



Validité du test de marche de 6 minutes et du test navette progressif  
auprès de personnes qui souffrent de fibrillation auriculaire chronique  
et/ou d'insuffisance cardiaque sévère

par  
Pascale Bellemare

Département de kinésiologie

Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures  
en vue de l'obtention du grade de maîtrise  
en Sciences de l'activité physique

Septembre 2004

© Pascale Bellemare, 2004



GV  
201  
U54  
2005  
V.009

Direction des bibliothèques

## AVIS

L'auteur a autorisé l'Université de Montréal à reproduire et diffuser, en totalité ou en partie, par quelque moyen que ce soit et sur quelque support que ce soit, et exclusivement à des fins non lucratives d'enseignement et de recherche, des copies de ce mémoire ou de cette thèse.

L'auteur et les coauteurs le cas échéant conservent la propriété du droit d'auteur et des droits moraux qui protègent ce document. Ni la thèse ou le mémoire, ni des extraits substantiels de ce document, ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans l'autorisation de l'auteur.

Afin de se conformer à la Loi canadienne sur la protection des renseignements personnels, quelques formulaires secondaires, coordonnées ou signatures intégrées au texte ont pu être enlevés de ce document. Bien que cela ait pu affecter la pagination, il n'y a aucun contenu manquant.

## NOTICE

The author of this thesis or dissertation has granted a nonexclusive license allowing Université de Montréal to reproduce and publish the document, in part or in whole, and in any format, solely for noncommercial educational and research purposes.

The author and co-authors if applicable retain copyright ownership and moral rights in this document. Neither the whole thesis or dissertation, nor substantial extracts from it, may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

In compliance with the Canadian Privacy Act some supporting forms, contact information or signatures may have been removed from the document. While this may affect the document page count, it does not represent any loss of content from the document.

Université de Montréal  
Faculté des études supérieures

Ce mémoire intitulé :  
Validité du test de marche de 6 minutes et du test navette progressif  
auprès de personnes qui souffrent de fibrillation auriculaire chronique  
et/ou d'insuffisance cardiaque sévère

présenté par :  
Pascale Bellemare

a été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Yvan Girardin  
Président rapporteur

Luc Léger  
Directeur de recherche

Bernard Thibault  
Codirecteur de recherche

Jacinthe Hovington  
Membre du jury

**Résumé :****Validité du test de marche de 6 minutes et du test navette progressif auprès de personnes qui souffrent de fibrillation auriculaire chronique et/ou d'insuffisance cardiaque sévère**

**BUT :** Vérifier la validité du test de marche de 6 minutes et du test navette progressif auprès de patients présentant de l'insuffisance cardiaque (IC) et/ou de la fibrillation auriculaire chronique (FAC) par comparaison à la mesure directe de  $VO_2$  sur tapis roulant.

**MÉTHODE :** 38 patients âgés de 50 à 70 ans dont 9 en FAC, 10 en IC, 9 en FAC et IC et 10 patients témoins, ont participé à cette étude. Chaque sujet a passé 3 tests de marche de 6 minutes, 2 tests navette progressifs et 2 tests d'effort sur tapis roulant avec mesure du  $VO_{2max}$ .

**RÉSULTATS :** Il existe une relation modérée ( $r=0,69$ ) entre la vitesse moyenne du TM6M et le  $VO_{2max}$  mesuré sur tapis roulant. Cette relation est meilleure chez les patients en FAC seul et témoins ( $r=0,84$  et  $0,82$  respectivement). Des résultats similaires sont notés pour le TNP. Ainsi, la corrélation est modérée ( $r=0,65$ ) entre la vitesse maximale et le  $VO_{2max}$  pour les 4 groupes. Elle est également plus importante chez les patients en FAC seule et témoins ( $r=0,76$  et  $0,85$  respectivement). Les patients ont marché plus loin et plus vite lors du 2<sup>e</sup> essai du TM6M et du TNP que lors du 1<sup>er</sup> essai. Le 3<sup>e</sup> n'était pas supérieur au 2<sup>e</sup> du TM6M suggérant que l'effet apprentissage s'estompe après le 2<sup>e</sup> essai. Le test sur tapis roulant en laboratoire s'est déroulé à une intensité relative nettement plus élevée ( $91,8 \pm 6,7$  %FCmax) que celles des tests de terrain avec des valeurs de  $80,6 \pm 10,9$  et  $83,5 \pm 11,9$  %FCmax pour le TM6M et le TNP respectivement. La tendance à des valeurs plus élevées pour le TNP par rapport au TM6M n'est pas significative.

**CONCLUSION :** Le test de marche de 6 minutes et le test navette progressif sont des tests valides auprès des patients en FAC seule, mais non auprès des patients en IC. Un seul test de familiarisation est nécessaire pour le test de marche de 6 minutes. Le TM6M et le TNP donnent un bon aperçu de la capacité fonctionnelle d'un patient et ne sont pas des tests maximaux au même titre que le test sur tapis roulant.

**Mots-clés :**

Test de marche, fibrillation auriculaire chronique, insuffisance cardiaque, consommation maximale d'oxygène, fréquence cardiaque.

**Abstract:****Validity of the 6-min walk test and the 10-m multistage shuttle test for patients with cardiac heart failure and/or chronic atrial fibrillation.**

**PURPOSE:** Verify the validity of the six minutes walk test and the shuttle walk test with patients with cardiac heart failure and/or chronic atrial fibrillation as compared to a standard  $VO_2$ max treadmill test. **METHODS:** 38 patients aged 50 to 70 years old participated to this study: 9 with AF, 10 with HF, 9 with AF and HF and 10 controls. Each subjects did 3 six minutes walk tests, 2 shuttle walk tests and 2 stress tests on the treadmill with  $VO_2$ max measured. **RESULTS:** There is a moderate relation ( $r=0.69$ ) between the average speed of the 6-minutes walk test (6MWT) and the  $VO_2$ max observed on a treadmill stress test. This relation is better with patients in atrial fibrillation (AF) alone and in the control group ( $r=0.84$  and  $0.82$  respectively). Similar results are seen for the shuttle walk test (SWT). The correlation is moderate ( $r=0.65$ ) between the maximal speed and the  $VO_2$ max for the 4 groups. Again the correlation is better for patients with AF alone and for the control group ( $r=0.76$  and  $0.85$  respectively). Both for the 6MWT and the SWT tests, patients walk further and faster at the 2<sup>nd</sup> trial than the first one. The 3<sup>rd</sup> of the 6MWT trial was not different from the 2<sup>nd</sup> one. That suggests that the learning process is weakening after the 2<sup>nd</sup> trial. At  $91.8 \pm 6.7$  %HRmax, the laboratory treadmill test was performed at a relative intensity that was clearly higher than the one observed for 6MWT and the SWT tests with values of  $80.6 \pm 10.9$  and  $83.5 \pm 11.9$  %HRmax, respectively. The tendency to higher values for the SWT compared to the 6MWT is not significant. **CONCLUSION:** The 6MWT and the SWT are valid tests for patients with AF alone, but not for patients with heart failure. Only one familiarisation test is needed for the 6MWT. These 2 tests give a good view of the functional capacity of a patient but are not maximal tests as the treadmill test.

**Key words :**

Walking test, chronic atrial fibrillation, heart failure, maximal oxygen consumption, heart rate.

## TABLE DES MATIÈRES

Résumé et mots-clés	p.iii
Abstract and key words	p.iv
Table des matières	p.v
Liste des tableaux	p.vi
Liste des figures	p.vii
Liste des sigles et des abréviations	p.viii
<b>Introduction générale</b>	<b>p.1</b>
<b>Partie I Revue de la littérature – Entraînement et évaluation des personnes qui souffrent de fibrillation auriculaire chronique et/ou d’insuffisance cardiaque</b>	<b>p.2</b>
Introduction	p.3
1. Fibrillation auriculaire chronique et activité physique	p.3
2. Insuffisance cardiaque et activité physique	p.6
3. Test d’effort en cardiologie	p.10
3.1 Test de marche de six minutes	p.12
3.2 Test navette progressif	p.16
Conclusion	p.18
<b>Partie II Étude expérimentale - Validité du test de marche de 6 minutes et du test navette progressif auprès de personnes qui souffrent de fibrillation auriculaire chronique et/ou d’insuffisance cardiaque sévère</b>	<b>p.19</b>
Introduction	p.20
Méthodologie	p.21
Résultats	p.26
Discussion	p.35
Conclusion	p.39
<b>Conclusion générale</b>	<b>p.40</b>
<b>Références</b>	<b>p.41</b>
<b>Annexes</b>	<b>p.ix</b>

**LISTE DES TABLEAUX****Partie I – Revue de la littérature**

<b>Tableau 1.</b> Changements hémodynamiques et métaboliques après 8 semaines d'entraînement chez des insuffisants cardiaques.	p.8
<b>Tableau 2.</b> Changements au niveau musculaire après 8 semaines d'entraînement chez des insuffisants cardiaques.	p.9
<b>Tableau 3.</b> Pronostic par rapport au nombre de METs chez les sujets cardiaques.	p.12
<b>Tableau 4.</b> Relation entre la distance marchée lors du TM6M et le VO <sub>2</sub> max obtenu lors d'un test d'effort maximal.	p.15
<b>Tableau 5.</b> Relation entre la performance du test navette progressif et le VO <sub>2</sub> max obtenu lors d'un test d'effort maximal.	p.17

**Partie II – Étude expérimentale**

<b>Tableau 1.</b> Caractéristiques des sujets étudiés.	p.22
<b>Tableau 2.</b> Encouragements standardisés du test de marche de six minutes.	p.23
<b>Tableau 3.</b> Composantes des séances d'évaluation.	p.25
<b>Tableau 4.</b> Différences systématiques entre les essais, les groupes et les tests révélées par l'analyse de variance.	p.27
<b>Tableau 5.</b> Résultats du test de marche de 6 minutes selon les groupes.	p.30
<b>Tableau 6.</b> Résultats du test navette progressif selon les groupes.	p.33

**Annexes**

<b>Tableau 1.</b> Protocole du test navette progressif.	p.xii
<b>Tableau 2.</b> Protocole du test à l'effort sur tapis roulant: Naughton modifié.	p.xiv

**LISTE DES FIGURES****Partie I – Revue de la littérature**

- Figure 1.** Les différentes réponses des patients FAC et de leurs pairs en rythme sinusal lors d'un effort maximal. p.5
- Figure 2.** Effets de la présence ou de l'absence d'encouragements sur la distance marchée en 6 minutes de séance en séance p.13
- Figure 3.** Relation entre le  $VO_2$ max et la distance marchée lors du test de marche de 6 minutes. p.14
- Figure 4.** Taux de survie chez les patients cardiaques selon que la distance parcourue lors du test de marche de 6 minutes était supérieure ou inférieure à 300m. p.15
- Figure 5.** Relation entre le  $VO_2$ max et le nombre d'allers-retours complétés lors du test navette progressif. p.16

**Partie II – Étude expérimentale**

- Figure 1.**  $VO_2$ max mesuré lors du test d'effort sur tapis roulant en fonction de la vitesse moyenne lors du 1<sup>er</sup> essai du test de marche de 6 minutes chez les 4 groupes. p.28
- Figure 2.** Évolution de la vitesse moyenne au TM6M du premier au troisième essai pour les quatre groupes. p.29
- Figure 3.** FCmax la plus élevée des sept tests selon les groupes de patients. p.31
- Figure 4.** Vitesse maximale lors du 1<sup>er</sup> essai du test navette progressif en fonction du  $VO_2$ max mesuré lors du test d'effort sur tapis roulant chez les 4 groupes. p.32
- Figure 5.** Variation de la vitesse maximale du test navette progressif entre les différents essais selon les groupes. p.34

**LISTE DES SIGLES ET DES ABRÉVIATIONS**

ECG : Électrocardiogramme

FAC : Fibrillation auriculaire chronique

FC : Fréquence cardiaque

FEVG : Fraction d'éjection du ventricule gauche

IC : Insuffisance cardiaque

ICM : Institut de Cardiologie de Montréal

IECA : Inhibiteur de l'enzyme de conversion de l'angiotensine

MCAS : Maladie coronarienne athérosclérotique

MPOC : Maladie pulmonaire obstructive chronique

NYHA : New York Heart Association

RER : Ratio d'échange respiratoire

RS : Rythme sinusal

TAS : Tension artérielle systolique

TM6M : Test de marche de 6 minutes

TNP : Test navette progressif

VCO<sub>2</sub> : Volume d'oxyde de carbone

VO<sub>2</sub> : Consommation d'oxygène

VO<sub>2</sub>max : Consommation maximale d'oxygène

V<sub>E</sub> : ventilation

## **Introduction générale**

Dans le contexte actuel, en cardiologie, différents types d'épreuves d'effort sont utilisés pour mieux connaître la capacité à l'exercice des patients cardiaques. Si on utilise principalement des tests d'effort sur tapis roulant, on utilise également des tests de marche, effectués dans les corridors d'hôpitaux, pour les personnes qui ont de la difficulté ou une réticence envers les tests sur tapis roulant. Le test de marche le plus utilisé à l'heure actuelle est le test de marche de six minutes<sup>41-42</sup>. Toutefois, sa validité est controversée lorsqu'il est employé auprès d'insuffisants cardiaques<sup>43, 58, 60, 61</sup>. C'est pourquoi un nouveau test de marche a été élaboré en 1998, le test navette progressif. Sa validité reste encore à démontrer auprès d'une population présentant des problèmes cardiaques.

L'objectif de ce mémoire est donc de comparer la validité respective de ces 2 tests de marche auprès de populations présentant différentes pathologies cardiaques telles l'insuffisance cardiaque (IC) et la fibrillation auriculaire chronique (FAC). La première partie sera consacrée à une revue de la littérature sur l'exercice et les tests d'efforts chez des patients affectés de différentes pathologies cardiaques. La deuxième partie présentera les résultats de l'étude expérimentale sur la comparaison de ces deux tests de marche.

**Partie I**  
**Revue de la littérature**

**Entraînement et évaluation des  
personnes qui souffrent de fibrillation auriculaire  
chronique et/ou d'insuffisance cardiaque**

## **Partie I      Revue de la littérature - Entraînement et évaluation des personnes qui souffrent de fibrillation auriculaire chronique et/ou d'insuffisance cardiaque**

### **Introduction**

Cette revue de littérature porte sur les épreuves d'effort utilisées en cardiologie et, plus particulièrement, avec des sujets souffrant de fibrillation auriculaire chronique ou/et d'insuffisance cardiaque. Toutefois, avant d'aborder la question des épreuves d'effort, il importe de décrire les effets de l'exercice physique sur la fibrillation auriculaire qui s'exprime par un trouble de rythme des oreillettes du cœur<sup>2</sup> et sur l'insuffisance cardiaque qui se traduit par l'inaptitude du cœur de pomper suffisamment de sang pour répondre aux besoins métaboliques du corps<sup>2</sup>.

### **1. Fibrillation auriculaire chronique et activité physique**

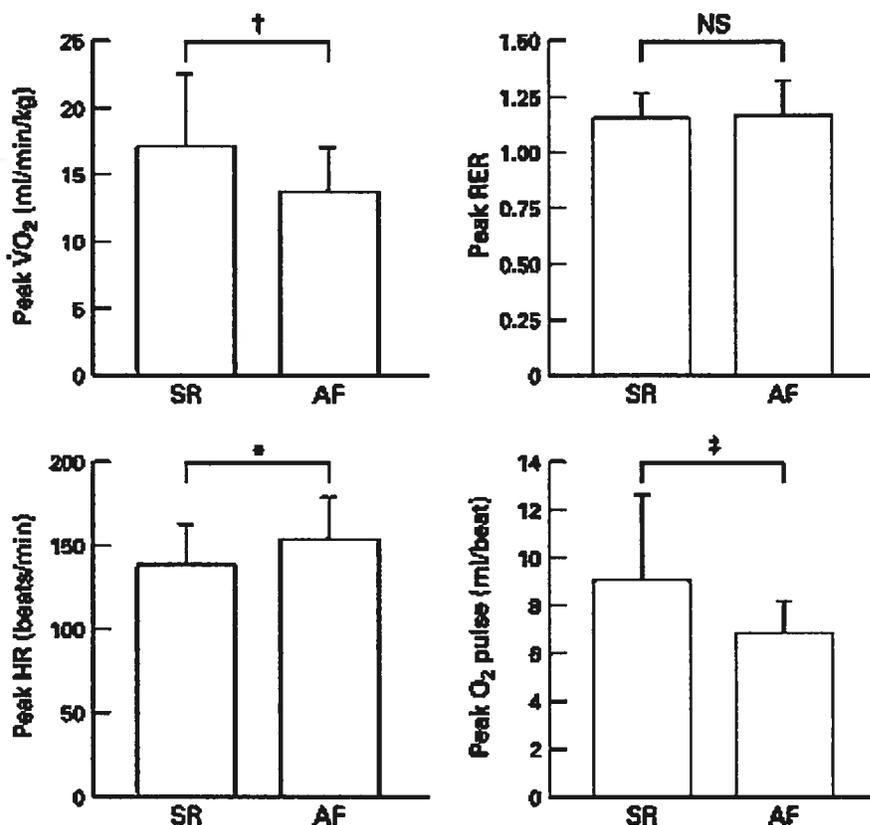
La fibrillation auriculaire se définit électriquement comme une activité non-coordonnée et désorganisée des oreillettes qui contractent à plus de 300 cycles/min<sup>1</sup>. Sur le plan hémodynamique, l'absence de contraction auriculaire ainsi que l'irrégularité et la rapidité de la réponse ventriculaire se soldent par une diminution du débit cardiaque de 30-35%<sup>1</sup>. La prévalence de la fibrillation auriculaire chronique (FAC), comme la plupart des problèmes de santé augmente avec l'âge<sup>1, 12</sup>. Les hommes ont une plus grande incidence de FAC que les femmes peu importe le groupe d'âge<sup>19</sup>.

