



ELSEVIER
MASSON

Available online at
SciVerse ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France
EM|consulte
www.em-consulte.com

Annals of Physical and Rehabilitation Medicine xxx (2012) xxx–xxx

ANNALS
OF PHYSICAL
AND REHABILITATION MEDICINE

Update article / Mise au point

Non-pharmacological strategies in cardiovascular prevention: 2011 highlights

Prise en charge non pharmacologique en prévention cardiovasculaire :
les faits marquants en 2011

T. Guiraud^{a,b}, M. Labrune^{b,c}, M. Gayda^{d,e,f}, M. Juneau^{d,e,f}, V. Gremeaux^{d,e,f,g,*h,i}

^a Clinique Saint-Orens, centre de rééducation cardiovasculaire et pulmonaire, 12, avenue de Revel, 31650 Saint-Orens de Gameville, France

^b Inserm U1048, équipe 8, bâtiment I2MC, 1, avenue Jean-Poulhès, 31059 Toulouse cedex 9, France

^c Unité de réadaptation cardiaque ambulatoire, fédération des services de cardiologie, université Paul-Sabatier, CHU de Toulouse, 31059 Toulouse, France

^d Centre de médecine préventive et d'activité physique (ÉPIC) de l'Institut de cardiologie de Montréal, Montréal, Canada

^e Centre de recherche, Institut de cardiologie de Montréal, Montréal, Canada

^f Département de médecine, université de Montréal, Montréal, Canada

^g Pôle rééducation-réadaptation, CHU de Dijon, BP 77908, 23, rue Gaffarel, 21079 Dijon, France

^h Inserm U1093 « Cognition, action et plasticité sensorimotrice », 21078 Dijon, France

ⁱ Inserm CIC-P 803, plateforme d'investigation technologique, CHU de Dijon, 21033 Dijon, France

Received 16 February 2012; accepted 16 March 2012

Abstract

The clinical efficacy of cardiac rehabilitation programs is clearly recognized. Yet, as regards the three main currently employed strategies (exercise, education, and psychobehavioral support), new ideas regularly appear, stemming from studies aimed at providing proof of their efficacy and innocuousness, along with optimal modes of prescription and, at times, their cost–benefit ratio. This ongoing work, which was initially developed in view of enriching the “What’s new in?” section of the Sofmer website, represents a selection of articles that may be non-exhaustive, yet is maximally diversified and as representative as possible of the main 2011 highlights in the field of cardiovascular prevention. Each of the articles selected puts forward an original idea, confirms the existence of an effect that was suspected or has had some impact on clinical practice in the field of non-pharmacological management of cardiovascular disease. In line with the multidisciplinary approach of Physical Medicine and Rehabilitation (PMR), the Sofmer cardiovascular rehabilitation group has associated itself with a wide range of specialists (PMR, cardiologists, exercise physiologists, experts in the science and technology of physical activities), all of whom are involved in clinical research and the management of more and more patients. Our objective was consequently to compile a selection of commented articles most likely to interest the different operatives (doctors, nurses, physiotherapists, dietitians, adapted physical activity instructors, psychologists) working with these patients in rehabilitation units or in phase III associative structures. Their goals may vary: (1) learners may wish to further their knowledge of cardiac rehabilitation techniques; (2) practitioners may be interested in continued education but not have the time for regular bibliographic updates; (3) researchers may be intent on informing themselves on the latest breakthroughs and/or arousing their imagination. . . Enjoy your reading!

© 2012 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

Keywords: Prevention; Cardiac rehabilitation; Non-pharmacological strategies

Résumé

Les preuves de l'efficacité clinique de la RC ne sont plus à faire. Cependant, au sein des trois grandes modalités de prises en charge disponibles (exercice, éducation ou soutien psychocomportemental), de nouvelles idées apparaissent régulièrement, issues de travaux visant à prouver leur efficacité, leur innocuité, leurs modalités optimales de prescription et parfois leur rapport coût–bénéfice. Ce travail, initialement développé dans le but d'alimenter la rubrique « What's new in? » du site de la Sofmer, représente une sélection non exhaustive, mais la plus diversifiée et représentative possible des principaux faits marquants dans le domaine de la prévention cardiovasculaire sur l'année 2011, à partir d'articles

* Corresponding author.

