort pendant 45 min; une durée minimale de 25 min sera exigée lors de la 1<sup>re</sup> semaine et de 35 min lors de la 2<sup>e</sup> semaine. Il semble concevable d'exiger une durée de 45 min dès le début de la 3<sup>e</sup> semaine.

### Informations recueillies

Ce sont les mêmes que lors de l'épreuve d'effort, selon les mêmes modalités: FC et TA avant le début de l'exercice.

FC et TA lors des 30 dernières secondes de chaque niveau d'effort, soit pour chaque créneau, mesures à: 3 min 30 et 4 min 30 (correspondant respectivement à 50% de la PMT et à 100% de la PMT). Cela représente donc 18 mesures lorsque la séance dure 45 min (neuf créneaux).

FC et TA lors de la récupération: mesures toutes les minutes pendant 10 min.

### Conclusion

Les résultats de ce protocole de réadaptation, testé pendant 6 mois par les différentes équipes, seront analysés et critiqués par l'ensemble des praticiens intéressés par la remise en condition physique des greffés et comparés aux différents protocoles décrits dans la littérature (Harvison *et al*, 1988; Kavanagh *et al*, 1988; Niset *et al*, 1988). Une synthèse sera alors publiée par le rapporteur du groupe. Les discussions ont fait apparaître d'autres axes de travail:

- prévention de la dégradation des capacités fonctionnelles chez l'insuffisant cardiaque en attente de transplantation par renforcement musculaire seg-

mentaire et séquentiel ainsi que par électrostimulation;

– apports des techniques d'électrostimulation musculaire chez le greffé sous traitement immunosuppresseur dans la prévention de l'amyotrophie cortisonique.

Ces différentes orientations seront développées lors de la prochaine session.

## Références

- Fox EL, Bartels RL, Billings CE, Mathews DK, Bason R, Webb WM (1973) Intensity and distance of interval training programs and changes in aerobic power. *Med Sci Sports* 5, 18–22
- Gimenez M, Servera E, Salinas W (1982) Square-Wave Endurance Test (Sweet) for training and assessment in trained subjects. *Eur J Appl Physiol* 49, 359–368
- Harvison A, Jones BM, McBride M, Taylor F, Wright O, Chang VP (1988) Rehabilitation after heart transplantation: the Australian experience. *J Heart Transplant* 7, 337–341
- Haskell WL, Savin WM, Schroeder JS, Alderman EA, Ingles NB, Daughters GT, Stinson EB (1981) Cardiovascular responses to handgrip isometric exercise in patients following cardiac transplantation. *Cir Res* 48 (suppl 1), 156–161
- Hidalgo R, Alegria E, Castello R, Aparici M, Peteiro J (1989) Stress testing in patients one year after orthotopic cardiac transplantation. *Angiology. J Vasc Dis*, 650–655
- Kahn JF, Monod H (1989) Modification de la pression artérielle au cours du travail statique. *Arch Mal Cœur* 82, 17–22
- Kavanagh T, Yacoub MH, Mertens DJ, Kennedy J, Campbell RB, Sawyer P (1988) Cardiorespiratory responses to exercise training after orthotopic cardiac transplantation. *Circulation* 77, 162–171
- Labovitz AJ, Drimmer AM, MC Bride LR, Pennington DG, Willman VL, Miller WM (1989) Exercise capacity during the first year after cardiac transplantation. *Am J Cardiol* 64, 642–645
- Lonsdorfer J, Bogui P, Dah C, Pigearias B, Lonsdorfer A, Sofo I, Buguet A (1989) Améliorations cardiorespiratoires et métaboliques après un entraînement par exercices en créneaux. *Science et Sports* 4, 161–164
- Moffroid M, Whipple R, Hofkosh J, Lowman E, Thistle H (1989) A study of isokinetic exercise. *J Am Phys Ther Assoc* 49
- Niset G, Hermans L, Depelchin P (1991) Exercise and heart transplantation: a review. *Sports Med* 12, 359–379
- Niset G, Coustry-Degré S (1988) Psychosocial and physical rehabilitation after heart transplantation: 1-year follow-up. *Cardiology* 75, 311–317
- Rieu M, Liscia P, Duvallet A, Verdier JC, Ferry A, Desruennes M, Meyer M, Cerretelli P (1989) Blood catecholamines and heart rate during exercise in heart transplant recipients. *Int Care Med* 15, A 409
- Savin WM, Schroeder JS, Haskell WL (1983) Response of cardiac transplant recipients to static and dynamic exercise: a review. *Heart Transplantation* 1, 72–79