On note, chez les patients atteints de FAC, que la fréquence cardiaque à l'exercice sous-maximal est supérieure à celle des patients en rythme sinusal (RS) pour un même effort<sup>7-9, 13, 14</sup>. Cette observation est présente peu importe le niveau d'exercice, mais est davantage marquée lors d'exercices sous-maximaux de faible intensité<sup>7-10</sup>. L'augmentation plus marquée de la fréquence cardiaque et de la consommation d'oxygène se manifeste également à l'exercice maximal et lors des premières minutes de récupération. En moyenne, lorsque les patients en FAC atteignent une intensité maximale, ils ont une fréquence cardiaque d'environ 18 bpm supérieure à leurs pairs en RS<sup>11, 16</sup>. L'augmentation plus rapide de la fréquence cardiaque à l'exercice chez les patients en FAC s'expliquerait

donc de la façon suivante : Le cœur compense cette perte de contribution de l'oreillette par une fréquence de battements plus élevée<sup>13, 16</sup>.

La fonction systolique, déterminant le plus important de la capacité à l'exercice chez les FAC<sup>16</sup>, est irrégulière<sup>8, 10</sup>. Elle augmente très rapidement en début d'exercice dans une proportion équivalente à 45% de l'augmentation de la fréquence cardiaque, puis continue d'augmenter par la suite de façon moins prononcée.

Les patients en FAC présentent le désavantage d'avoir une augmentation plus importante de la consommation d'oxygène lors de faibles niveaux d'exercice<sup>8</sup>. Par contre, le  $VO_2\text{max}$  des patients en FAC n'est que légèrement inférieur à celui des patients en RS<sup>10, 15</sup>. La capacité à l'effort chez les FAC serait donc diminuée du fait qu'ils présentent d'autres anomalies cardiaques (ex : insuffisance cardiaque) plus que par le trouble de rythme lui-même<sup>9-12, 14, 16</sup>. Dans une étude effectuée par Ueshima et al, le  $VO_2\text{max}$  moyen des patients FAC et insuffisance cardiaque était de 6 METS, alors que ceux qui n'étaient atteints que de FAC avaient un  $VO_2\text{max}$  moyen de 8 METS<sup>12</sup>. D'autre part, l'étude d'Ostermaier révèle que la diminution de la performance cardio-vasculaire ( $\approx 7\%$ ) serait reliée à une perte de synchronisme des oreillettes plutôt qu'à d'autres problèmes cardiaques chez ces mêmes patients<sup>13</sup>. Nous pouvons voir à la Figure 1 les différences observées par l'équipe de Pardaens lors d'un test d'effort chez les patients en FAC par rapport à leurs pairs en rythme sinusal.



**Figure 1.** Les différentes réponses des patients FAC et de leurs pairs en rythme sinusal lors d'un effort maximal<sup>14</sup>.

La durée totale d'une séance d'exercices cardio-vasculaires ne se trouve pas affectée par l'augmentation de la fréquence cardiaque<sup>7</sup>. Les patients en FAC sont donc aptes à effectuer un exercice de même intensité et de même durée que leurs homologues en RS en dépit de la différence observée en terme de FC<sup>7</sup>. On a observé également que le débit cardiaque et la différence artérioveineuse (qui indique la consommation d'oxygène au niveau musculaire) étaient similaires chez les FAC et les RS lors de l'exercice<sup>7</sup>. Lorsqu'on évalue les patients en FAC, la reproductibilité des tests d'effort est acceptable parmi ceux qui ont une bonne capacité d'effort. Elle est pauvre chez les patients digitalisés<sup>9</sup>.

Comparés aux patients en RS, les patients en FAC semblent avoir un niveau d'entraînement plus bas. Même s'ils font les mêmes exercices, ils démontrent encore cette

différence après une certaine période d'entraînement. Par contre, on note quand même une augmentation de la capacité à l'effort chez ces patients à la suite d'un entraînement<sup>18</sup>.

On constate donc, de façon générale, que les patients en FAC qui n'ont pas d'autres problèmes cardiaques (ex : insuffisance cardiaque), ont une capacité à l'entraînement qui se rapproche de leurs pairs en rythme sinusal.

## **2. Insuffisance cardiaque et activité physique**

L'insuffisance cardiaque se définit comme un état aigu ou chronique caractérisé par un débit cardiaque inférieur à celui de la commande périphérique. L'équilibre entre les besoins périphériques et les apports étant rompu à cause de l'incapacité du cœur à assurer adéquatement sa fonction<sup>1</sup>.

L'intolérance à l'effort chez les patients cardiaques n'est pas seulement la conséquence d'un faible débit cardiaque, mais aussi d'une altération du métabolisme oxydatif des muscles squelettiques<sup>25, 29</sup>. Le nombre de fibres de type I dans le muscle est inférieur et celui de type II supérieur à la normale<sup>29</sup>. Il y a également moins de mitochondries et de capillaires dans le muscle, ce qui suggère un métabolisme anaérobie accru au niveau du muscle<sup>29</sup>. L'utilisation de la phosphocréatine (substrat utilisé lors du métabolisme anaérobie) et la production de lactate sont accrues et le seuil anaérobie lactique est inférieur à la normale<sup>29</sup>. Les muscles sont plus petits et moins durants, même chez les patients ayant une légère insuffisance cardiaque<sup>29</sup>. L'intolérance à l'effort, chez les insuffisants cardiaques, peut aussi s'expliquer par une réduction du flot sanguin au niveau musculaire reliée à une augmentation de la résistance périphérique<sup>29</sup>. Les changements observés chez ces patients sont semblables à ceux observés chez des sujets sains en période de désentraînement<sup>29</sup>. Par contre, le simple fait de ne pas faire d'exercice n'explique pas tous les changements observés chez les insuffisants cardiaques<sup>29</sup>.

De nombreux effets positifs sont reliés à l'entraînement chez les patients souffrant d'insuffisance cardiaque. Un entraînement à une intensité minimale de 60% de la fréquence cardiaque maximale, 20 minutes par jour et 3 fois par semaine est nécessaire pour avoir des effets positifs<sup>1,23,32</sup>. Un insuffisant cardiaque est capable de faire de l'exercice pendant une plus longue durée à la suite d'un entraînement régulier<sup>22, 23</sup>. Il perçoit un même effort comme étant moins difficile qu'avant sur l'échelle de perception de l'effort<sup>1, 23, 24, 31, 32, 84</sup>.

La capacité à l'exercice (en METs) est améliorée après un entraînement<sup>20, 25, 32</sup>. Ainsi, la consommation maximale d'oxygène est augmentée de  $\pm 20\%$ <sup>1,21-26,30-32</sup>. Il n'y a aucun changement en ce qui a trait au seuil anaérobie lactique et au quotient respiratoire<sup>21, 22, 32</sup>. Par contre, l'atteinte du seuil anaérobie lactique est retardée et survient à une charge de travail plus importante<sup>22, 25, 32</sup>. Ceci explique en partie que le patient a une meilleure capacité à l'effort à la suite d'un entraînement.

Comme Belardinelli et al. le résumant dans le Tableau I<sup>26</sup>, l'entraînement ne génère que peu ou pas de changements hémodynamiques<sup>23, 26, 29</sup>. On ne note aucun changement significatif de la fréquence cardiaque maximale, de la fraction d'éjection, des volumes télédiastoliques et télésystoliques et de la pression sanguine<sup>21-24</sup>. Le débit cardiaque maximal tend à augmenter, mais pas de façon significative<sup>21, 24, 25, 32</sup>. Le double produit (FC x TAS), la FC de repos et la FC à l'effort sous-maximal sont diminués<sup>21, 23, 24, 32</sup>. Le pourcentage de diminution de la fréquence cardiaque sous-maximale chez les insuffisants cardiaques est le prédicteur le plus important d'une amélioration de la performance à l'entraînement ( $r=0,82$ )<sup>23</sup>.

**Tableau 1.** Changements hémodynamiques et métaboliques après 8 semaines d'entraînement chez des insuffisants cardiaques<sup>26</sup>.

	Groupe entraîné (n=18)		Groupe témoin (n=9)	
	Avant	Après	Avant	Après
VO <sub>2</sub> max (ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	16,1±2	18,9±2*†	15,6±1	15,5±0,9
Seuil anaérobie (ml.min <sup>-1</sup> )	682±122	821±91*‡	633±120	621±125
V <sub>E</sub> (L.min <sup>-1</sup> )	67±23	83±19*§	58±8	57±8
VCO <sub>2</sub> (ml.min <sup>-1</sup> )	1453±202	1773±178*†	1520±138	1505±141
Charge de travail maximale (W)	98±12	119±18*†	96±19	94±16
FC de repos (bpm)	89±6	75±8*†	90±5	92±5
FC maximale (bpm)	136±25	144±12†	130±8	131±9
TAS maximale (mmHg)	150±21	158±13	150±13	147±12
TAD maximale (mmHg)	87±5	77±6*	81±10	77±7
Double- produit (bpm.mmHg <sup>-1</sup> )	20 820±2 251	21 752±2 556	19 637±2 727	19 308±2 684
FES (%)	31±4	33±4	29±5	30±5

\*p<0,001, †p<0,002, §p<0,03 versus avant entraînement, †p<0,005 versus groupe témoin. Les données sont présentées sous forme de moyenne ± SD. TAS (TAD)= tension artérielle systolique(diastolique); FC= fréquence cardiaque; FES= fraction d'éjection systolique; VCO<sub>2</sub>=consommation de dioxyde de carbone; VO<sub>2</sub>= consommation d'oxygène; V<sub>E</sub>= ventilation

Avec l'entraînement, il y a une augmentation du nombre de mitochondries et de capillaires dans le muscle squelettique ainsi qu'une diminution de la résistance au flot sanguin<sup>23-25, 29, 31, 32</sup>. En plus de l'amélioration de la capacité oxydative du muscle, on note également une augmentation de la différence artério-veineuse liée à l'entraînement, due à une augmentation de la captation de l'oxygène par le muscle squelettique<sup>20, 21, 26</sup>. Chez les insuffisants cardiaques, l'adaptation périphérique joue un rôle primordial dans

l'amélioration de la tolérance à l'effort<sup>21</sup>. Un résumé de ces changements est présenté au Tableau II.

**Tableau 2.** Changements au niveau musculaire après 8 semaines d'entraînement chez des insuffisants cardiaques<sup>26</sup>

	Groupe entraîné (n=18)		Groupe témoin (n=9)	
	Avant	Après	Avant	Après
Grosueur de fibre ( $\mu\text{m}$ )				
Type I	58 $\pm$ 8	72 $\pm$ 8*†	64 $\pm$ 10	65 $\pm$ 7
Type II	71 $\pm$ 8	83 $\pm$ 9*‡	68 $\pm$ 8	69 $\pm$ 7
Type de fibre (%)				
Type I	18 $\pm$ 7	20 $\pm$ 8	20 $\pm$ 8	22 $\pm$ 9
Type II	82 $\pm$ 7	80 $\pm$ 8	80 $\pm$ 9	78 $\pm$ 7
Densité capillaire (cap/mm <sup>2</sup> )	366 $\pm$ 72	385 $\pm$ 87	382 $\pm$ 88	390 $\pm$ 75
Ratio capillaire/fibre	1,7 $\pm$ 0,9	1,55 $\pm$ 0,9	1,8 $\pm$ 1,0	1,7 $\pm$ 0,9
V <sub>vm</sub> (vol %)	4,8 $\pm$ 0,8	5,9 $\pm$ 0,8*‡	4,3 $\pm$ 1,2	4,5 $\pm$ 0,9

\* $p < 0,0001$  versus avant l'entraînement, † $p < 0,04$ , ‡ $p < 0,0001$  versus groupe témoin. Les données sont présentées sous forme de moyenne  $\pm$  SD. cap=capillaires ; V<sub>vm</sub>= volume de densité de mitochondries.

Des effets similaires de l'entraînement ont été observés autant chez les hommes que chez les femmes<sup>30</sup>. Enfin par ses bienfaits, l'entraînement est aussi associé à une diminution de la mortalité et des réadmissions à l'hôpital chez les insuffisants cardiaques<sup>31,32</sup>.

On peut donc conclure que les insuffisants cardiaques ont une capacité physique plus faible que la normale, mais que l'entraînement leur apporte des bénéfices importants pour l'amélioration de leur qualité de vie.

### 3. Test d'effort en cardiologie

Pour évaluer la capacité fonctionnelle d'un patient cardiaque, on se sert des classes élaborées par la New York Heart Association (NYHA) ou du  $VO_2$ max qui, en cardiologie, est la valeur du  $VO_2$  la plus élevée obtenue lors des 30 dernières secondes d'un test d'effort maximal<sup>27</sup>. Le  $VO_2$  est couramment exprimé en METs. Un MET équivaut à la dépense métabolique de repos estimée à une consommation d'oxygène de 3,5 ml/kg/min<sup>4</sup>. Le  $VO_2$ max moyen d'un homme en santé dans la cinquantaine est de 10 METs<sup>95</sup>. Parmi les autres données mesurées lors d'un test d'effort, on retrouve : la fréquence cardiaque, la tension artérielle, l'électrocardiogramme, la ventilation, la perception de l'effort, le quotient d'échange respiratoire et le seuil anaérobie, qui correspond au point où la perfusion musculaire n'est pas suffisante pour répondre à la demande métabolique qui augmente<sup>93, 95</sup>. Comme le  $VO_2$ max est mathématiquement lié à la fréquence cardiaque (FC), au volume d'éjection systolique (VES) et à la différence artério-veineuse (A-V<sub>d</sub>), on peut voir la contribution relative de chacun de ces facteurs lors d'une épreuve d'effort.

$$VO_2\text{max} = FC \times VES \times A-V_d^{95}$$

Un test est considéré comme maximal lorsque le patient atteint l'épuisement ou lorsque d'autres points d'arrêts cliniques sont atteints<sup>95</sup>. Lorsque le patient est rendu à son maximum, sa consommation d'oxygène atteint un plateau en dépit d'une augmentation de la charge d'exercice<sup>27</sup>.

Il n'y a pas de consensus sur le test à l'effort qui convient le mieux aux patients cardiaques<sup>27</sup>. Par contre, le protocole idéal serait celui qui durerait de 6 à 12 minutes avec une augmentation graduelle de l'effort à chaque minute<sup>27, 88, 95</sup>. Pour les personnes ayant une capacité fonctionnelle très réduite (<7 METs), on suggère une augmentation de 1 MET par palier tandis que pour les personnes ayant une capacité fonctionnelle  $\geq 7$  METs, on suggère une augmentation de 2 METs ou plus par palier<sup>88, 95</sup>.

Le test d'effort sur tapis roulant correspond bien au stress physiologique quotidien de la marche. Aussi, il est plus probable d'atteindre des valeurs maximales de  $VO_2$  et de FC lors

de ce type d'épreuve<sup>88</sup>. Le test d'effort avec mesure du  $VO_2\text{max}$  est considéré comme un index standard de la capacité aérobie des patients de même que de leur fonction cardio-respiratoire<sup>88</sup>. Le test d'effort sur ergocycle peut être préférable si des problèmes orthopédiques ou d'autres caractéristiques spécifiques limitent le test sur tapis roulant<sup>88</sup>.

D'autres tests sont utilisés afin d'obtenir des informations additionnelles sur le patient : échocardiographie de stress (pour voir le cœur durant l'effort et comparer les images avec celles du cœur au repos), test d'effort avec injection d'un produit radioactif (pour vérifier si les artères coronaires sont bien perfusées à l'exercice), test pharmacologique (la médication administrée fait augmenter la fréquence cardiaque comme si le patient faisait un effort)<sup>88</sup>. Ce dernier test est utilisé chez les patients qui ont des contre-indications au test d'effort traditionnel<sup>88</sup>. Un test d'effort doit permettre d'établir un plan thérapeutique optimal (diagnostic, pronostic de survie, médication, intervention chirurgicale...) tout en permettant de déterminer la capacité fonctionnelle du patient<sup>88, 93, 95</sup>.