E-mail address: vincent.gremeaux@chu-dijon.fr, vincent.gremeaux@orange.fr (V. Gremeaux).

présentant une idée originale, confirmant un effet suspecté, ou ayant un impact sur la pratique clinique dans le domaine de la prise en charge non pharmacologique. Dans l'esprit pluridisciplinaire caractéristique de la médecine physique et réadaptation (MPR), les responsables de cet axe se sont associés à des spécialistes de divers horizons (médecins rééducateurs, cardiologues, physiologistes de l'exercice, spécialistes des sciences et techniques des activités physiques) impliqués dans la prise en charge et la recherche clinique de ces patients toujours plus nombreux. L'objectif est ainsi de fournir une sélection d'articles commentés qui pourront intéresser les différents intervenants amenés à côtoyer ces patients au sein des unités de réadaptation, ou dans les structures associatives en phase III (médecins, infirmières, kinésithérapeutes, diététicien(ne)s, enseignant(es) en activité physique adaptée, psychologues) quels que soient leurs objectifs : amélioration des connaissances dans le domaine de la RC pour les moins familiers avec cette pratique, formation médicale continue pour les praticiens impliqués dans le domaine mais manquant de temps pour les mises à jour bibliographiques régulières, chercheurs souhaitant connaître les dernières avancées et/ou stimuler leur imagination... Bonne lecture !

© 2012 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Mots clés : Prévention ; Réadaptation cardiaque ; Thérapeutique non pharmacologique

1. English version

1.1. Glossary

CR	cardiac rehabilitation
ET	exercise testing
HRR	heart rate recovery
MAP	maximal aerobic power
HIIE	high-intensity interval exercise
MICE	moderate-intensity continuous exercise
ACS	acute coronary syndrome
RR	relative risk
CI	confidence interval
ANS	autonomic nervous system
VO ₂	oxygen consumption
VO ₂ max	maximal oxygen consumption
BMI	body mass index

1.2. The overall effects of cardiac rehabilitation

1.2.1. Goel K, Lennon RJ, Tilbury RT, Squires RW, Thomas RJ. Impact of cardiac rehabilitation on mortality and cardiovascular events after percutaneous coronary intervention in the community. *Circulation* 2011;123(21):2344–52 [37]

This retrospective observational study carried out in Olmstead County (Minnesota) deals with the effects of the enrollment – or not – in a cardiac rehabilitation (CR) program following percutaneous revascularization (dilatation or stent). The data pertaining to 2395 consecutive patients having undergone revascularization between 1994 and 2008 were analyzed by means of three robust statistical methods. During the follow-up period (6.3 years on the average), the authors recorded 503 deaths including 199 for cardiac reasons, 394 cases of acute coronary syndrome (ACS) and 755 revascularization procedures. The rate of participation in the CR program was 40%, with an average of 13 sessions taking place over the 3 months subsequent to the procedure. The results with regard to the primary criteria show significantly less all-cause mortality (RR: –45% to –47%) in CR program participants, with a pronounced tendency towards diminished cardiovascular mortality, regardless of sex, age and degree of urgency of the indication for revascularization. No effect was noted as

concerns event recurrence or the new procedures. In order to explain this outcome, the authors put forward two hypotheses: (1) enhanced follow-up of the rehabilitating patients led to earlier detection and treatment of relapses; (2) the results were due to a diminution of the fatal events that led to an increase in non-fatal events, as is attested in this work by a lower composite rate of events (all-cause mortality + non-fatal heart attacks) in the rehabilitating group.

This work nonetheless shows a number of limitations, particularly as regards the lack of description of the rehabilitation programs carried out and a somewhat “elastic” definition of participation in the latter (participation in at least one session over the 3 months subsequent to the procedure) that may explain an inclusion rate higher than most of those generally reported in France and other European countries. Moreover, the indications for revascularization are not always clearly described. The study nonetheless has the interest of reflecting results encountered in “real life” and thereby differs from the clinical studies often opposing different types of management to each other. Such efforts have indeed underscored the interest of non-drug treatments, particularly for unstable angina [45], but they only partially reflect the usual experience of patients ideally benefiting from the two complementary types of management. Lastly, this work provides additional arguments of possible interest to the competent authorities in favor of the national and international recommendations on CR subsequent to revascularization for ACS (Class 1, Grade A), for stable angina and following planned angioplasty (Class 1, Grade B) [76]. On the other hand, at the end of 2011 a negative trial on the effects of CR was published, but various peculiarities and/or limitations mean that the results should be interpreted cautiously [96]. In this multicenter study conducted in Great Britain, the authors analyzed the clinical course of 1813 patient randomly divided into either a group undergoing CR (one or two outside sessions a week, for 6 to 8 weeks) or with control group receiving the usual care. The results were negative as regards the primary criteria, that is to say all-cause mortality at 2 years (RR = 0.98, 95% CI: 0.74–1.30) and also at 7–9 years (RR = 0.99, 95% CI: 0.85–1.15). Moreover, there was no difference as regards cardiac events, quality of life (excepting the SF-36 “physical function” sub-scale score) and physical activity. If these results should, so we repeat, be interpreted cautiously, there are several reasons. Firstly, the trial was prematurely interrupted on

account of the funder's withdrawal from a project in which calculation of the initial sample was predicated on inclusion of 3000 patients by category. Secondly, the study deals with patients included between 1997 and 2000; it is quite possible that since those dates, the CR programs have significantly changed. Lastly, these results are unlikely to be generalizable to other countries with different programs. Moreover and on the contrary, a meta-analysis recently conducted by Lawler et al. [57] confirmed once again a reduction of mortality and event recurrence following a heart attack in patients having benefited from CR based on functional restoration programs (FRP). The main new element in this meta-analysis consists in its highlighting the probable efficacy of short programs, but this finding remains to be confirmed by larger, randomized trials. To conclude, the effectiveness of short and intense programs with regard to quality of life, anxiety-depression and quality of sleep has also been reported on an open French study involving 101 patients [24].