Le test d'effort maximal est le test le plus fiable pour juger de la sévérité d'une maladie cardiaque et suivre son évolution<sup>27, 32</sup>. Par contre, si le patient n'atteint pas 85% de la fréquence cardiaque prédite, la valeur du diagnostic est mise en cause puisqu'il n'a pas atteint un niveau satisfaisant par rapport à la sensibilité (probabilité qu'un test détecte une maladie chez un patient malade) du test d'effort<sup>88</sup>.

On a constaté qu'après 1 an de suivi, les patients ayant un  $VO_2\text{max}$  inférieur à  $10 \text{ ml kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$  (<3 METs), avaient un taux de mortalité de 77% alors que celui-ci baissait à 21% pour les patients qui avaient un résultat supérieur<sup>28, 94</sup>. Le test d'effort a également permis d'établir un seuil de  $14 \text{ ml kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$  (4 METs) en dessous duquel il est recommandé au patient de subir une transplantation cardiaque<sup>28</sup>. Le Tableau III nous donne une évaluation du pronostic de survie par rapport à la capacité physique du patient en insuffisance cardiaque.

**Tableau 3.** Pronostic de survie par rapport au nombre de METs chez les sujets cardiaques<sup>1,95</sup> :

13 METs	excellent pronostic de survie
10 METs	bon pronostic de survie avec médication
≤ 5 METs	mauvais pronostic, taux de mortalité élevé

La quasi-totalité des informations dont nous disposons a été obtenue lors de tests réalisés en laboratoire avec des protocoles d'effort comme celui de Bruce<sup>7</sup>, lequel est sans doute le plus utilisé. Le recours à des épreuves de terrain connaît un essor non négligeable. A cet égard le test de marche de 6 minutes<sup>41</sup> et plus récemment, le test navette progressif<sup>73</sup> ont fait l'objet de plusieurs études.

### 3.1 Test de marche de six minutes

Comme il reproduit bien l'activité quotidienne des patients, le test de marche de 6 minutes se veut une épreuve simple pour mesurer la capacité fonctionnelle<sup>27</sup>. Le test de marche de six minutes (TM6M) est un test d'effort maximal qui est utilisé couramment auprès des patients ayant une maladie pulmonaire obstructive chronique (MPOC) et également chez les insuffisants cardiaques (IC). Ce test consiste à marcher la plus grande distance possible pendant 6 minutes. Il est habituellement administré dans un corridor d'environ 30 mètres et des encouragements standards sont prodigués aux 30 secondes<sup>41, 42, 65, 80, 88</sup>. Plusieurs études<sup>41, 49, 55, 57, 67, 80, 91</sup> révèlent que 2 essais de familiarisation devraient précéder l'administration du test sur la base duquel les résultats sont calculés. Entre le premier et le deuxième essai, on serait témoin d'une différence moyenne de 4%, alors qu'elle serait de 2% entre le deuxième et le test définitif<sup>59</sup>. La sensibilité et la spécificité du TM6M par rapport à un test d'effort maximal sur tapis roulant seraient de 71% et 60% respectivement<sup>28</sup>.

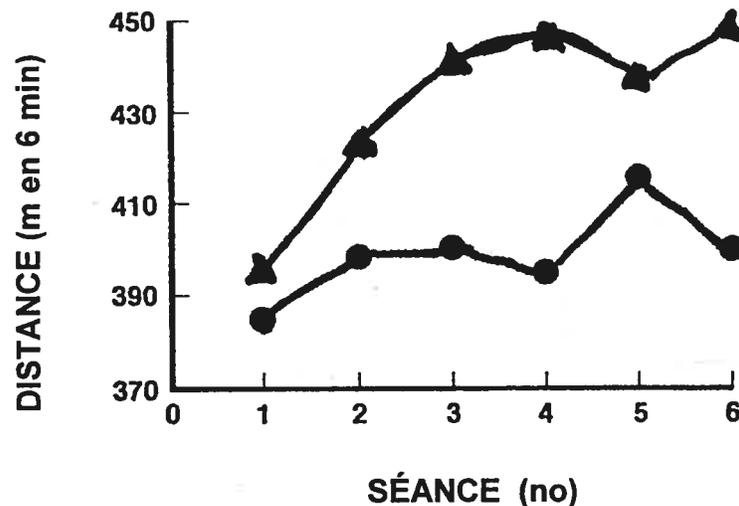
La distance moyenne marchée chez les insuffisants cardiaque est de 374m<sup>55, 61</sup>. Chez les adultes en bonne santé, la distance moyenne est de 576m pour les hommes et de 494m pour

les femmes<sup>55, 57, 63, 64</sup>. Cette distance tend à diminuer avec l'âge<sup>63, 68</sup> et est inférieure d'environ 84m chez les femmes par rapport aux hommes<sup>45, 57, 59, 63, 66, 67, 91</sup>. Établie à partir d'une population d'adultes américains sains composée de 117 hommes et 173 femmes âgés de 40 à 80 ans, la distance moyenne attendue peut être estimée à partir des formules suivantes<sup>55</sup> :

Homme : distance (m) = (7,57 x taille (cm)) – (5,02 x âge) – (1,76 x poids (kg)) – 309m

Femme : distance (m) = (2,11 x taille (cm)) – (5,78 x âge) – (2,29 x poids (kg)) + 667m

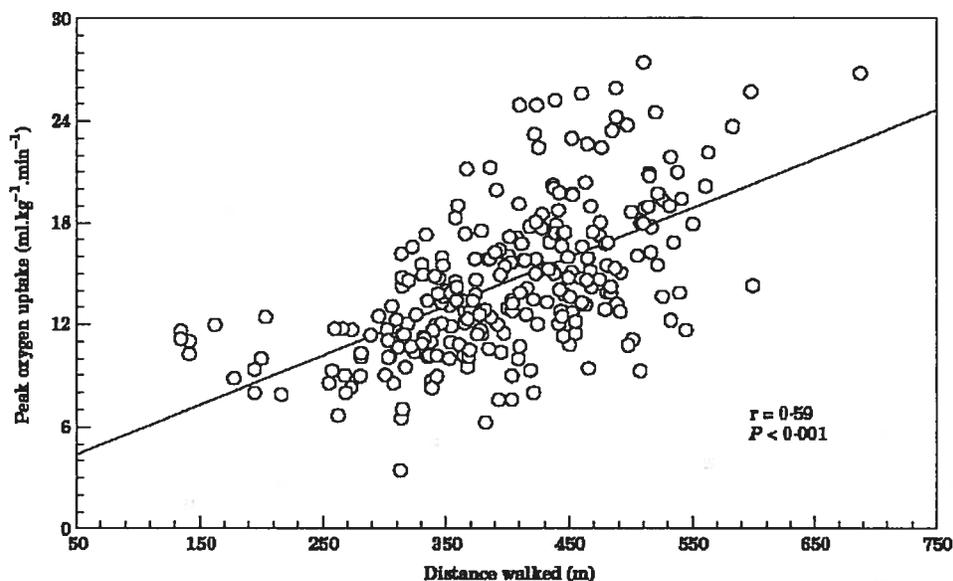
Plusieurs facteurs peuvent influencer la distance marchée : la familiarisation avec le test, l'utilisation d'encouragements (Figure 2), l'heure du test, la longueur du corridor, la durée entre le dernier repas et le test, la médication du patient, la fraction d'éjection du ventricule gauche, la cause de l'IC, la sévérité de l'IC, le statut hémodynamique, la taille<sup>91</sup>, le poids<sup>64</sup>, l'attitude, la motivation et l'humeur du patient<sup>27, 51, 58, 61, 65, 90</sup>. D'autres facteurs non-modifiables comme l'âge, le sexe, la nationalité et la race ont également un impact sur les résultats obtenus au TM6M<sup>58, 64, 65, 91</sup>.



**Figure 2.** Effets de la présence (▲) ou de l'absence (●) d'encouragements sur la distance marchée en 6 minutes de séance en séance<sup>41</sup>.

Ne mesurant pas exactement la même chose, la corrélation entre la distance parcourue en 6 minutes et le  $VO_2$ max mesuré sur tapis roulant va de faible à modérée ( $r=0,24$  à  $0,59$ )<sup>49, 61, 89, 90</sup> (Figure 3). Le test de marche de six minutes correspond davantage aux activités de la vie quotidienne<sup>42, 50, 54, 58, 89</sup> et serait un bon outil pour mesurer la capacité fonctionnelle d'un patient avec insuffisance cardiaque<sup>44, 49, 59, 71, 80</sup>. Il faut donc considérer le TM6M comme un outil complémentaire au test d'effort et non un outil de remplacement<sup>64</sup>. Le  $VO_2$ max mesuré lors du TM6M représenterait environ 79% à 86% de celui mesuré lors d'un test d'effort maximal sur tapis roulant chez les patients en insuffisance cardiaque<sup>49, 59, 67</sup>, ce qui démontre que le TM6M n'est pas un test maximal.

Il est à noter que d'autres études ont démontré que la corrélation était très bonne ( $r=0,86$  à  $0,90$ )<sup>44, 47, 49</sup> entre les 2 tests.



**Figure 3.** Relation entre le  $VO_2$ max et la distance marchée lors du test de marche de 6 minutes ( $r=0,59$ )<sup>61</sup>.

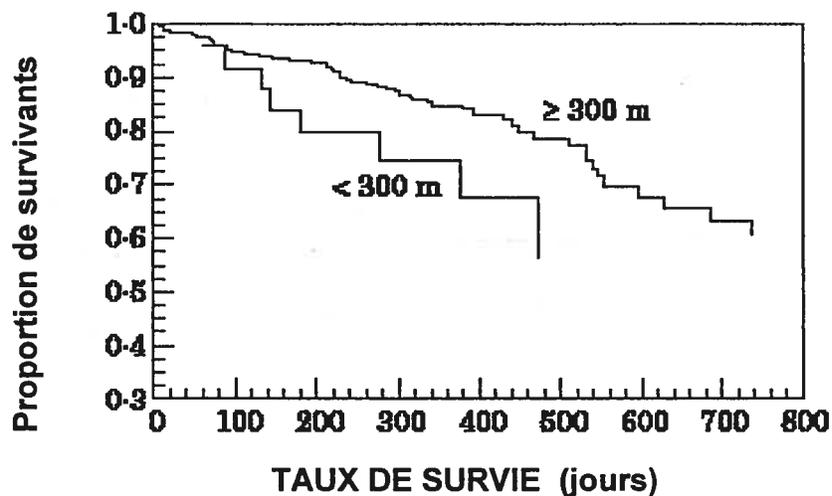
La moyenne du coût énergétique pour le TM6M à une vitesse maximale de 100m/min est légèrement inférieure à 4 METs. Ce test serait considéré comme maximal chez les patients ayant une capacité aérobie inférieure à 5 METs<sup>66, 70</sup>. Remarquons toutefois que Opasich et al.<sup>51</sup> avaient obtenu des valeurs de  $VO_2$  plus élevées à 100 m/min, soit autour de 5,7 METs. Lucas et al. rapportent aussi des valeurs plus élevées (Tableau IV)<sup>90</sup>.

**Tableau 4.** Relation entre la distance marchée lors du TM6M et le  $VO_2$ max obtenu lors d'un test d'effort maximal<sup>90</sup>.

$VO_2$ max (ml.kg <sup>-1</sup> min <sup>-1</sup> )	$VO_2$ max (METs)	Distance (m)	Vitesse moyenne (m.min <sup>-1</sup> )	Niveau
≤ 10	<2,9	300 ± 91	50±15,2	faible
10-15	2,9-4,3	393 ± 87	65,5±14,5	modéré
15-20	4,3-5,7	428 ± 78	73,2±13	modéré
≥ 20	>5,7	490 ± 103	81,6±17,2	élevé

Comme outil de pronostic de survie, la distance marchée était inversement reliée à la morbidité et à la mortalité chez les patients souffrant d'insuffisance cardiaque<sup>45, 50, 55, 58, 61, 62, 70</sup>. Les patients qui marchaient moins de 300 mètres (Figure 4) avaient 3,7 fois plus de risque de mourir durant l'année que ceux qui parcouraient une distance supérieure<sup>45, 48, 51, 54, 63, 70, 80, 89</sup>.

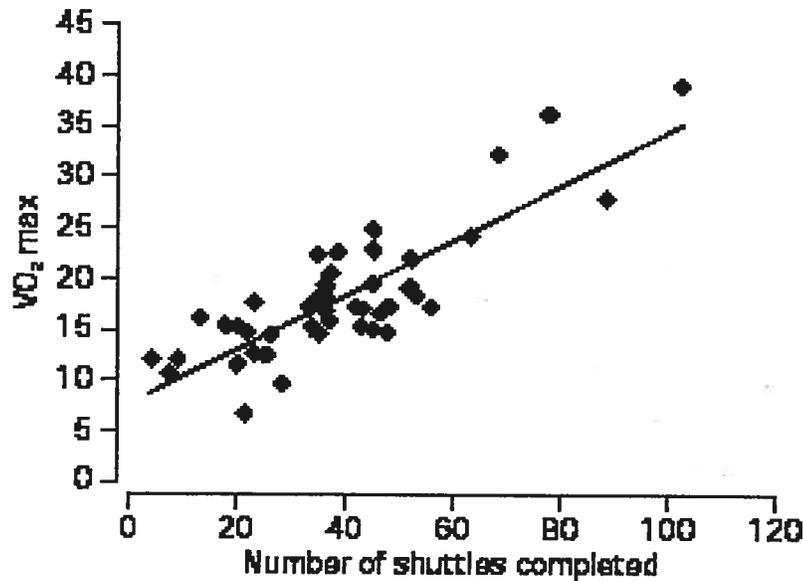
Le test de marche de 6 minutes est donc un outil de mesure qui peut servir à déterminer la capacité fonctionnelle d'un patient et non le maximum de sa capacité physiologique.



**Figure 4.** Taux de survie chez les patients cardiaques selon que la distance parcourue lors du test de marche de 6 minutes était supérieure ou inférieure à 300m<sup>61</sup>.

### 3.2 Test navette progressif

Le test navette progressif (TNP) est inspiré du test Léger-Lambert qui a été développé en 1982<sup>72</sup>. Le TNP consiste à faire des allers-retours sur une distance de 10m en suivant un rythme prédéterminé enregistré sur une cassette<sup>73,78</sup>. La vitesse débute à 0,50m/s et augmente de 0,17m/s à chaque palier d'une minute<sup>73,78</sup>. Le patient fait donc 3 allers-retours au premier palier et un aller-retour de plus à chaque palier subséquent jusqu'à une possibilité de 12 paliers<sup>73,78</sup>. Un seul test de familiarisation est nécessaire<sup>73,77-79,82</sup> puisqu'une différence de seulement 2m a été observée entre les tests 2 et 3<sup>73</sup>. La sensibilité et la spécificité de ce test par rapport au test d'effort sur tapis roulant sont de 100% et 89% respectivement ( $r=0,97$ )<sup>78</sup>. Il existe une forte corrélation entre le  $VO_2\text{max}$  obtenu lors d'un test d'effort sur tapis roulant et la performance obtenue lors du TNP ( $r=0,74$  à  $0,88$ )<sup>66,74,78,79,83</sup> (Figure 5).



**Figure 5.** Relation entre le  $VO_2\text{max}$  et le nombre d'allers-retours complétés lors du test navette progressif ( $r=0,88$ )<sup>76</sup>.

On peut estimer la dépense énergétique lors du TNP à partir d'une des formules suivantes ou en consultant le Tableau V de Morales et al.<sup>79</sup> :

$$VO_2\text{max (ml kg}^{-1}\text{ min}^{-1}) = 4,19 + 0,025 \times \text{distance (m)} \quad (\text{Singh et al. et Revall et al.})^{74,77}$$

$$VO_2\text{max (ml kg}^{-1}\text{ min}^{-1}) = (0,27 \times \text{nb d'allers et retours}) + 7,77 \quad (\text{Keell et al.})^{76}$$

$$VO_2\text{max (ml kg}^{-1}\text{ min}^{-1}) = (0,023 \times \text{distance (m)}) + 5,9 \quad (\text{Morales et al.})^{78}$$

**Tableau 5.** Relation entre la performance du test navette progressif et le  $VO_2\text{max}$  obtenu lors d'un test d'effort maximal<sup>79</sup>.

	Distance (m)	$VO_2\text{max (ml.kg}^{-1}\text{ min}^{-1})$
Patient à haut risque	< 450	< 14
Patient à risque modéré	450-579	14-19
Patient à faible risque	≥ 580	≥ 19

La distance moyenne complétée chez les insuffisants cardiaques est de 380m<sup>76</sup> alors qu'elle est de 362m chez les patients MPOC<sup>82</sup>. Une distance inférieure à 450m correspond à un  $VO_2\text{max}$  inférieur à 14 ml  $\text{kg}^{-1}\text{ min}^{-1}$ <sup>78, 79, 92</sup> et à un mauvais pronostic de survie sur 12 mois.

Le TNP ne remplace pas le test d'effort sur tapis roulant, mais peut être un intéressant complément pour l'évaluation d'un patient<sup>74</sup>. Il s'avère un moyen valable de vérifier la capacité fonctionnelle des patients MPOC ou insuffisants cardiaques<sup>74, 78, 79, 83</sup>.

La corrélation entre les résultats obtenus lors du TM6M et ceux du TNP est modérée ( $r=0,68$ )<sup>73</sup>. La fréquence cardiaque maximale du TNP est de 9 bpm supérieure à celle obtenue au test de marche de 6 minutes<sup>73</sup>. La différence majeure entre les 2 tests réside dans le fait que pour le TM6M, le patient décide lui-même de son rythme au lieu de s'en voir imposer un, comme c'est le cas dans le TNP<sup>73, 75</sup>.

### **Conclusion**

S'ils ne présentent pas d'autres anomalies cardiaques, les patients atteints de FAC ont une capacité physique qui diffère peu de celle en RS. Qui plus est, à la suite d'un programme d'entraînement, les patients des deux groupes démontrent des degrés d'amélioration similaires. Quant aux patients atteints d'insuffisance cardiaque, ils ont une tolérance réduite à l'effort. Celle-ci peut-être accrue par un entraînement qui a surtout pour effet d'augmenter la capacité oxydative du muscle.

Les tests d'effort utilisés en cardiologie sont principalement des tests d'effort sur tapis roulant. Des tests de terrain sont également utilisés, comme le test de marche de 6 minutes ou le test navette progressif, mais moins couramment puisqu'ils mesurent la capacité fonctionnelle du patient plutôt que sa capacité maximale. Le test de marche de 6 minutes est actuellement utilisé auprès des patients avec MPOC ou IC, mais pas auprès des patients en FAC. Le test navette progressif est utilisé moins couramment que le test de marche de 6 minutes, puisqu'il y a peu de données sur sa validité. Éventuellement, il serait donc intéressant de vérifier la validité du test navette progressif et d'en arriver à un consensus sur la validité du test de marche de 6 minutes. Il serait également intéressant d'observer les réponses à ces tests auprès d'autres populations comme les patients en FAC. C'est pourquoi le projet de recherche dont il est question dans ce mémoire porte sur ces deux sujets: la validité du test navette progressif et du test de marche de six minutes et les tests d'effort chez les patients en fibrillation auriculaire.

**Partie II**  
**Étude expérimentale**

**Validité du test de marche de 6 minutes et du test navette progressif auprès de personnes qui souffrent de fibrillation auriculaire chronique et/ou d'insuffisance cardiaque sévère**

**Partie II Étude expérimentale - Validité du test de marche de 6 minutes et du test navette progressif auprès de personnes qui souffrent de fibrillation auriculaire chronique et/ou d'insuffisance cardiaque sévère**

**Introduction :**

Le test de marche de 6 minutes<sup>41,42</sup> est couramment utilisé comme outil de pronostic de survie auprès des insuffisants cardiaques (IC)<sup>43-54, 59-62, 68, 70</sup> et auprès des personnes souffrant de maladie pulmonaire obstructive chronique (MPOC)<sup>41, 42, 56, 64, 69, 71</sup>. Toutefois, sa validité ne fait pas l'unanimité lorsqu'il est administré à des patients qui souffrent d'insuffisance cardiaque, plus particulièrement ceux de classe III et IV<sup>43, 58, 60, 61</sup>. Selon certains, il s'agit d'un outil de pronostic de survie des IC et MPOC peu ou pas valide<sup>46, 53, 54, 58, 60, 61, 79</sup>. Par ailleurs, plusieurs auteurs lui attribuent un degré de validité allant de moyen à très élevé<sup>42-45, 48-52, 59, 80</sup>. Sa validité n'a cependant jamais été vérifiée auprès de personnes qui présentent le type d'arythmie le plus fréquent, à savoir la fibrillation auriculaire (FA).

Depuis 1992, un nouveau test, le test navette progressif<sup>73</sup>, a été proposé pour évaluer les patients avec MPOC<sup>73, 74, 77</sup> et a aussi servi à évaluer les patients avec IC depuis 1998<sup>76, 78</sup>. Il s'agit d'une variante du test navette Léger-Lambert<sup>72</sup>, adaptée pour les patients cardiaques, avec une vitesse initiale réduite (1,8 km/h vs 8,0 km/h). Pour prédire le VO<sub>2</sub>max de sujets sains, ce genre de test est en général plus valide et fidèle qu'un test de marche de 6 minutes<sup>72</sup>. Cela serait dû au fait que le rythme de marche est imposé au patient plutôt que laissé à sa discrétion. Celui-ci ne peut pas marcher plus lentement s'il se sent fatigué. Lors du test de marche de 6 minutes, les sujets doivent répartir leur effort du mieux qu'ils peuvent sur la durée de l'épreuve. Ce problème pourrait être encore plus important chez des patients souffrant d'insuffisance cardiaque et peu habitués aux efforts physiques soutenus. Selon Morales et al.<sup>79</sup>, le test-navette serait plus valide que le test de marche de 6 minutes pour estimer le VO<sub>2</sub>max des IC. D'autre part, la validation ou la comparaison de ces épreuves n'a jamais été faite auprès de personnes présentant de la fibrillation auriculaire.

Nous cherchons donc à vérifier la validité du test de marche de 6 minutes ainsi que celle du test navette progressif pour estimer le  $VO_2$ max de personnes présentant des problèmes de fibrillation auriculaire chronique (FAC), d'insuffisance cardiaque sévère (classe II, III et IV de la NYHA et qui ont une fraction d'éjection systolique du ventricule gauche inférieure ou égale à 40%) ou qui présentent ces deux problèmes (FAC + IC). Nous voulons également comparer les résultats de ces trois groupes avec ceux de patients cardiaques qui ne souffrent pas de FAC ou d'IC.

### **Méthodologie :**

#### Sujets

Initialement, 41 patients de l'Institut de Cardiologie de Montréal ont été recrutés. Un des patients s'est désisté avant de débiter le projet: 40 patients ont donc débuté l'étude : 10 insuffisants cardiaques de classe II, III ou IV selon la NYHA; 10 patients en fibrillation auriculaire chronique depuis au moins 6 mois; 10 patients FAC et IC et 10 témoins n'ayant aucun de ces deux problèmes (patients ayant eu un infarctus, hypertendus, etc.). Tous les patients de l'étude prenaient comme médication des  $\beta$ -bloqueurs et des inhibiteurs de l'enzyme de conversion de l'angiotensine depuis au moins 1 mois. Au cours de l'étude, un patient a dû être retiré du projet s'étant fait implanter un stimulateur cardiaque dans les jours suivant la première rencontre. Un autre patient a été retiré du projet après la première rencontre puisqu'il ne rencontrait pas les critères de sélection. Au total, 38 patients ont complété tous les tests du protocole de recherche. Les critères d'inclusion étaient d'être âgé entre 50 et 70 ans, avoir une médication stable depuis au moins 1 mois ( $\beta$ -bloqueur, IECA) et, pour les insuffisants cardiaques, avoir une fraction d'éjection inférieure ou égale à 40%. Les critères d'exclusion étaient l'occurrence récente d'un infarctus du myocarde (<3 mois), d'angine instable (<1 mois), avoir un stimulateur cardiaque, la présence d'arythmie ventriculaire soutenue, d'une maladie pulmonaire sévère ou encore d'une inaptitude à l'exercice autre que dyspnée ou fatigue. À part de petites différences entre les sous-groupes, les sujets, essentiellement des hommes, étaient âgés de  $62 \pm 5$  ans, avaient un indice de masse corporelle de  $29,6 \pm 5,1$   $kg\ m^{-2}$  et un  $VO_2$ max de  $19 \pm 6$   $ml\ kg^{-1}\ min^{-1}$  ou de  $5,4 \pm 1,7$  METs (Tableau 1).

**Tableau 1.** Caractéristiques des sujets étudiés ( $n=40$ , moyenne $\pm$ écart type)

Variable*	IC	FAC	FAC/IC	Témoins
Âge (an)	60 $\pm$ 5	61 $\pm$ 6	63 $\pm$ 7	64 $\pm$ 4
Sexe (n, M/F)	9/1	8/2	9/1	6/4
Poids (kg)	91,0 $\pm$ 24,1	83,1 $\pm$ 16,8	86,1 $\pm$ 13,9	76,4 $\pm$ 16,3
Taille (cm)	169 $\pm$ 8	169 $\pm$ 8	170 $\pm$ 9	164 $\pm$ 12
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	28,8 $\pm$ 4,7	31,5 $\pm$ 7,1	29,6 $\pm$ 3,2	28,3 $\pm$ 4,5
FEVG (%)	29 $\pm$ 5	59 $\pm$ 8	33 $\pm$ 8	65 $\pm$ 7
Classe NYHA	2,2 $\pm$ 0,4	1,8 $\pm$ 0,4	2,0 $\pm$ 0,8	1,3 $\pm$ 0,5
VO <sub>2</sub> max (METs) ( $n=38$ )	5,8 $\pm$ 1,5	4,6 $\pm$ 1,7	4,8 $\pm$ 0,9	6,4 $\pm$ 2,2

\*IC : insuffisants cardiaques; FAC : fibrillation auriculaire chronique; M : masculin; F : féminin; IMC : indice de masse corporelle; FEVG : fraction d'éjection du ventricule gauche; NYHA : classe fonctionnelle de la New York Heart Association.

### Protocole

Le projet de recherche a été approuvé par le comité d'éthique et le comité interne de l'Institut de Cardiologie de Montréal. Les patients étudiés ont tous signé un formulaire de consentement éclairé avant le début du projet de recherche.

Lors de leur première visite, les sujets ont subi un examen clinique avec prise du poids, de la taille, de la tension artérielle et du pouls de repos, une auscultation de base ainsi que la détermination de leur classe fonctionnelle selon la NYHA. Ils ont également rempli des questionnaires sur leur qualité de vie (le questionnaire SF-36<sup>85</sup>, le Minnesota living with heart failure questionnaire<sup>87</sup> (pour les IC), et le Symptom checklist-frequency and severity scale<sup>86</sup> (pour les FAC)).

Les patients ont ensuite passé trois tests de marche de 6 minutes, deux tests navette progressifs et deux épreuves d'effort sur tapis roulant (Naughton modifié<sup>3</sup>) avec mesure

directe du  $VO_2$ max. Les premiers essais de chaque test ne servaient qu'à familiariser le patient avec la procédure à suivre. Par contre, si un patient avait passé un de ces tests au cours de la dernière année, il n'avait pas à passer le premier test de familiarisation.

#### Test de marche de 6 minutes<sup>40, 41</sup>

Lors du test de marche de 6 minutes, le patient devait parcourir, en marchant, la plus grande distance possible pendant cette durée. Il allait à son rythme et était encouragé à chaque minute lors de son test (Tableau 2). Il faisait des allers-retours dans un corridor de 20m. Le patient pouvait arrêter s'il en ressentait le besoin et repartir s'il se sentait apte à continuer et que le temps n'était pas écoulé.

**Tableau 2.** Encouragements standardisés du test de marche de six minutes

Temps	Encouragements en français	Encouragements en anglais
1:00	Ça fait déjà 1 minute, tout va bien.	It's been 1 minute now, your doing well.
2:00	On ne lâche pas.	Keep up the good work.
3:00	On a la moitié de fait, continuez.	We're half way done, keep on going.
4:00	Ça va bien? Ne lâchez pas.	Your fine? Keep up the good work.
5:00	Il reste seulement 1 minute, vous faites bien cela.	There's 1 minute left, your doing well
6:00	C'est bien, on a terminé.	Very good, we're done now.

#### Test navette progressif<sup>73</sup>

Lors du test navette progressif, le patient avait le même but que lors du TM6M, soit de parcourir la plus grande distance possible. Pour ce faire, il faisait des allers-retours sur une distance de 10 m à rythme imposé. Les paliers duraient 1 minute et le palier initial comptait 3 navettes pour un total de 30 m, ce qui correspond à une vitesse initiale de  $0.5 \text{ m s}^{-1}$  (1.8

km h<sup>-1</sup>). Une navette était ajoutée à chaque palier de 1 minute, ce qui correspondait à une augmentation de 0.17 m s<sup>-1</sup> (0.612 km h<sup>-1</sup>) par palier. Le test se terminait lorsque le patient ne pouvait plus suivre la cadence ou lorsqu'il se sentait incapable de continuer.

#### Test d'effort sur tapis roulant (Naughton modifié)<sup>3</sup>

Lors de ce test à l'effort sur tapis roulant, le patient doit marcher jusqu'à ce qu'il juge ne pouvoir continuer. L'intensité augmente en paliers de 2 minutes et dépend à la fois de l'augmentation de la vitesse et surtout de la pente. Le palier initial est à 0% de pente et à 1mph (0.45m s<sup>-1</sup>); au palier 2, la pente et la vitesse sont augmentées à 3.5% et à 2mph (0.89m s<sup>-1</sup>); par la suite, et jusqu'au palier 6, seule la pente augmente de 3.5% par palier jusqu'à 17.5%; puis au palier 7 la vitesse augmente à 3mph (1.34m s<sup>-1</sup>) alors que la pente est ramenée à 12.5% pour ensuite augmenter de 3.5% par palier alors que la vitesse n'augmente plus (Annexes, Tableau 2)

#### Variables mesurées et méthodes de mesure

Pour les tests de terrain (TM6M et TNP), la tension artérielle et la fréquence cardiaque (palpation) étaient mesurées avant et après chaque test. Un électrocardiogramme continu était aussi enregistré sur Holter. Puis, l'indice de perception de fatigue de Borg<sup>84</sup> sur une échelle de 6 à 20 (très très facile à très très difficile) ainsi que la distance maximale parcourue et la vitesse moyenne (TM6M) ou maximale (TNP) étaient enregistrés en fin de test. Sur tapis roulant, ces mêmes mesures ont été enregistrées à chaque palier mais la fréquence cardiaque était mesurée en continu par ECG, de même que le VO<sub>2</sub> par circuit ouvert (Jaeger, Oxycon Pro, 2002) étalonné avant chaque test par des gaz de concentrations certifiées en O<sub>2</sub> et CO<sub>2</sub>.

### Chronologie des épreuves effectuées (Tableau 3)

Les tests de terrain se faisaient généralement aux mêmes heures et au moins 2 heures après un repas. Deux tests pouvaient être faits le même jour avec un temps de repos variant entre 30 minutes et une heure entre les 2 tests. Par contre, pas plus de 2 tests n'étaient faits le même jour et les tests étaient séparés par 2 jours de repos. L'intervalle entre les visites 1 et 4 était de 20 jours ouvrables au maximum, pour réduire les possibilités de voir la condition du patient se modifier.

**Tableau 3.** Composantes des séances d'évaluation

Tests	Séance 1	Séance 2	Séance 3	Séance 4
Questionnaires sur la qualité de vie et examen clinique avec médecin	X			
TNP familiarisation (distance, FC, TA, Borg)	X			
TNP (distance, FC, TA, Borg)		X		
TM6M familiarisation (distance, FC, TA, Borg)	X	X		
TM6M (distance, FC, TA, Borg)			X	
VO <sub>2</sub> max familiarisation (FC, TA, VO <sub>2</sub> , RER, Borg)			X	
VO <sub>2</sub> max (FC, TA, VO <sub>2</sub> , RER, Borg)				X

TNP : test navette progressif; TM6M : test de marche de 6 minutes; FC : fréquence cardiaque; TA : tension artérielle; VO<sub>2</sub>max : test d'effort de Naughton sur tapis roulant avec mesure de la consommation d'oxygène

L'ordre dans lequel les patients ont fait les TM6M et TNP était randomisé. 5 patients de chacune des 4 catégories débutaient avec le TM6M suivi du TNP et les 5 autres débutaient avec le TNP suivi du TM6M.

### Analyses statistiques

Les résultats des analyses statistiques sont considérés significatifs à  $p \leq 0,05$ . Les résultats sont exprimés en moyenne  $\pm$  écart-type. La validité du test de marche de six minutes et du test navette progressif a été établie en corrélant la vitesse moyenne au TM6M ou la vitesse maximale au TNP respectivement, au  $VO_2$ max étalon mesuré lors du test sur tapis roulant. Nous avons tenté de vérifier la validité de ces deux tests après un seul essai puisque la plupart des projets qui utilisent ce test, ne l'utilisent rarement plus d'une fois. Nous avons également vérifié la validité après deux essais pour le test navette progressif et trois essais pour le test de marche de six minutes.