1.2.2. Temfemo A, Chlif M, Mandengue SH, Lelard T, Choquet D, Ahmaidis S. Is there a beneficial effect difference between age, gender, and different cardiac pathology groups of exercise training at ventilatory threshold in cardiac patients? Cardiol J 2011;18(6):632–8 [92]

The objective of this work was to compare the benefits of an individualized exercise program carried out at the heart rate observed at ventilatory threshold (8 weeks, three sessions of 45 minutes per week) for patients included in a CR program in accordance with age, sex and type of pathology. The study included 188 patients (62 post-bypass, 62 post-angioplasty along with 54 post-infarction and 50 valve replacement patients). Maximum performance, peak VO_2 , VO_2 at ventilatory threshold and heart rate at rest were all enhanced in every patient, regardless of age, sex and type of cardiac pathology. This study confirms both the interest of proposing these programs to different types of patients and the premise that age should not represent a contraindication. On the whole, these results have been corroborated by the meta-analysis of Sandercock et al. [83] published at the end of 2011. The authors detail in revascularized post-infarction and angina patients the effects of the CR programs on exercise capacity and analyze the factors explaining the improvements (previous meta-analyses had rather dealt with their effects on morbidity). The combined results of 31 studies (3827 patients) show mean improvement of 1.55 METs (95% CI: 1.21–1.89; $P < 0.001$), which is a clinically relevant finding since it has been reported that an improvement of one MET gives rise to a 12% decrease in relative risk of mortality [71]. And in this analysis, even though patient characteristics substantially differ from those observed in the study by Temfemo et al. [92], it would appear that the gains are greater in patients having undergone at least 36 sessions, in young people and in men. Conversely, the improvements were independent of type of program (multidisciplinary or based on exercise alone) and initial exercise capacity, which means that the programs may constructively be proposed to even the most deconditioned patients. Finally, aside from physical characteristics and types

of cardiac pathologies, comorbidities can obviously impede CR programs. Nevertheless, in another study, Listerman et al. [59] tend to show that even if associated pathologies can indeed affect outcomes, all of the patients derive benefit from the programs. In their sample of 794 coronary patients (61.6 ± 10.6 years, 29% women) having taken part in a CR program between 1996 and 2008, the authors have analyzed the outcomes of three sub-groups: (1) no associated comorbidity ($n = 305$), (2) moderate comorbidity index (1 to 2, $n = 305$) and (3) index greater than 2 ($n = 184$). At the end of the program, improvement was noted with regard to the distance covered in the 6-minute walk test, BMI and quality of life in all three sub-groups. Among the youngest (< 56 years), the patients without associated comorbidity showed improvement significantly more pronounced than the patients under 56 years of age in the other two sub-groups. Conversely, among older patients, improvement was independent of the associated comorbidities.

1.2.3. Giallauria F, Acampa W, Ricci F, Vitelli A, Maresca L, Mancini M, Grieco A, Gallicchio R, Xhoxhi E, Spinelli L, Cuocolo A, Vigorito C. Effects of exercise training started within 2 weeks after acute myocardial infarction on myocardial perfusion and left ventricular function: a gated SPECT imaging study. Eur J Cardiovasc Prev Rehabil 2011 Sep 30 [34]

The goal of this work was to compare the evolution of exercise capacity and ventricular remodeling (evaluated with a technique more recent than thallium perfusion) in 50 patients having presented with ACS and ST-segment elevation (ACS-ST+); they were randomly divided into a “usual care” group ($n = 26$, dietetic and lifestyle counseling along with regular physical exercise) and an intervention group ($n = 24$, 6-month CR program starting 9 ± 3 days following the event). As expected, at 6 months only the intervention group showed a significant increase with regard to peak VO_2 , VE/VCO_2 slope and O_2 pulse along with improvement in residual stress ischemia evaluated by ECG-synchronized spectrometry, improvement in parietal kinetics at rest and post-stress and in parietal thickness, but not in the ejection fraction. The authors explain this last result by the possible need for a longer period enabling observation of a transfer to this parameter of the improvements induced by training in parietal kinetics. No modification of the myocardial perfusion or ventricular remodeling parameters was observed in the control group. The study presents some limitations: the amount of physical activity undertaken by the control group was not reported, and the essentially multidisciplinary nature of the rehabilitation program does not justify attribution of the observed effects to exercise alone. It nonetheless confirms the possibility of quite rapidly proposing these programs to patients having presented with ACS-ST+, in which case the inclusion rate of patients in rehabilitation could be increased, with the close proximity of the cardiac event perhaps rendering them more inclined to agree to admission to the cardiac rehabilitation wards. In any event, these results are in agreement with the meta-analysis put forward by Haykowsky et al. [47], who confirmed the positive effects of exercise on ventricular remodeling in stable post-infarction patients, with an effect on the ejection fraction

that was less and less pronounced the longer the time lapse between the acute event and the onset of rehabilitation. In fact, the most pronounced benefits occurred in the programs commencing the earliest and lasting at least 3 months. This trend has also been noted in management of heart failure patients, as is attested in the pilot study by Houchen et al. [50], who showed in 17 patients (including 13 men; mean age 67.3 ± 10.4 ; NYHA II–IV) hospitalized for acute left-sided cardiac decompensation the feasibility, innocuousness and effectiveness of a 6-month CR program starting within 4 weeks after discharge from intense care, and showing significant improvement within 1 year in exercise capacity (measured by shuttle-walking tests; one with respect to stamina, the other one incremental) and depression score as measured on the HAD scale (but not the anxiety score). Moreover, there were significantly fewer cases of hospital readmission within a year in comparison with the year preceding the acute episode triggering the CR.

1.2.4. Montiel-Trujillo A, Isasti-Aizpurua G, Carrasco-Chinchilla F, Jimenez-Navarro MF, Gomez-Gonzalez A, Bravo Navas JC, et al. Influence of cardiac rehabilitation on natriuretic peptides. Acta Cardiol 2011;66(5):641–3 [68]

This work deals with the question of the impact of exercise on the NT-proBNP ratio. The authors analyzed the evolution of this biological marker of left ventricular dysfunction before and after rehabilitation, and also before and after an exercise session, in 83 intermediate-to-high-risk patients. The exercise sessions brought about an increase of the NT-proBNP level that was less pronounced subsequent to the training. The patients presenting with ventricular dysfunction obviously likewise presented with higher NT-proBNP ratios and following the program, they showed mean exercise capacity improvement of 1.5 METs, whereas exercise capacity was not significantly enhanced in the sub-group with the lowest NT-proBNP ratios. The patients presenting with the highest initial levels achieved the most satisfactory functional recovery. The authors draw the conclusion that the NT-proBNP level might be useful in the selection of patients to be included in CR programs. These results are in congruence with those reported by Giallauria et al. [35], who claim that the degree of diminution of the NT-proBNP ratio could serve as a predictor of ventricular remodeling [36]. Nevertheless, a still more recent HF-Action study showed that though NT-proBNP ratio was the best predictor of VO_2 in the cohort of heart failure patients studied, the correlation remained relatively weak and that for the most part, exercise capacity variability was not adequately explained by clinical and biological factors [28].

1.2.5. Jolly MA, Brennan DM, Cho L. Impact of exercise on heart rate recovery. Circulation 2011;124(14):1520–6 [53]

Enhanced functioning of the autonomic nervous system (ANS) is a classic effect already objectified in several previous works on coronary and heart failure patients. The aim of this study was to determine whether or not improved heart rate

recovery (HRR) is a major prognostic criterion with regard to coronary patients. With this in mind, 1070 patients included in a CR program underwent a HRR analysis before and immediately following an endurance program. The results showed that lack of HRR improvement as measured 1 minute after the exercise testing (exercise stress test) was an accurate predictor of mortality (RR at 2.15; 95% CI: 1.43–3.25, $P < 0.05$) (mean patient follow-up: 8.1 years). This study represents a breakthrough in the evaluation of patients having undergone CR programs; the chosen criterion is simple, inexpensive and potentially applicable to all patients involved. It should nonetheless be mentioned that its evaluative use entails strict respect of an invariably similar protocol for measurement of the heart rate immediately following the exercise testing. For example, in this study the exercise stress test was carried out on a treadmill with active recovery at 2.4 km/h with a 2.5% slope. On the basis of previous work, the threshold selected in consideration of a normal recovery was a heart rate decrease strictly greater than 12 beats a minute.

The study nonetheless presents some limitations, the main one being that it constitutes a retrospective trial requiring confirmation through new work. The outcome reported nevertheless underlines the interest of CR in detection of patients at particularly high risk of mortality, as was already shown in another study [90] of a heart failure population, with lack of VO_2 peak improvement constituting a predictor of higher morbi-mortality. These findings suggest a need to modify the latter-stage therapeutic approach towards patients remaining at high cardiovascular risk notwithstanding the CR program.