Pour établir l'intensité relative, la FC fut transformée en %FCmax, laquelle était la valeur la plus élevée des 7 tests. Une analyse de variance pour mesures semi-répétées (ANOVA) à deux voies (Groupes x Essais) fut utilisée pour établir les différences de vitesse moyenne au TM6M ou de vitesse maximale au TNP. D'autre part, une ANOVA à trois voies pour mesures semi-répétées (Groupes x Essais x Tests) fut utilisée pour comparer les valeurs de FC, %FCmax (la FC la plus élevée des 7 tests), l'indice de fatigue de Borg et la tension artérielle. Les tests a posteriori de (Fisher LSD) furent utilisés pour découvrir où se trouvaient les effets principaux. S'il n'y avait pas d'effet principal pour l'une des conditions expérimentales (Groupes, Essais et Tests), cette condition était retirée des représentations graphiques pour des raisons de simplification.

### **Résultats :**

Aucun événement cardiaque significatif n'est survenu lors des tests. Une seule patiente a ressenti de l'angine lors de son dernier test d'effort sur tapis roulant. En tout, 38 patients ont effectué les 2 tests progressifs sur tapis roulant, les 2 tests navettes progressifs ainsi que les 3 tests de marche de 6 minutes.

Effets principaux.

Les principales différences révélées par l'analyse de variance (Tableau 4) se résument à:

- 1) un effet d'apprentissage entre le 1<sup>er</sup> et 2<sup>e</sup> essai pour les tests TM6M et TNP.
- 2) des FCmax systématiquement plus élevées pour les groupes FAC et FAC/IC par rapport aux groupes IC et témoin. Les valeurs de %FCmax suivent de près mais ne sont pas significativement différentes avec l'analyse de variance à trois voies (Groupes x Essais x Tests) mais le deviennent avec une analyse de variance à deux voies (Groupes x Essais) pour le test TM6M seulement.
- 3) des valeurs de FCmax, de %FCmax et de perception de fatigue (Borg) supérieures lors du test progressif sur tapis roulant par rapport aux deux tests de terrain (TNP et TM6M).

Ces résultats sont maintenant analysés en détail.

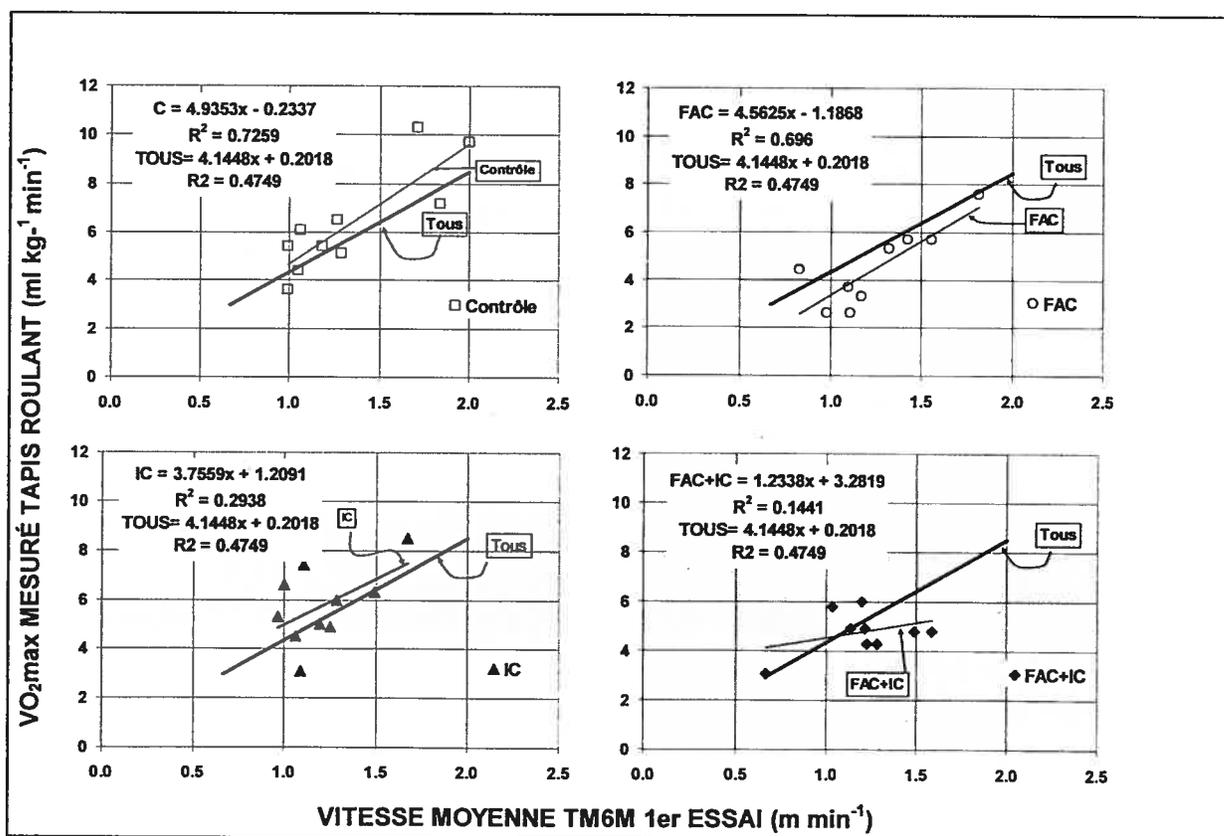
**Tableau 4.** Différences systématiques entre les essais, les groupes et les tests révélées par l'analyse de variance.

	EFFETS PRINCIPAUX <sup>1</sup>		
	Essai	Groupe	Test
Distance (m) ou Vitesse (m s <sup>-1</sup> )	1 <sup>er</sup> < 2 <sup>e</sup> 2 <sup>e</sup> = 3 <sup>e</sup> (TM6M)	n. s.	non pertinent
VO <sub>2</sub> max mesuré (METs), VO <sub>2</sub> max prédit (METs)	n. s.	n. s.	non pertinent
FCmax (bpm)	n. s.	témoins & IC < FAC & FAC/IC	TM6M & TNP < TR
%FCmax	n. s.	n. s.	TM6M & TNP < TR
Borg	n. s.	n. s.	TM6M & TNP < TR

<sup>1</sup> Aucune interaction significative

### Test de marche de 6 minutes

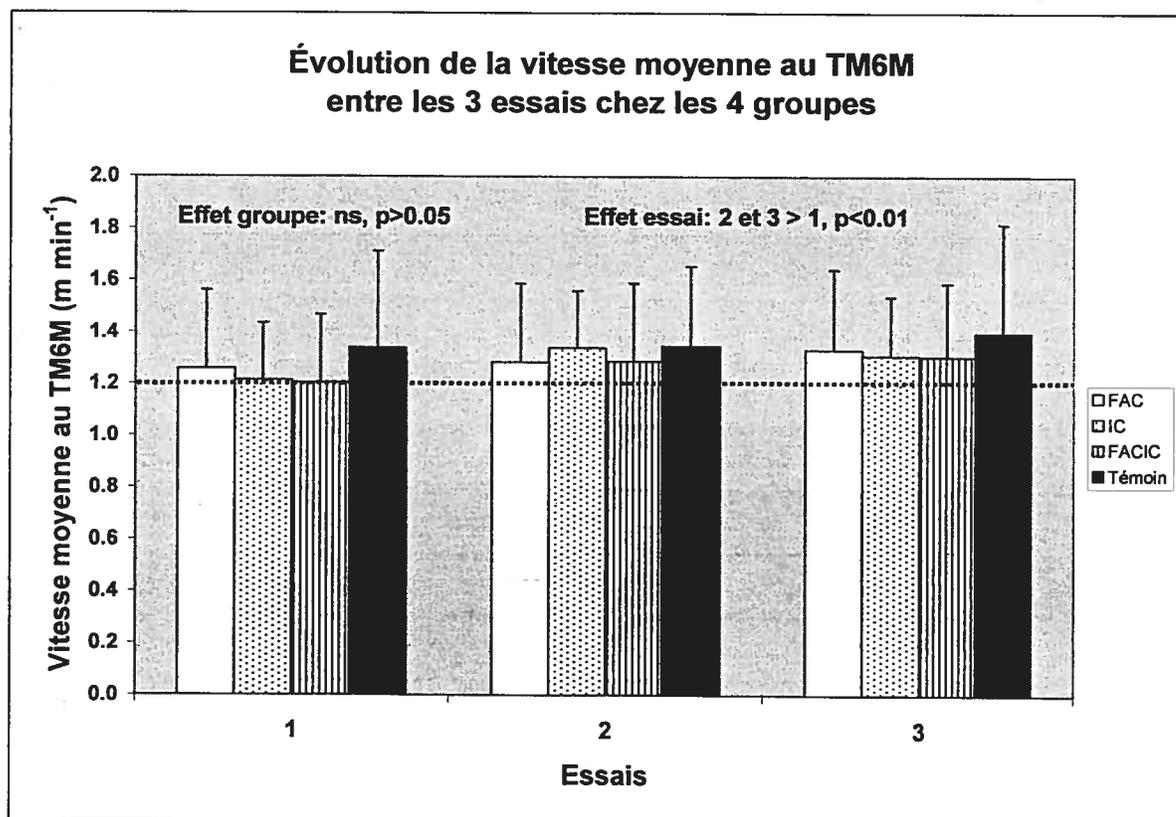
Pour l'ensemble des sujets, la vitesse moyenne du 1<sup>er</sup> essai du TM6M est assez bien corrélée au VO<sub>2</sub>max mesuré lors du test d'effort sur tapis roulant ( $r=0,69$ ,  $p < 0,0001$ , Figure 1), 48% de la variance de la vitesse moyenne de marche maintenue étant expliquée par le VO<sub>2</sub>max. Par contre, si on fait l'analyse séparée de chacun des sous-groupes (Figure 1 et Tableau 5), on note que des différences systématiques caractérisent la position de chacune des régressions ainsi que les corrélations obtenues par rapport à l'ensemble des 4 groupes. Sur cette base d'analyse, il semble que le TM6M soit plus valide pour les groupes témoin ( $r=0.85$ ) et FAC ( $r=0.83$ ) que pour les groupes IC ( $r=0.54$ ) et FAC/IC ( $r=0.38$ ).



**Figure 1.** VO<sub>2</sub>max mesuré lors du test d'effort sur tapis roulant en fonction de la vitesse moyenne lors du 1<sup>er</sup> essai du test de marche de 6 minutes chez les 4 groupes. ( $n=38$ ) ( $r=0,69$ )

En prenant le troisième essai au lieu du premier, les coefficients de corrélation avec le test étalon sont fortement similaires à ceux du 1<sup>er</sup> essai quelque soit le groupe de patients (Tableau 5).

Si l'apprentissage n'affecte pas la validité en terme d'erreurs aléatoires, il en est autrement en ce qui a trait aux variations systématiques d'un essai à l'autre. En effet (Tableau 5 et Figure 2), les patients de tous les groupes ont marché plus loin et plus vite lors du 3<sup>e</sup> essai que lors du 1<sup>er</sup> (distance:  $481 \pm 110$  vs  $451 \pm 105$ m et vitesse:  $1,34 \pm 0,31$ m/s vs  $1,25 \pm 0,29$ m/s, respectivement;  $p < 0.0001$ ). Par rapport au 1<sup>er</sup> essai, la vitesse moyenne augmente de 4% au deuxième alors qu'elle n'augmente que de 2% du 2<sup>e</sup> au 3<sup>e</sup> (n.s.), suggérant que l'effet apprentissage s'estompe après le deuxième essai. L'analyse a posteriori indique que cet effet d'apprentissage concerne surtout les groupes IC et FAC/IC.



**Figure 2.** Évolution de la vitesse moyenne au TM6M du premier au troisième essai pour les quatre groupes. ( $n=38$ )

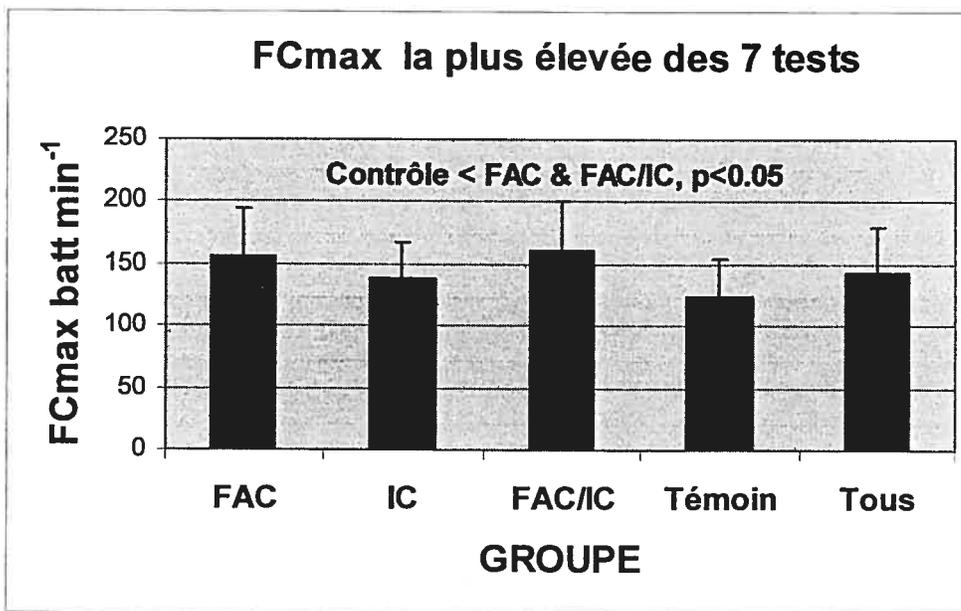
**Tableau 5.** Résultats du test de marche de 6 minutes selon les groupes ( $N=38$ )

Variable	IC	FAC	FAC/IC	Témoins	4 groupes
<b>1<sup>er</sup> TM6M</b>					
Distance (m)	436±80	452±110	433±95	482±135	451±105
Vitesse moyenne (m s <sup>-1</sup> )	1,21±0,22	1,26±0,31	1,20±0,26	1,34±0,37	1,25±0,29
FCmax batt min <sup>-1</sup>	103±26	132±27 <sup>1</sup>	136±33 <sup>1</sup>	91±21 <sup>2,3</sup>	115±32
%FCmax	75±12,5	86±14,1 <sup>1</sup>	86±11,0 <sup>1</sup>	74±11,2 <sup>2,3</sup>	79.8±13
Borg	11±1	12±3	11±2	11±1	11±2
Corrélation vs VO <sub>2</sub> max	0,54 <sup>§</sup>	0,83 <sup>*</sup>	0,38 <sup>§</sup>	0,85 <sup>*</sup>	0,69 <sup>†</sup>
<b>3<sup>e</sup> TM6M</b>					
Distance (m)	471±83	480±112	470±103	503±147	481±110 <sup>a</sup>
Vitesse moyenne (m s <sup>-1</sup> )	1,31±0,23	1,33±0,31	1,30±0,29	1,40±0,41	1,34±0,31 <sup>a</sup>
FCmax batt min <sup>-1</sup>	103±27	137±28 <sup>1</sup>	137±41 <sup>1</sup>	94±24 <sup>2,3</sup>	117±35
%FCmax	75±15,3	88±9,9	85±10,5	76±10,8	80.6±11,7
Borg	11±2	12±3	11±2	12±3	12±2
Corrélation vs VO <sub>2</sub> max	0,47 <sup>§</sup>	0,84 <sup>*</sup>	0,46 <sup>§</sup>	0,82 <sup>*</sup>	0,66 <sup>†</sup>

Les données sont présentées sous forme de moyenne ± SD. FCmax : fréquence cardiaque la plus élevée des 7 tests. r : coefficient de corrélation. \* $p < 0,05$ , † $p < 0,0001$ , § n.s.; <sup>1, 2, et 3</sup> Différent de IC, FAC et FAC/IC, respectivement et <sup>a</sup> Différent de 1<sup>er</sup> TM6M ( $p < 0,05$ ).