In addition, this study offers no window on the evolution of the parameters reflecting ANS activity subsequent to the CR period. Fortunately, however, another essay published in 2011 allows for an answer to the preceding question [61]. The attendant study included 28 patients in the wake of ACS (STEMI and non-STEMI heart attacks) randomly divided into two groups (exercise vs. non-exercise/control). They were evaluated at 2 to 5 days, 1 month, 3 months and 7 months after ACS in terms of not only functional parameters (VO_2 peak), but also spontaneous baroreflex sensitivity (SBR) and muscle sympathetic nerve activity (MSNA). At 3 months and 7 months, the results showed SBR, MSNA and VO_2 peak improvement in comparison with the control group. While these results confirm those of other studies [60], in this instance they involve a larger population. The ANS analysis, in particular, might serve as an efficiency marker with regard to CR programs and could facilitate future decisions as to (re)providing medical care in accordance with whether or not the ANS parameter has been altered following ACS. It would appear that the effects of exercise retraining on the ANS are quite pronounced; in this study, the parameters of evaluation, particularly MSNA, have at 3 months improved in the exercise group and become comparable to those of matched healthy subjects after 7 months of exercise. It would consequently make sense that CR programs, which in France are generally of short duration (3 to 6 weeks) be relayed by phase III programs facilitating maintenance of regular physical activity.

1.3. Muscle strengthening–alternative training methods

1.3.1. *Berent R, von Duvillard SP, Crouse SF, Sinzinger H, Green JS, Schmid P. Resistance training dose response in combined endurance-resistance training in patients with cardiovascular disease: a randomized trial. Arch Phys Med Rehabil 2011;92(10):1527–33 [4]*

This work was aimed at measuring the effect of resistance training workload complementary to aerobic exercise in patients undergoing a phase 2 or phase 3 CR program. Two hundred and ninety-five (295) patients (62.7 ± 11.7 years) were randomly divided into groups carrying out at each training session either 2×12 repetitions (REPS) or 3×15 REPS of exercises involving the large muscle groups solicited in daily life activities (two sessions a week for 5 or 6 weeks). The workload was determined by a preliminary test in which the patient was asked to perform 13 to 15 repetitions at levels 4 to 6 on a modified 7-level Borg scale (MBS), with the workload meant to represent approximately 50% of maximal capacity (I-RM). The results show no difference between the two groups as concerns improved muscle strength, exercise capacity, and the hemodynamic and biological parameters under consideration, and no adverse side effects were to be noted. The authors conclude that the fact of practically doubling the number of muscle exercises (45 repetitions in three series vs. 24 repetitions in two series for each muscle group) yields no supplementary benefit. The study presents some limitations insofar as the population studied was highly heterogeneous with regard to both the pathology (post-ACS, post-bypass or valve surgery, heart failure) and to the time lapse with respect to the diagnosis or the acute event. The resistance training workload used in the study was comparable to the recommendations of the German Federation for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation [6], but this study was one of the first major trials to attempt comparison of the effects of different training volumes on muscle strengthening. On this subject, the effects of programs combining muscle reinforcement with aerobic exercise were confirmed in 2011 in a meta-analysis including 12 different studies, and it would consequently appear important to pursue work facilitating personalized muscle strengthening prescriptions with optimal cost–benefit ratio while taking into account comorbidities, particularly in the bones and joints, for which a 50% prevalence has been reported by Marzolini et al. [62]. Even in these types of patients, the authors report improvement, provided that the prescription is sufficiently customized, and its adaptation to their needs necessitates the array of multidisciplinary skills proper to CR units.

1.3.2. *Carvalho VO, Roque JM, Bocchi EA, Ciolac EG, Guimaraes GV. Hemodynamic response in one session of strength exercise with and without electrostimulation in heart failure patients: A randomized controlled trial. Cardiol J 2011;18(1):39–46 [12]*

This work was aimed at evaluating acute hemodynamic responses (heart rate along with systolic and diastolic blood pressure) during a muscle strengthening session involving the

quadriceps (three series of eccentric contractions of the quadriceps of the dominant leg in a standing position) and associated or not associated with electrostimulation of the medial and lateral vastus muscles at an intermediate frequency (50 Hz) in 10 heart failure patients (mean left ventricular ejection fraction $31 \pm 5\%$). The authors report no difference between the two conditions in terms of heart rate or blood pressure; moreover, there was no complaint of muscle pain immediately following or 24 hours after the exercise. This work brings together two kinds of strength training of particular interest in deconditioned patients, namely eccentric muscle exercise and neuromuscular electrostimulation (ESM). As regards the latter, the scientific community taken as a whole henceforth recognizes its pertinence in conservation and/or recovery of muscle mass during or after a period of immobilization or non-utilization [3]. The technique has been the subject of several, mainly European studies pertaining to its efficacy in improvement of effort capacity (VO_2 peak) and functional capacities (6-minute walk test) as well as muscle strength itself [19,20,46]. In 2012, these works constituted the subject of a meta-analysis confirming the effectiveness of this technique as concerns the VO_2 peak in comparison with a control group receiving the usual care without exercise or undergoing sham electrostimulation (mean improvement ± 46.9 m). This analysis also took note of a highly positive effect on quality of life as measured by the Minnesota Living with Heart Failure score. Moreover, total duration of the functional electric stimulation was highly correlated with VO_2 peak gain. In comparison with aerobic retraining, on the other hand, this meta-analysis did not reveal differences as concerns quality of life, muscle strength or distance covered in the 6-minute walk test, while the VO_2 peak appeared to have significantly improved with aerobic retraining ($+0.32$ mL/kg per minute). To conclude, it should be mentioned on the one hand that the just-cited results are based on a small number of studies including relatively few patients, and on the other hand that in association with increasingly convincing demonstrations of the technique's efficacy, the work by Carvalho et al. serves to underline its interest as an alternative, particularly with regard to highly deconditioned or frail patients and in cases where dynamic retraining is out of the question.

Moreover, eccentric muscle strengthening could also be an interesting alternative for these patients insofar as it facilitates higher gains of muscle strength along with lowered oxygen consumption [56]. Even though it still meets up with some reluctance stemming from fears of the delayed–onset muscle soreness frequently encountered in sports practice, its hemodynamic tolerance and its effectiveness in improving exercise capacity and muscle strength have already been confirmed in coronary patients [65,88], and a recent study likewise demonstrated its functional benefits through improved performance in standardized walk tests [39]. Even more recently, tolerance for eccentric muscle strengthening was shown in patients with severe chronic obstructive bronchopneumopathy (COPD) [80], and its application in heart failure patients may legitimately be envisaged, since the intrinsic

alterations affecting the skeletal muscles of these patients appear comparable to those reported in cases of COPD [79].

1.3.3. Caminiti G, Volterrani M, Marazzi G, Cerrito A, Massaro R, Sposato B, et al. Hydrotherapy added to endurance training versus endurance training alone in elderly patients with chronic heart failure: a randomized pilot study. Int J Cardiol 2011;148(2):199–203 [11]

This work was aimed at determining whether or not management combining hydrotherapy (HT) and aerobic endurance training (ET) is superior to ET alone in heart failure patients. Twenty-one male patients (68 ± 7 years, left ventricular ejection fraction $32 \pm 9\%$, NYHA classes II–III) were randomly divided into a combined training group (CT: HT + ET; $n = 11$) and a group undergoing ET alone ($n = 10$). There were three sessions a week for 24 weeks associating warm-ups (walking through water) and segmental exercises involving the upper and lower limbs through 10 repetitions by set of exercises, with the sets steadily increasing in number. The results showed significant improvement in both groups in the distance covered during the 6-minute walk test, but the improvement was significantly more pronounced in the CT group. As for diastolic blood pressure and heart rate, only in the CT group was a significant diminution recorded. In both groups, muscle strength improved, without intergroup difference. The authors conclude that for these types of patients, the combined program improves functional walking capacities as well as the hemodynamic profile. Were these results to be confirmed, hydrotherapy could be envisioned as an interesting addition to classical aerobic exercise insofar as it allows for variations in the kinds of exercises offered. More specifically, it may constitute a worthwhile alternative for obese patients, both enhancing their comfort level and minimizing risk of bone or joint injury.

1.3.4. Bosnak-Guclu M, Arikan H, Savci S, Inal-Ince D, Tulumen E, Aytemir K, et al. Effects of inspiratory muscle training in patients with heart failure. Respir Med 2011;105(11):1671–81 [7]

This study was aimed at evaluating the effects of specific training of the inspiratory muscles (IMT) with regard to functional capacity and balance, respiratory and peripheral muscle strength, pulmonary function, dyspnea and fatigue, depression and quality of life in heart failure patients. In this double-blind prospective study, 30 patients (NYHA II–III, LVEF $< 40\%$) were randomly divided into a group benefiting from IMT at 40% of maximal inspiratory pressure ($n = 16$) and a group undergoing sham training (15% of maximal inspiratory pressure, $n = 14$) over 6 weeks. All of the analyzed parameters showed more significant improvement in the 40% group, except for quality of life and fatigue, which showed improvement without intergroup difference. The authors draw the conclusion that this kind of training should be more frequently included in cardiopulmonary rehabilitation programs. Their results provide confirmation of those reported in 2004 by Laoutaris et al. [55]. Cardiac rehabilitation units could derive substantial benefit from investment in special

equipment that would not only help the directly concerned patients, but could usefully be extended to all patients at the postoperative stage, especially those presenting with respiratory complications.