Que ce soit lors du 1<sup>er</sup> ou du 3<sup>e</sup> essai, la fréquence cardiaque lors des TM6M était inférieure chez les patients témoins et chez les insuffisants cardiaques par rapport aux patients en FAC et FAC/IC. Cela est conforme au fait que la valeur de FCmax la plus élevée des 7 tests est aussi différente entre les groupes (Figure 3). En exprimant FC en pourcentage de la FCmax la plus élevée des 7 tests afin d'établir l'intensité relative atteinte à chaque essai et pour chaque groupe, aucune différence significative ne fut observée malgré des écarts allant jusqu'à 12% entre les groupes Témoin et FAC tant au 1<sup>er</sup> qu'au 3<sup>ème</sup> essai (Tableau 5). Par contre, on note une différence importante entre les tests. À 91.8±6.7 %FCmax (valeurs

combinées des essais et groupes), le test sur tapis roulant en laboratoire s'est déroulé à une intensité relative nettement plus élevée que celles des tests de terrain avec des valeurs de  $80.6 \pm 10.9$  et  $83.5 \pm 11.9$  %FCmax pour le TM6M et le TNP, respectivement. La tendance vers des valeurs plus élevées lors du TNP par rapport au TM6M n'est pas significative. D'ailleurs et selon l'indice de Borg, on peut voir que tous les groupes trouvent ces tests assez faciles (cote Borg entre 11 et 12, Tableau 5) comparativement à difficile (cote Borg de 15-16) pour le test maximal sur tapis roulant.

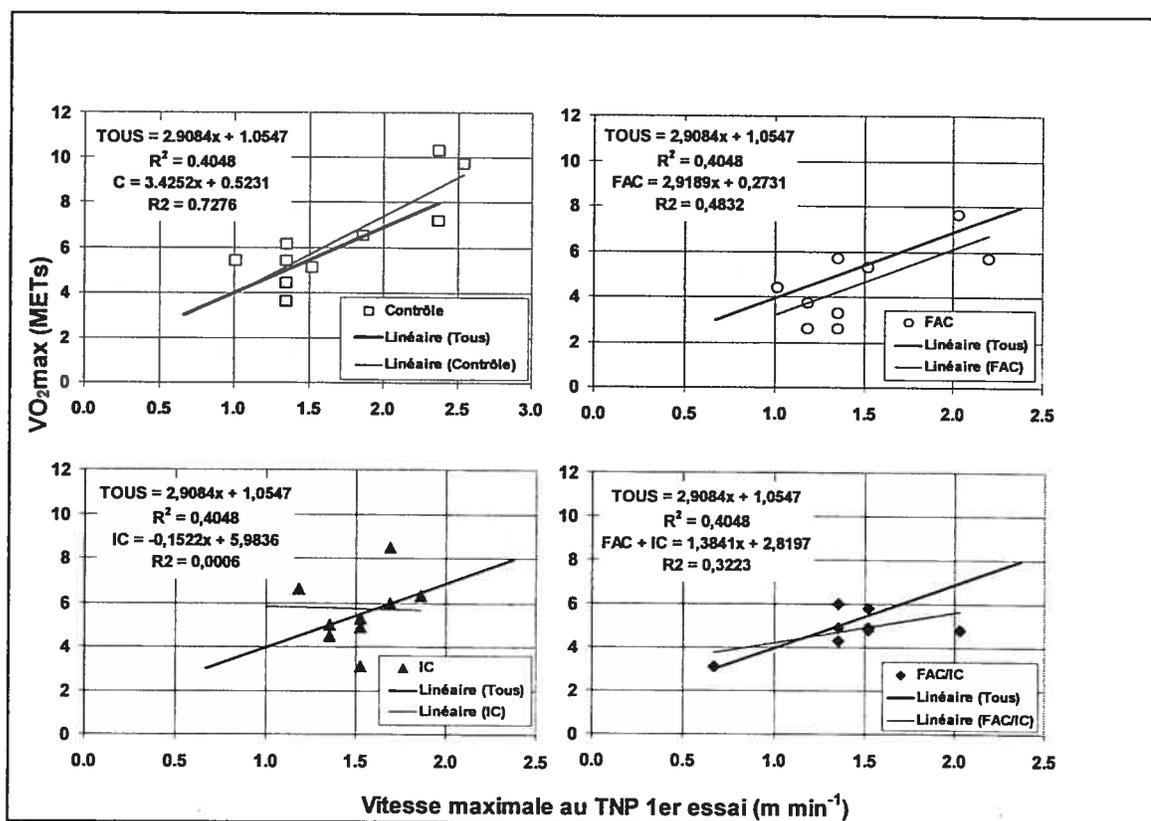


**Figure 3.** FCmax la plus élevée des sept tests selon les groupes de patients. ( $n=38$ )

Le test de marche de 6 minutes est donc un test valide pour les patients en FAC seule et les patients témoins. Pour ces 2 groupes, la vitesse moyenne lors du TM6M corrèle bien avec la valeur du  $VO_2$ max rencontrée lors d'un test d'effort sur tapis roulant. Il est moins valide chez les patients insuffisants, avec ou sans FAC.

### Test navette progressif

La vitesse maximale du 1<sup>er</sup> essai du TNP est assez bien corrélée au VO<sub>2</sub>max mesuré lors du test d'effort sur tapis roulant ( $r=0,64$ ,  $p<0,0001$ , Figure 4). Le  $r^2$  suggère que seulement 41% de la variance dans la vitesse maximale de marche soit expliquée par le VO<sub>2</sub>max.



**Figure 4.** Vitesse maximale lors du 1<sup>er</sup> essai du test navette progressif en fonction du VO<sub>2</sub>max mesuré lors du test d'effort sur tapis roulant chez les 4 groupes. ( $N=38$ ) ( $r=0,64$ )

La corrélation entre la vitesse maximale lors du 2<sup>e</sup> essai du TNP et le VO<sub>2</sub>max mesuré lors du test d'effort sur tapis roulant est similaire à celle du 1<sup>er</sup> essai ( $r=0,65$ ,  $p < 0,0001$ ) et ce, peu importe le groupe de patients (Tableau 6). Elle est très faible et non significative chez les patients en IC (1<sup>er</sup> :  $r=0,03$ , 2<sup>e</sup> :  $r=0,19$ ). Elle est un peu plus élevée chez les patients en FAC/IC, mais toujours non significative (1<sup>er</sup> :  $r=0,57$ , 2<sup>e</sup> :  $r=0,49$ ) et bonne chez les patients en fibrillation auriculaire chronique (1<sup>er</sup> :  $r=0,70$ ,  $p<0,05$ ; 2<sup>e</sup> :  $r=0,76$ ,  $p<0,05$ ), les patients

témoins (1<sup>er</sup> :  $r=0,90$  ,  $\rho<0,05$ ; 2<sup>e</sup> :  $r=0,85$  ,  $\rho<0,05$  ) et chez les 4 groupes en général (1<sup>er</sup> :  $r=0,64$  ,  $\rho<0,05$ ; 2<sup>e</sup>  $r=0,65$  ,  $\rho<0,05$ ).

**Tableau 6.** Résultats du test navette progressif selon les groupes ( $N=38$ )

Variable	IC	FAC	FAC/IC	Témoins	4 groupes
<b>1<sup>er</sup> TNP</b>					
Distance (m)	401±119	403±230	346±174	489±326	412±224
Vitesse maximale (m/s)	1,47±0,25	1,46±0,40	1,41±0,35	1,62±0,51	1,49±0,38
FCmax batt min <sup>-1</sup>	109±29	137±39 <sup>1</sup>	132±36 <sup>1</sup>	101±29 <sup>2,3</sup>	119±36
%FCmax	79,3±14,4	88,2±10,3	83,2±14,1	81,3±14,7	82,8±14,5
Borg	11±1	12±2	12±3	12±2	12±2
Corrélation vs VO <sub>2</sub> max	0,03 <sup>§</sup>	0,70*	0,57 <sup>§</sup>	0,90*	0,64 <sup>†</sup>
<b>2<sup>e</sup> TNP</b>					
Distance (m)	450±138	437±219 <sup>a</sup>	414±195 <sup>a</sup>	537±349 <sup>a</sup>	461±235 <sup>a</sup>
Vitesse maximale (m/s)	1,50±0,22	1,54±0,37 <sup>a</sup>	1,52±0,40 <sup>a</sup>	1,71±0,54 <sup>a</sup>	1,58±0,39 <sup>a</sup>
FCmax batt min <sup>-1</sup>	107±31	131±26 <sup>1</sup>	142±44 <sup>1</sup>	103±28 <sup>2,3</sup>	120±35
%FCmax	77,5±12,5	84,8±10,3	88,1±13,9	83,5±13,6	83,3±12,8
Borg	12±2	12±1	12±2	13±2	12±2
Corrélation vs VO <sub>2</sub> max	0,19 <sup>§</sup>	0,76*	0,49 <sup>§</sup>	0,85*	0,65 <sup>†</sup>

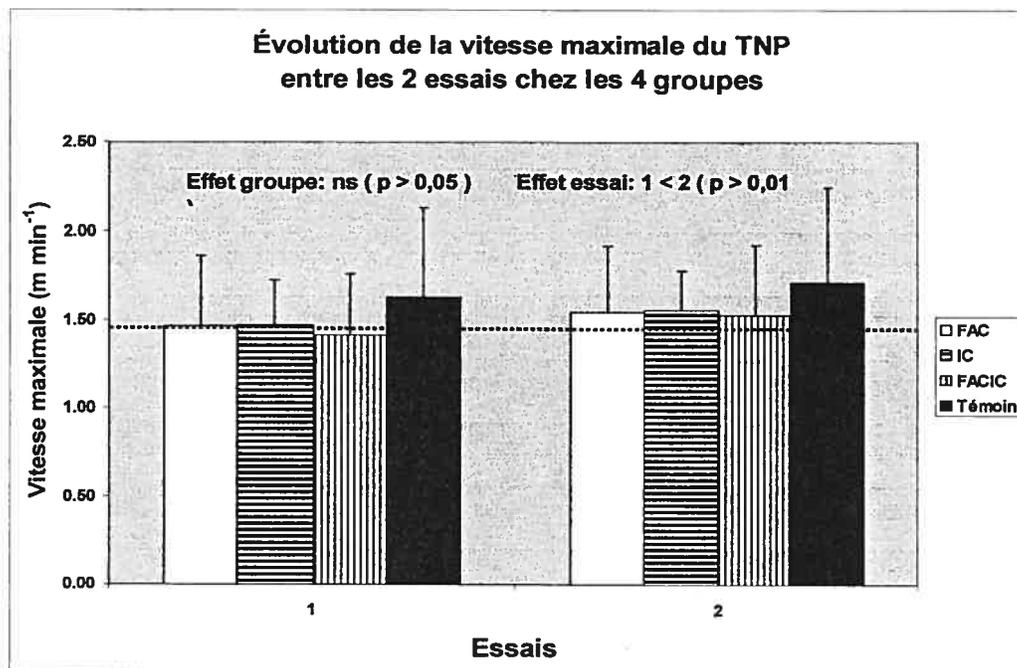
Les données sont présentées sous forme de moyenne ± SD. FCmax : fréquence cardiaque la plus élevée des 7 tests.  $r$  : coefficient de corrélation. \* $\rho<0,05$ , <sup>†</sup> $\rho<0,0001$ , <sup>§</sup> n.s.; <sup>1, 2, et 3</sup> Différent de IC, FAC et FAC/IC, respectivement et <sup>a</sup> Différent de 1<sup>er</sup> TM6M ( $p<0,05$ ).

Selon la notation sur l'échelle de Borg, les sujets des 4 groupes ont trouvé ce test à peine un peu plus difficile que le test de marche de six minutes. Ce qui démontre bien que ce test n'est pas maximal.

En figure 5, on peut voir que le groupe témoin a une distance et une vitesse maximale supérieure aux autres groupes autant au 1<sup>er</sup> qu'au 2<sup>e</sup> essai. Les patients de ce groupe ont réalisé une performance plus près du maximum, puisqu'on peut également constater que le

coefficient de corrélation ( $r=0,90$ ,  $\rho<0,05$ ) entre la vitesse maximale et le  $VO_2\text{max}$  est meilleur dans ce groupe.

On note une variation peu significative entre les 2 essais du test navette progressif chez les 4 groupes ( $p>0,05$ ). La vitesse maximale moyenne des 4 groupes réunis est passée de  $1,49\pm 0,38$  lors du 1<sup>er</sup> essai à  $1,58\pm 0,39$  lors du 2<sup>e</sup> essai, une différence de seulement  $0,7\text{m/s}$ , soit 6%. Le test de familiarisation était donc peu nécessaire pour ce test peu importe le groupe.



**Figure 5.** Variation de la vitesse maximale du test navette progressif entre les différents essais selon les groupes. ( $N=38$ )

Le test navette progressif est un test valide chez les patients en FAC ou les patients témoins, mais pas chez des patients qui souffrent d'insuffisance cardiaque.

## Discussion :

### Validité du TM6M. et du TNP

La validité du test de marche de six minutes chez des patients qui souffrent d'insuffisance cardiaque ne fait pas l'unanimité<sup>43, 58, 60, 61</sup>. Les résultats de la présente étude ne démontrent pas que le test est valide chez ces patients ( $r=0,47$ ,  $p>0,05$ ). La faible corrélation obtenue est comparable à celle d'études antérieures<sup>49, 61, 89, 90</sup>. Malgré les directives données et les encouragements prodigués, les patients n'ont pas fourni un effort maximal. Il est à noter que pour ce groupe, la corrélation entre la vitesse moyenne au TM6M et le VO<sub>2</sub>max mesuré sur tapis roulant n'est pas significative. Il n'est toutefois pas exclu qu'avec une distribution plus étendue des données et un effectif plus grand, les résultats auraient peut-être été plus concluants. L'évaluation des patients qui souffrent de FAC ou d'IC demeure donc incertaine.

Il est intéressant par contre de voir qu'auprès d'autres populations cardiaques telles que les patients en FAC et les patients ayant subi un infarctus ou les hypertendus (ces 2 derniers faisant partie du groupe témoin), ce test est valide ( $r=0,84$  et  $0,82$ ,  $p<0,05$ ). Tel est le cas même si l'étendue des VO<sub>2</sub>max et la taille de l'effectif sont similaires à ceux du groupe IC. Les patients en FAC n'ont que peu de limitations du point de vue de leur capacité fonctionnelle, de même que les hypertendus et les infarcisés. Ils ont fourni un effort plus important se rapprochant de celui qui est fourni lors d'un test maximal sur le tapis roulant.

Le test navette progressif présente des résultats semblables au test de marche de 6 minutes. Les résultats obtenus lors du processus de vérification auprès de patients qui souffrent d'insuffisance cardiaque, avec ou sans FAC, ne permettent pas de revendiquer sa validité ( $r=0,49$  et  $0,19$ ,  $p>0,05$ ). Des études antérieures avaient obtenu des résultats contraires<sup>66, 74, 78, 79, 83</sup>. Lorsqu'administré à des patients ne souffrant que de FAC ( $r=0,76$ ,  $p<0,05$ ), à des hypertendus ou à des infarcisés ( $r=0,85$ ,  $p<0,05$ ), le test navette progressif est un test valide.

D'autre part, si on compare les  $VO_2\text{max}$  prédits au moyen de l'équation développée par Cahalin et al.<sup>46</sup> à partir de la distance maximale au TM6M, on constate que les valeurs prédites sont inférieures de  $\sim 9 \text{ ml kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$  aux valeurs mesurées (moyenne des 2 essais) pour les groupes IC et témoin et inférieures de  $\sim 4.5 \text{ ml kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$  pour les groupes FAC et FAC/IC. De même, si l'on compare les  $VO_2\text{max}$  prédit au moyen de l'équation développée par Morales et al. (1999)<sup>78</sup> à partir de la distance maximale au TNP, on s'aperçoit que les valeurs prédites sont inférieures de  $\sim 5.5 \text{ ml kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$  aux valeurs mesurées (moyenne des 2 essais) pour les groupes IC et témoin et inférieures de  $\sim 2.5 \text{ ml kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$  pour les groupes FAC et FAC/IC. Ces sous-estimations de l'équation de Morales et al.<sup>78</sup> particulièrement entre les groupes FAC et FAC/IC, d'une part, et IC et témoin, d'autre part, sont conformes à celles rapportées précédemment pour le test TM6M. Ces différences sont toutefois plus prononcées pour l'équation de Cahalin et al.<sup>46</sup> que pour l'équation de Morales et al.<sup>78</sup>. On peut donc penser qu'une partie des différences est due à l'appareil de mesure utilisé ou encore aux caractéristiques des sujets étudiés puisque les différences systématiques ne sont pas du même ordre de grandeur pour les groupes de sujets étudiés avec le même appareil dans la présente étude.

Si on compare les deux tests de terrain entre eux, on s'aperçoit que le test navette est aussi valide que le test de marche de six minutes. Ces résultats diffèrent de ceux de Payne et al. qui ont démontré que le test navette progressif était plus valide que le test de marche de six minutes chez des patients avec stimulateur cardiaque<sup>75</sup>. Les deux tests de terrain ont un coefficient de corrélation moyen avec le  $VO_2\text{max}$  mesuré lors d'un test d'effort sur tapis roulant (TM6M :  $r=0,66$ ,  $\rho<0,0001$ ; TNP :  $r=0,65$ ,  $\rho<0,0001$ ) lorsqu'on regroupe les 4 groupes. Tel que mentionné par Feraco et al.<sup>27</sup> et par Singh et al.<sup>74</sup>, ces tests sont probablement plus représentatifs des activités de la vie quotidienne et de la capacité fonctionnelle du patient que le test d'effort sur tapis roulant. Les deux tests sont valides chez les patients en FAC et chez les infarctisés et les hypertendus, mais non chez les insuffisants cardiaques.