1.4. Exercise prescription and the question of exercise intensity

1.4.1. Mourot L, Tordi N, Bouhaddi M, Teffaha D, Monpere C, Regnard J. Heart rate variability to assess ventilatory thresholds: reliable in cardiac disease? Eur J Cardiovasc Prev Rehabil 2011 Sep 13. [Epub ahead of print] [70]

This study applies to heart failure and/or coronary patients an original idea developed in 2006 with regard to healthy subjects practicing sports [14] and involving the determination of ventilatory adaptation thresholds (first and second ventilatory thresholds) from heart rate variability registered by heart-rate monitoring alone, without resorting to pneumotachographic measurement of the respiratory parameters. With their 14 heart failure and 24 coronary patients, the authors compared the determinations of thresholds from the RR intervals that were analyzed in comparison with the determination derived from the exercise test in accordance with the same incremental exercise protocol. As regards existing methods of analysis of the RR interval, three were tested, and the first dealt solely with how the standard deviation of RR intervals (SDNN) evolved over successive one-minute periods, its diminution being interrupted during the exercise. As for the second method, it measured over successive one-minute periods the variability (standard deviation) of the differences between the successive RRs over during each period. Using the curve, the experimenters tried to detect the moment at which the aforementioned variability no longer diminishes during exercise (i.e. diminution less than 1 ms with regard to the preceding period). Finally, the third method takes into account the instantaneous spectral analysis by fast Fourier transform (FFT) of the RR figures. Using this analytical software, the data curve is divided into successive 3-second periods, which leads to extraction of the peak frequency (fHF) of heart rate variability (HRV) and of high-frequency spectral power, that is to say for frequencies ranging from 0.5 to 1.8 Hz (HF), with the result of these two frequency measurements being monitored during the incremental exercise. In order to calculate the ventilatory thresholds, it is necessary to locate a first breakpoint (first ventilatory threshold) and then a second breakpoint (second ventilatory threshold) during the test. The outcomes of this study show that contrarily to the first two methods proposed, the third method is quite satisfactorily correlated with the classical determination of the ventilatory thresholds through gas-exchange analysis (mean difference in heart rate less than 5%, correlation coefficient of 0.78 (VT1) and 0.95 (VT2), $P < 0.05$). This method for evaluating thresholds is quite promising insofar as it may be carried out in more ecological contexts (field tests) or in cases where respiratory parameters cannot be measured, namely in centers lacking the necessary equipment or not having a specialist with expertise allowing for interpretation of the results drawn from gas-exchange measurement.

1.4.2. Schnohr P, Marott JL, Jensen JS, Jensen GB. Intensity versus duration of cycling, impact on all-cause and coronary heart disease mortality: the Copenhagen City Heart Study. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2012;19(1):73–80. Epub 2011 Feb 21 [84]

This study was aimed at examining the impact of the two exercise parameters, that is to say exercise intensity and duration, on all-cause and on coronary heart disease death. 5106 apparently healthy cyclists, aged from 20 to 90 years, were included and monitored for 18 years. The results showed that relative intensity, and not duration, was closely associated with the figures registered for both all-cause and heart disease death. The study was conducted with a large cohort and the results reinforce the idea that in order to optimally affect health, exercise intensity should be prescribed as precisely as possible, and not be neglected in favor of longer sessions at lesser intensity. The authors consequently recommend that adults in primary prevention pedal vigorously rather than slowly.

1.4.3. Guiraud T, Nigam A, Juneau M, Meyer P, Gayda M, Bosquet L. Acute responses to high-intensity intermittent exercise in CHD patients. *Med Sci Sports Exerc* 2011;43(2):211–7 [44]

This study was aimed at carrying out a comparison, in stable coronary patients, between acute cardiorespiratory responses following a session of high-intensity interval exercise (alternation of 15 s phases at 100% of peak power output [PPO] with 15 s phases of passive recovery) and a continuous isocaloric exercise session carried out at 70% of PPO. No clinical, electrical or biological signs of ischemia (troponin T measurement), significant arrhythmia or abnormal blood pressure response were observed. Notwithstanding a degree of exercise intensity equal to 100% of PPO, all of the patients preferred the interval exercise protocol, with a mean score on the Borg scale of 14 ± 2 for HIIE versus 16 ± 2 for the continuous exercise (MICE) ($P < 0.05$). This result may be explained by possible metabolic recuperation during the passive recovery phases (lowered VO_2 , energy restocking). Nevertheless, even when a patient refrains from pedaling during the 15-second passive recovery intervals, the energy expenditure remains high, and an excellent effectiveness-comfort ratio is thereby attained.

Patients' preference for HIIE may also be due to a sensation of lessened dyspnea, since mean ventilation was pronouncedly lower (58.9 ± 14.2 and 49.8 ± 8.2 L/min for moderate-intensity and high-intensity exercise respectively $P < 0.001$). As dyspnea is a factor that limits exercise, HIIE could help to improve long-term commitment to the CR program. Moreover, the change in rhythm imposed by the exercise is perceived by the patient as playful, which means that at times he forgets about the amount of effort to be exerted, and is that much more inclined to observe the rules [43]. Finally, HIIE appears particularly interesting because in addition to its more pronounced effect on improvement of the VO_2 peak, this type of intense exercise (85–100%) of the VO_2 peak is also more effective than MICE in reduction of cardiovascular risk factors [73] and insulin resistance [22,74].