Le TM6M et le TNP se déroulent à des intensités inférieures (80.6% et 83.5% FCmax, respectivement) à celle du test sur tapis roulant (91.8% FCmax). Des valeurs autour de

75%FCmax ont même été observées pour certains groupes (IC et Témoin). Les valeurs observées pour le TM6M sont semblables à celles de 85.6 %FCmax rapportées par Kervio et al. <sup>67</sup> pour des sujets normaux âgés de 60 à 70 ans. Si les valeurs de TR sont inférieures à 100%, c'est que certains sujets ont atteint des FC supérieures lors des tests TM6M et TNP. La FCmax de référence était la FCmax la plus élevée des 7 tests. Ceci dit, on constate bien que ces deux tests se déroulent à des intensités sous-maximales même si la consigne était de couvrir la plus grande distance en 6 minutes ou le plus longtemps possible dans l'épreuve de course navette progressive. Si la consigne est de marcher il est difficile d'augmenter l'intensité. Pour le TNP, l'intensité devrait augmenter et passer de la marche à la course si l'aptitude physique du sujet le permet mais peut-être a-t-on peur de pousser trop ces catégories de sujets (FAC, IC, FAC/IC et Témoin) lorsque ce genre d'épreuve est faite sur le terrain contrairement à ce qui se passe en laboratoire. Néanmoins, il y a quand même une tendance vers des %FCmax plus élevés lors du TNP par rapport au TM6M. Or, cette tendance pourrait peut-être devenir significative avec un plus grand effectif et une motivation plus grande des sujets.

Quelque soit le test, les FC des patients FAC étaient toujours plus rapides que celles des patients en rythme sinusal (IC et témoin). Comme tous les patients prenaient des  $\beta$ -bloqueurs, il semble qu'il soit plus difficile de témoiner la FC des patients FAC en raison d'une sensibilité différente des nœuds sino-auriculaires et auriculo-ventriculaires aux médicaments. De plus les doses de  $\beta$ -bloqueurs données aux patients FAC pour limiter leur réponse ventriculaire à l'effort, sont souvent limitées par la réponse ventriculaire au repos (tonus vagal actif). Il est donc possible que les doses aient été plus faibles dans les groupes FAC.

#### Effet d'apprentissage

Lorsqu'on compare les différents essais du TM6M, on s'aperçoit que la différence entre le 2<sup>é</sup> et le 3<sup>é</sup> essai n'est pas significative ( $p > 0,05$ ). Il n'y a donc pas de raison d'effectuer deux tests de familiarisation puisque l'écart entre la vitesse moyenne du 2<sup>é</sup> et du 3<sup>é</sup> essai est

faible (0,03m/s). Avec un seul essai au TM6M, on sous-estime donc les sujets. Cette sous-estimation est de 4% entre le 1<sup>er</sup> et le 2<sup>e</sup> essai et de 2% entre le 2<sup>e</sup> et le 3<sup>e</sup> essai pour un total de 6% entre le 1<sup>er</sup> et le 3<sup>e</sup> essai comme démontré par Hamilton et al<sup>59</sup>. On constate à peu près la même chose pour le TNP. Cette constatation est conforme aux études recensées<sup>41, 49, 55, 57, 67, 73,77-80, 82, 91</sup>.

#### Tapis roulant: VO<sub>2</sub>max mesuré vs VO<sub>2</sub>max prédit

Tous les résultats des tests de terrain ont été comparés au VO<sub>2</sub>max mesuré. Or, nous avons remarqué que la corrélation était moins bonne lorsque les résultats TM6M et TNP étaient comparés aux VO<sub>2</sub>max mesurés plutôt qu'à ceux prédits par la performance lors du test sur tapis roulant. Dans cette même optique, nous avons constaté que la corrélation entre la vitesse moyenne obtenue lors du 1<sup>er</sup> essai du TM6M et le VO<sub>2</sub>max prédit à partir de la performance des patients FAC/IC était de beaucoup supérieure à celle obtenue avec la mesure directe de VO<sub>2</sub>max ( $r=0,84$  vs  $r=0,38$ ). Cette différence importante peut être due à 1 ou 2 sujets parmi ce groupe. L'échantillon étant limité à 10 sujets en FAC/IC, 2 sujets peuvent créer une différence importante dans les corrélations. La mesure directe de VO<sub>2</sub> constitue la mesure étalon admise mais il arrive souvent que cette mesure soit erronée en raison d'un problème d'étalonnage ou d'un mauvais fonctionnement d'une des composantes de la chaîne métabolique. Au contraire, la vitesse maximale atteinte lors du test n'est pas assujettie à de tels problèmes et le VO<sub>2</sub> prédit à partir de la vitesse terminale est souvent plus réaliste et conforme à l'aptitude aérobie du sujet. Il apparaît donc utile de valider les épreuves de terrain en tenant compte à la fois de la mesure directe et de la mesure prédite de VO<sub>2</sub>max.

#### Limites de l'étude.

Le facteur limitatif le plus important de la présente étude est sans doute la taille de l'échantillon pour chacun des groupes (seulement 10 sujets/groupe). Le fait que les tests TM6M et TNP apparaissent moins valides pour les patients IC par rapport aux patients

FAC mériterait d'être vérifié de nouveau avec un plus grand nombre de patients dans chacun de ces groupes.

Concernant le facteur apprentissage, les tests devaient être conduits à l'intérieur de 20 jours ouvrables, mais comme le quart des patients n'ont pu respecter cet échéancier, il est possible que l'effet d'apprentissage se soit estompé après un certain temps, ce qui pourrait affecter nos conclusions à cet égard.

### **Conclusion :**

Les résultats de cette étude démontrent que le test de marche de 6 minutes et le test navette progressif sont des tests valides chez les patients en FAC seule. Ils ne sont pas valides chez les patients insuffisants, peu importe qu'ils soient en FAC ou non. Le test de marche de six minutes possède un bon avantage sur le test navette progressif : il est plus simple à administrer que ce dernier. Ces deux tests sont plus représentatifs de la capacité fonctionnelle et des activités de la vie quotidienne du patient que le test d'effort sur tapis roulant. Nos résultats démontrent également qu'un seul test de familiarisation est nécessaire pour le TM6M et le TNP. D'autres études sont nécessaires afin de valider les résultats auprès de sujets qui souffrent de FAC puisque l'échantillon de la présente étude n'était pas suffisant. Il serait également intéressant de vérifier la validité du test navette progressif auprès d'autres populations cardiaques et pulmonaires puisque peu d'études ont traité de ce problème.

### **Conclusion générale**

Dans le cadre de la revue de littérature, nous avons analysé l'effet aigu et chronique de l'activité physique chez les personnes en FAC de même que chez les IC. Nous avons également cherché à connaître les tests d'effort les plus utilisés en cardiologie tout en mettant l'accent sur ceux qui nous intéressent dans notre étude expérimentale, soit le test de marche de 6 minutes et le test navette progressif. Ainsi, nous avons vérifié la validité de ces deux tests auprès de patients en FAC, en IC et chez des patients ayant une combinaison de ces deux troubles cardiaques. Nous en sommes arrivés à la conclusion que le TM6M et le TNP sont valides chez les patients en fibrillation auriculaire chronique et ce, autant que chez les patients témoins. Tel n'est cependant pas le cas chez les patients IC, avec ou sans FAC.

## RÉFÉRENCES

1. Augustin CE. *Cardiologie du praticien*. Imprimerie Vitray, Québec, 2000.
2. Lilly LS. *Pathophysiology of heart disease*. Lippincott Williams et Wilkins, Baltimore, 1998.
3. Fardy PS, Hellerstein HK. A comparison of continuous and intermittent progressive multistage exercise testing. *Med Sc Spo*, 10(1): 7-12, 1978.
4. AHA, ACC. Guidelines for exercise testing. *Circulation*, 74(3): 653A-667A, 1986.
5. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, Casaburi R, Whipp BJ. *Principles of exercise testing and interpretation*. Lippincott Williams et Wilkins, Baltimore, 1999.
6. Peterson MJ, Pieper CF, Morey MC. Accuracy of  $VO_2$ max prediction equations in older adults. *Med Sci Spo Ex*, 35(1) : 145-149, 2003.
7. Hornsten, TR, Bruce, RA. Effects of atrial fibrillation on exercise performance in patients with cardiac disease. *Circulation*, 37 : 543-548, 1966.
8. Aberg, H, Ström, G, Werner, I. Heart rate during exercise in patients with atrial fibrillation. *Acta Med Scand*, 191 : 315-320, 1972.
9. Aberg, H, Ström, G, Werner, I. On the reproducibility of exercise tests in patients with atrial fibrillation. *Upsala J Med Sci*, 82 : 27-30, 1977.
10. Froelicher, VF., Myers, J, Follansbee, W, Labovitz, AJ. *Exercise and the heart*. WB Saunders Co, Portland, 1993, pp.243-247.
11. Ueshima K, Myers J, Ribisl PM, Atwood JE, Morris CK, Kawaguchi T, Liu J, Froelicher VF. Hemodynamics determinants of exercise capacity in chronic atrial fibrillation. *Am Heart J*, 125(5) : 1301-1305, 1993.
12. Ueshima K, Myers J, Ribisl PM, Morris CK, Kawaguchi T, Liu J, Froelicher VF. Exercise capacity and prognosis in patients with chronic atrial fibrillation. *Cardiology*, 86(2) : 108-113, 1995.
13. Ostermaier, RH, Lampert S, Dalla Vecchia L, Ravid, S. The effect of atrial fibrillation and the ventricular rate control on exercise capacity. *Clin Cardiol*, 20 : 23-27, 1997.
14. Pardaens K, Van Cleemput J, Vanhaecke J, Fagard RH. Atrial fibrillation is associated with a lower exercise capacity in male chronic heart failure patient. *Heart*, 78 : 564-568, 1997.

15. Lok NS, Lau CP. Oxygen uptake kinetics and cardiopulmonary performance in lone atrial fibrillation and the effects of sotalol. *Chest*, 111(4): 934-940, 1997.
16. Atwood EJ, Myers J, Sullivan M, Forbes S, Friis R, Pewen W, Callahan P, Hall P, Froelicher VF. Maximal exercise testing and gas exchange in patients with chronic atrial fibrillation. *JACC*, 11(3) : 508-513, 1998.
17. Pozzoli M, Cioffi G, Traversi E, Domenico G, Cobelli F, Tavazzi L. Predictors of primary atrial fibrillation and concomitant clinical and hemodynamic changes in patients with chronic heart failure. *JACC*, 32(1) : 197-204, 1998.
18. Vanhees L, Schepers D, Defoor J, Brusselle S, Tchursh N, Fagard R. Exercise performance and training in cardiac patients with atrial fibrillation. *J Cardiopulm Rehabil*, 20(6) : 346-352, 2000.
19. Humphries KH, Kerr CR, Connolly SJ, Klein G, Boone JA, Green M, Sheldon R, Talajic M, Dorian P, Newman D. New-onset atrial fibrillation: sex differences in presentation, treatment and outcome. *Circulation*, 103 : 2365-2370, 2001.
20. Cohn EH, Williams RS, Wallace AG. Exercise responses before and after physical conditioning in patients with severely depressed left ventricular function. *Am J Card*, 49: 296-300, 1982.
21. Sullivan MJ, Higginbotham MB, Cobb FR. Exercise training in patients with severe left ventricular dysfunction: hemodynamic and metabolic effects. *Circulation*, 78: 506-515, 1988.
22. Sullivan MJ, Higginbotham MB, Cobb FR. Exercise training in patients with chronic heart failure delays ventilatory anaerobic threshold and improves submaximal exercise performance. *Circulation*, 79: 324-329, 1989.
23. Coats AJS, Adamopoulos S, Meyer TE, Conway J, Sleight P. Effects of physical training in chronic heart failure. *The Lancet*, 335 :63-66, 1990.
24. Coats AJS, Adamopoulos S, Radaelli A, McCance A, Bernardi L, Solda PL, Davey P, Ormerod O, Forfar C, Conway J, Sleight P. Controlled trial of physical training in chronic heart failure: exercise performance, hemodynamics, ventilation, and autonomic function. *Circulation*, 85: 2119-2131, 1992.
25. Hambrecht R, Niebauer J, Fiehn E, Kälberer B, Offner B, Hauer K, Riede U, Schlierf G, Kübler W, Schuler G. Physical training in patients with stable chronic heart failure: effects on cardiorespiratory fitness and ultrastructural abnormalities of leg muscles. *JACC*, 25(6): 1239-1249, 1995.
26. Belardinelli R, Georgiou D, Scocco V, Barstow TJ, Purcaro A. Low intensity exercise training in patients with chronic heart failure. *JACC*, 26(4): 975-982, 1995.

27. Feraco E, Gallo R, Grandinetti O, Lauro A, Madeo A. Indications and limits of the exercise test in chronic heart failure. *Arch Gerontol Geriatr*, 23 :293-298, 1996.
28. Mehra MR, Lavie CJ, Milani RV. Predicting prognosis in advanced heart failure : Use of exercise indices. *Chest*, 110(2) :310-312, 1996.
29. Clark AL, Poole-Wilson PA, Coats AJS. Exercise limitation in chronic heart failure : central role of the periphery. *JACC*, 28(5) : 1092-1102, 1996.
30. European heart failure training group. Experience from controlled trials of physical training in chronic heart failure: protocol and patient factors in effectiveness in the improvement in exercise tolerance. *Eur Heart J*, 19: 466-475, 1998.
31. Coats AJS. Exercise training for heart failure : coming of age. *Circulation*, 99 : 1138-1140, 1999.
32. Belardinelli R, Georgiou D, Cianci G, Purcaro A. Randomized, controlled trial of long-term moderate exercise training in chronic heart failure : effects on functional capacity, quality of life, and clinical outcome. *Circulation*, 99 :1173-1182, 1999.
33. DiBianco R, Morganroth J, Freitag JA, Ronan JA, Lindgren KM, Donohue DJ, Larca LJ, Chadda KD, Olukotun AY. Effects of nadolol on the spontaneous and exercise-provoked heart rate of patients with chronic atrial fibrillation receiving stable dosage of digoxin. *Am Heart J*, 108(4): 1121-1127, 1984.
34. Atwood JE, Sullivan M, Forbes S, Myers J, Pewen W, Olson HG, Froelicher VF. Effect of beta-adrenergic blockade on exercise performance in patients with chronic atrial fibrillation. *JACC*, 10(2): 314-320, 1987.
35. Pollock ML, Lowenthal DT, Foster C, Pels AE, Rod J, Stoiber J, Schmidt DH. Acute and chronic responses to exercise in patients treated with beta-blockers. *JCR*, 11(2): 132-144, 1991.
36. Gordon NF, Duncan JJ. Effect of beta-blockers on exercise physiology: implications for exercise training. *MSSE*, 23(6): 668-676, 1991.
37. Herbert WG, Dubach P, Lehmann KG, Froelicher VF. Effect of  $\beta$ -blockade on the interpretation of the exercise ECG: ST level versus  $\Delta$  ST/HR index. *Am Heart J*, 122: 993-1000, 1991.
38. Dahlström CG, Edvardsson N, Nasheng C, Olsson B. Effects of diltiazem, propranolol, and their combination in the control of atrial fibrillation. *Clin Cardiol*, 15: 280-284, 1992.

39. Atwood JE, Myers J, Quaglietti S, Grumet J, Gianrossi R, Umman T. Effect of betaxolol on the hemodynamic, gas exchange, and cardiac output response to exercise in chronic atrial fibrillation. *Chest*, 115(4): 1175-1180, 1999.
40. Kitaoka H, Takata J, Hitomi N, Furuno T, Seo H, Chikamori T, Doi YL. Effect of angiotensin-converting enzyme inhibitor (enalapril or imidapril) on ventilation during exercise in patients with chronic heart failure secondary to idiopathic dilated cardiomyopathy. *Am J Cardiol*, 85: 658-660, 2000.
41. Guyatt GH, Pugsley SO, Sullivan MJ, Thompson PJ, Berman LB, Jones NL, Fallen EL, Taylor DW. Effect of encouragement on walking test performance. *Thorax*, 39: 818-822, 1984.
42. Guyatt GH, Sullivan MJ, Thompson PJ, Fallen EL, Pugsley SO, Taylor DW, Berman LB. The 6-minute walk: a new measure of exercise capacity in patients with chronic heart failure. *Can Med Assoc J*, 132: 919-923, 1985.
43. Lipkin DP, Scriven AJ, Crake T, Poole-Wilson PA. Six minute walking test for assessing exercise capacity in chronic heart failure. *Br Med J*, 292: 653-655, 1986.
44. Riley M, McParland J, Stanford CF, Nicholls DP. Oxygen consumption during corridor walk testing in chronic cardiac failure. *Eur Heart J*, 13: 789-793, 1992.
45. Bittner V, Weiner DH, Ghali JK. The six-minute walk predicts prognosis in patients with heart failure and preserved ejection fraction. *Circulation*, 88(4): I-590, 1993.
46. Cahalin LP, Mathier MA, Semigran MJ, Dec GW, DiSalvo TG. The six-minute walk test predicts peak oxygen uptake and survival in patients with advanced heart failure. *Chest*, 110(2): 325-332, 1996.
47. Peeters P, Mets T. The 6-minute walk as an appropriate exercise test in elderly patients with chronic heart failure. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 51(4): 147-151, 1996.
48. Cahalin LP, Semigran MJ, Dec GW. Assessment of oxygen uptake during the six-minute walk test. *Chest*, 111(5): 1465-1466, 1997.
49. Faggiano P, D'Aloia A, Gualeni A, Lavatelli A, Giordano A. Assessment of oxygen uptake during the 6-minute walking test in patients with heart failure: preliminary experience with a portable device. *Am Heart J*, 134(2): 203-206, 1997.
50. O'Keeffe ST, Lye M, Donnellan C, Carmicheal DN. Reproducibility and responsiveness of quality of life assessment and six minute walk test in elderly heart failure patients. *Heart*, 80: 377-382, 1998.

51. Opasich C, Pinna GD, Mazza A, Febo O, Riccardi PG, Capomolla S, Cobelli F, Tavazzi L. Reproducibility of the six-minute walking test in patients with chronic congestive heart failure: practical implications. *Am J Cardiol*, 81: 1497-1500, 1998.
52. Zugck C, Duerr S, Gerber SH, Krueger C, Lahm T, Schellong C, Haass M. Is the 6-minute walk test a reliable substitute of peak oxygen uptake? Serial exercise testing and follow-up in patients with dilated cardiomyopathy. *Circulation*, 98: I-157, 1998.
53. Schaufelberger M, Swedberg K. Is 6-minute walk test of value in congestive heart failure? *Am Heart J*, 136(3): 371-372, 1998.
54. Roul G, Germain P, Bareiss P. Does the 6-minute walk test predicts the prognosis in patients with NYHA class II or III chronic heart failure? *Am Heart J*, 136(3): 449-457, 1998.
55. Enright PL, Sherrill DL. Reference equations for the six-minute walk in healthy adults. *Am J Respir Crit Care Med*, 158: 1384-1387, 1998.
56. Stevens D, Elpern E, Sharma K, Szidon P, Ankin M, Kesten S. Comparison of hallway and treadmill six-minute walk tests. *Am J Respir Crit Care Med*, 160: 1540-1543, 1999.
57. Troosters T, Gosselink R, Decramer M. Six minute walking distance in healthy elderly subjects. *Eur Respir J*, 14: 270-274, 1999.
58. Willenheimer R, Erhardt LR. Value of 6-min-walk test for assessment of severity and prognosis of heart failure. *Lancet*, 355: 515-516, 2000.
59. Hamilton DM, Haennel RG. Validity and reliability of the 6-minute walk test in a cardiac rehabilitation population. *J Cardiopulm Rehab*, 20(3): 156-164, 2000.
60. Sharma R, Anker SD. The 6-minute walk test and prognosis in chronic heart failure-the available evidence. *Eur Heart J*, 22: 445-448, 2001.
61. Opasich C, Pinna GD, Mazza A, Febo O, Riccardi R, Riccardi PG, Capomolla S, Forni G, Cobelli F, Tavazzi L. Six-minute walking performance in patients with moderate-to-severe heart failure: Is it a useful indicator in clinical practice? *Eur Heart J*, 22: 488-496, 2001.
62. Shah MR, Hasselblad V, Gheorghide M, Adams KF, Swedberg K, Califf RM, O'Connor CM. Prognostic usefulness of the six-minute walk in patients with advanced congestive heart failure secondary to ischemic or nonischemic cardiomyopathy. *Am J Cardiol*, 88: 987-993, 2001.
63. Steffen TM, Hacker TA, Mollinger L. Age- and gender-related test performance in community-dwelling elderly people: six-minute walk test, Berg balance scale, timed up and go test and gait speeds. *Phys Ther*, 82(2): 128-137, 2002.

64. ATS. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med*, 166:111-117, 2002.
65. Troosters T. Six-minute walk test: a valuable test, when properly standardized. *Phys Ther*, 82(8): 826-828, 2002.
66. Jobin J, Maltais F, Poirier P, LeBlanc P, Simard C. *Advancing the frontier of cardiopulmonary rehabilitation*. Human Kinetics, Champaign, 2002, pp.156-166.
67. Kervio G, Carre F, Ville NS. Reliability and intensity of the six-minute walk test in healthy elderly subjects. *Med Sci Sp Ex*, 35(1): 169-174, 2003.
68. Verrill DE, Barton C, Beasley W, Lippard M, King CN. Six-minute performance and quality of life comparisons in North Carolina cardiac rehabilitation program. *Heart and lung*, 32(1): 41-51, 2003.
69. ATS. Six-minute walk distance in COPD: reproducibility and effect of walking course layout and length. *AJRCCM* feb 20, 2003.
70. Rostagno C, Olivo G, Comeglio M, Boddi V, Banchelli M, Galanti G, Gensini GF. Prognostic value of 6-minute walk corridor test in patients with mild to moderate heart failure: comparison with other methods of functional evaluation. *Eur J Heart Failure*, 5: 247-252, 2003.
71. Enright PL. The six-minute walk test. *Resp Care*, 48(8): 783-785, 2003.
72. Léger LA, Lambert J. A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict  $VO_2$  max. *Eur J Appl Physiol*, 49: 1-12, 1982.
73. Singh SJ, Morgan MDL, Scott S, Walters D, Hardman AE. Development of a shuttle walking test of disability in patients with chronic airways obstruction. *Thorax*, 47: 1019-1024, 1992.
74. Singh SJ, Morgan MDL, Hardman AE, Rowe C, Bardsley PA. Comparison of oxygen uptake during a conventional treadmill test and the shuttle walking test in chronic airflow limitation. *Eur Respir J*, 7: 2016-2020, 1994.
75. Payne GE, Skehan JD. Shuttle walking test: a new approach for evaluating patients with pacemakers. *Heart*, 75: 414-418, 1996.
76. Keell SD, Chambers JS, Francis DP, Edwards DF, Stables RH. Shuttle-walk test to assess chronic heart failure. *Lancet*, 352: 705, 1998.

77. Revall SM, Morgan MDL, Singh SJ, Williams J, Hardman AE. The endurance shuttle walk: a new field test for the assessment of endurance capacity in chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax*, 54: 213-222, 1999.
78. Morales FJ, Martinez A, Mendez M, Agarrado A, Ortega F, Fernandez-Guerra J, Montemayor T, Burgos J. A shuttle walk test for assessment of functional capacity in chronic heart failure. *Am Heart J*, 138(2): 291-298, 1999.
79. Morales FJ, Montemayor T, Martinez A. Shuttle versus six-minute walk test in the prediction of outcome on chronic heart failure. *Int J Cardiol*, 76(2-3): 101-105, 2000.
80. Solway S, Brooks D, Lacasse Y, Thomas S. A qualitative systematic overview of the measurement properties of functional walk tests used in the cardiorespiratory domain. *Chest*, 119(1): 256-270, 2001.
81. Macsween A, Johnson NJ, Armstrong G, Bonn J. A validation of the 10-meter incremental shuttle walk test as a measure of aerobic power in cardiac and rheumatoid arthritis patients. *Arch Phys Med Rehabil*, 82(6): 807-810, 2001.
82. Eiser N, Willsher D, Doré CJ. Reliability, repeatability and sensitivity to change of externally and self-paced walking test in COPD patients. *Respir Med*, 97:407-410, 2003.
83. Moloney ED, Clayton N, Mukherjee DK, Gallagher CG, Egan JJ. The shuttle walk exercise test in idiopathic pulmonary fibrosis. *Respir Med*, 97(6): 682-687, 2003.
84. Borg G, Ottoson D. *The perception of exertion in physical work*. London: McMillan; 1986.
85. Ware JE Jr, Sherbourne CD. The MOS 36-item short-form health survey (SF-36). I. Conceptual framework and item selection. *Med Care*, 30(6):473-483, 1992.
86. Bubien RS, Kay GN, Jenkins LS. *Symptom Checklist-Frequency and Severity Scale*. 1993.
87. Rector TS, Kubo SH, Cohn JN. Patient's self-assessment of their congestive heart failure. II. Content, reliability and validity of a new measure-The Minnesota Living with Heart failure questionnaire. *Heart Failure*, 3 :198-209, 1987.
88. AACVPR. *Guidelines for cardiac rehabilitation and secondary prevention programs*. Human Kinetics, Champaign, 1999.
89. Meyer K, Schwaibold M, Westbrook S, Beneke R, Hajric R, Lehmann M, Roskamm H. Effects of exercise training and activity restriction on 6-minute walking test performance in patients with chronic heart failure. *Am Heart J*, 133(4): 447-453, 1997.

90. Lucas C, Stevenson L, Johnson W, Hartley H, Hamilton MA, Walden J, Lem V, Eagen-Bengsten E. The 6-min walk and peak oxygen consumption in advanced heart failure: Aerobic capacity and survival. *Am Heart J*, 138(4): 618-624, 1999.
91. Gibbons WJ, Fruchter N, Sloan S, Levy RD. Reference values for a multiple repetition 6-minute walk test in healthy adults older than 20 years. *J Card Rehab*, 21: 87-93, 2001.
92. Lewis ME, Newall C, Townend JN, Hill SL, Bonser RS. Incremental shuttle walk test in the assessment of patients for heart transplantation. *Heart*, 86(2): 183-187, 2001.
93. Cohn JN. Quantitative testing for the cardiac patient: the value of monitoring gas exchange. *Circulation*, 76 (suppl. VI): VI-1-VI-2, 1987.
94. Morris CK, Ueshima K, Kawaguchi T, Hideg A, Froelicher VF. The prognostic value of exercise capacity: a review of the literature. *Am Heart J*, 122(5): 1423-1431, 1991.
95. Fletcher GF, Balady G, Froelicher VF, Hartley LH, Haskell WL, Pollock ML. Exercise standards. *Circulation*, 91(2) : 580-615, 1995.
96. ACSM. *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*. Lippincott, Williams and Wilkins, Philadelphia, 2000.

# **ANNEXES**

### Protocole du test de marche de 6 minutes<sup>41, 42</sup>

- Identifier un corridor peu occupé de 20 ou 30m de longueur.
- S'assurer que des chaises soient disponibles à chaque bout du corridor.
- Marquer le corridor à chaque mètre.
- Installer un appareil d'ECG portatif sur le patient.
- Prendre la fréquence cardiaque, la pression artérielle et la perception de l'effort sur l'échelle de Borg<sup>84</sup> avant et après le test.
- Communiquer les informations suivantes au patient:
  - La raison du test: connaître la distance maximale qu'il peut marcher en 6 minutes.
  - Faire des allers-retours aussi souvent que possible durant 6 minutes à leur propre rythme.
  - Il sera informé lorsque le temps sera écoulé.
  - Il peut arrêter s'il en ressent le besoin, mais il doit rester à l'endroit exact où il s'est arrêté, jusqu'à ce qu'il se sente apte à repartir.
  - Il doit faire un court demi-tour à chaque extrémité du corridor.
  - Il doit s'arrêter quand on lui demande et rester à l'endroit exact où il est.
- Encourager le patient à chaque minute.
- Ne pas converser avec le patient durant son test.
- Si on doit marcher à côté du patient, s'assurer de marcher à son rythme.
- Si le patient doit s'arrêter pour se reposer, laisser le chronomètre continuer.
- Regarder le patient marcher et compter le nombre de longueurs de corridor exécuté.
- Convertir la distance marchée en mètres.
- Demander au patient s'il se sent essoufflé ou fatigué.

### Protocole du test navette progressif<sup>73</sup>

- Identifier un grand local ou un corridor peu occupé.
- On devrait pouvoir y retrouver une distance  $\geq 10\text{m}$ .
- S'assurer que des chaises sont disponibles.
- Disposer des cônes à une distance de 9m l'un de l'autre (on estime à 0,5m la distance pour contourner les cônes).
- Installer un ECG portatif sur le patient.
- Prendre la fréquence cardiaque, la pression artérielle et la perception de l'effort sur l'échelle de Borg<sup>84</sup> avant et après le test.
- Communiquer les informations suivantes au patient:
  - La raison du test: connaître la distance qu'il peut parcourir en suivant un rythme imposé.
  - Faire des allers-retours autour des cônes en suivant le rythme imposé par une cassette ou un ordinateur.
  - Partir au moment où il entend les trois signaux de départ.
  - Le rythme augmente à chaque minute, il devra donc augmenter sa vitesse de marche au moment où il entend le signal indiquant que le palier change.
  - Il doit s'arrêter quand il se sent fatigué, essoufflé ou quand il ne peut plus suivre la cadence imposée.
- S'assurer que le patient suit toujours la cadence.
- Ne pas converser avec le patient durant son test.
- Si on doit suivre le patient, s'assurer de suivre le rythme imposé.
- Regarder le patient marcher et compter le nombre d'allers-retours complétés.
- Arrêter le patient s'il ne suit plus la cadence où s'il est dyspnéique, fatigué.
- Noter la vitesse du palier et inscrire la distance marchée en mètres.

**Tableau 1.** Protocole du test navette progressif<sup>73</sup>

Niveau	Temps (min)	Vitesse (m/s)	Vitesse (km/h)	Navettes de 10 m (n)	Distance cumulative parcourue (m)
1	1	0,50	1,8	3	30
2	2	0,67	2,412	4	70
3	3	0,84	3,024	5	120
4	4	1,01	3,636	6	180
5	5	1,18	4,248	7	250
6	6	1,35	4,86	8	330
7	7	1,52	5,472	9	420
8	8	1,69	6,084	10	520
9	9	1,86	6,588	11	630
10	10	2,03	7,308	12	750
11	11	2,20	7,920	13	880
12	12	2,37	8,532	14	1020

**Protocole du test à l'effort sur tapis roulant avec prise de la consommation  
d'oxygène<sup>3</sup>**  
(Naughton modifié)

- Le protocole de Naughton modifié doit être utilisé.
- Le patient doit être informé de la procédure du test et qu'il doit marcher tant qu'il s'en sent capable.
- Il doit se servir des rampes seulement pour conserver l'équilibre et non pas pour s'y appuyer. Des électrodes doivent être installées au patient afin de pouvoir obtenir une lecture sur 12 canaux.
- Une lecture d'ECG sera faite au repos en position couchée et debout, avant que le test débute, puis de façon continue lors du test et de la récupération.
- La pression artérielle sera prise au début du test, de même que dans la dernière minute de chaque palier.
- La perception à l'effort sera appréciée à l'aide de l'échelle de Borg<sup>84</sup> au début du test et à la dernière minute de chaque palier.
- Le masque pour la prise de  $VO_2$ max sera également installé avant le début du test et une lecture continue des gaz sera faite à partir de ce moment et tout le long du test et de la récupération.
- Le patient devra donc marcher sur le tapis jusqu'à ce qu'il se sente incapable de continuer suite à l'épuisement.
- RER final: 1,10 de préférence.
- La récupération se fait par la suite en position couchée.
- Noter la durée totale du test, de même que le palier et la vitesse maximale atteints.

**Tableau 2.** Protocole du test à l'effort sur tapis roulant: Naughton modifié<sup>3</sup>

Niveau	Durée (min)	Vitesse (mph)	Pente (%)	VO <sub>2</sub> prédit ACSM
0 (repos)	2	0	0	3,5
1	2	1,0 (0,45 m/s)	0	6,18
2	2	2,0 (0,89 m/s)	3,5	12,25
3	2	2,0	7,0	15,63
4	2	2,0	10,5	19,01
5	2	2,0	14,0	22,39
6	2	2,0	17,5	25,77
7	2	3,0 (1,34 m/s)	12,5	29,66
8	2	3,0	15,0	33,29
9	2	3,0	17,5	36,91

1mph = 26,8m/min.

1km = 0,6mile

Formule de l'American College of Sports Medicine (ACSM)<sup>96</sup>:

$$VO_2 = 0,1 \times \text{vitesse (m/min.)} + 1,8 \times \text{vitesse (m/min.)} \times \text{pente (fraction)} + 3,5$$

**Échelle de Borg<sup>84</sup>****6****7** très, très léger**8****9** très léger**10****11** léger**12****13** un peu difficile**14****15** difficile**16****17** très difficile**18****19** très, très difficile**20**

Weg der Erde