1.4.4. Meyer P, Normandin E, Gayda M, Billon G, Guiraud T, Bosquet L, et al. High-intensity interval exercise in chronic heart failure: protocol optimization. *J Card Fail* 2012;18(2):126–33. Epub 2011 Nov 25 [64]

This study was aimed at comparing acute cardiopulmonary responses reported during the different HIIE protocols, and its goal consisted in characterizing the optimal protocol for heart failure patients. The principle was to assess duration of exercise tolerance time on an ergocycle in accordance with four distinct combinations that varied recovery intensity (0 to 50% of PPO) and exercise phase duration (30 s or 90 s) while the exercise/recovery ratio (1:1) remained the same, as did exercise phase intensity (100% of PPO). No heart rhythm disorder was observed, nor was there any biological ischemia stigmata (troponin T), ventricular overload or aggravated inflammatory syndrome. Taking into consideration total exercise time, preferred means of exercise, perception of effort, patient comfort and time spent at a high-percentage VO_2 peak, short-interval (30 s) exercise and passive recovery appeared to constitute the optimal HIIE protocol for these types of patients [66].

Most studies on training have involved long exercise intervals (3–4 min) and long recovery periods (close to 50% of maximal VO_2) [97,98]. These works are the present-day references, but unfortunately, up until now they have not dealt, in principle, with acute responses. Even given the highly encouraging results with regard to acute exercise in terms of cardiovascular responses and innocuousness, the feasibility of the protocol devised by Meyer et al. still needs to be validated throughout a training program. It should nonetheless be mentioned that it appears to be well-tolerated by patients with limited physical capacities.

1.4.5. Moholdt T, Aamot IL, Granoien I, Gjerde L, Myklebust G, Walderhaug L, et al. Long-term follow-up after cardiac rehabilitation. A randomized study of usual care exercise training versus aerobic interval training after myocardial infarction. *Int J Cardiol* 2011;152(3):388–90 [67]

In this randomized study, Moholdt et al. compared the effects of a supervised 12-week program at a center employing either continuous or high-intensity interval exercise on functional capacity and on the different biological markers of post-infarct patients. The results indicate that both types of exercise improve endothelial function, the level of adiponectin circulating in serum, and quality of life. They also help to reduce the circulating level of serum ferritin and the heart rate of a patient at rest. As for HDL cholesterol, only following the intermittent exercise program did its level increase. The VO_2 peak was significantly higher after HIIE than after traditional, continuous training ($P < 0.005$). Moreover, the difference between the groups in terms of VO_2 peak persisted after 30 months of home follow-up ($P < 0.005$). These findings may be explained by a more pronounced improvement during the initial phase at the center along with a lessened decline during home follow-up, which would appear to once again show that given its playful aspect, HIIE has taken on a major

role in attempts to ensure that patients observe the rules of the game.

To sum up, HIIE appears to be highly suitable for the coronary patient and its superiority to continuous exercise has been established beyond the shadow of a doubt. That said, the time interval to be respected subsequent to an ACS before safely adding HIIE to rehabilitation programs remains to be defined.

1.5. Therapeutic education and intervention aimed at optimizing physical activity adherence

1.5.1. Brown JP, Clark AM, Dalal H, Welch K, Taylor RS. Patient education in the management of coronary heart disease. Cochrane Database Syst Rev 2011;12:CD008895 [8]

The effects of exercise and psychological support on patients with cardiovascular pathologies have already been submitted to meta-analysis performed by the Cochrane database, but this is the first Cochrane review specifically devoted to the effects of educational efforts on the morbi-mortality, the quality of life, and the medical costs incurred by coronary patients. The authors included 13 studies meeting the inclusion criteria, namely randomized controlled trials dealing with adult heart disease patients in which the main intervention was essentially educational, with at least 6 months of follow-up, and with publication having occurred after 1990. Thirteen trials involving 68,556 patients were included, with follow-up ranging from 6 to 60 months and interventions ranging from two simple clinic visits to 4-week residential programs with review sessions during an 11-month follow-up. The different interventions were essentially compared with the usual medical care programs. The authors did not find any effect on total mortality, cardiac events (coronary syndrome relapse, revascularization) or hospitalizations. Most of the studies reported improvement with regard to assorted quality of life aspects, but they provided no proof of the “across-the-board” superiority of educational intervention. Medico-economic analysis was rendered difficult on account of the need for comparison of the different currencies involved over different years, but it appears to show from an overall standpoint, this type of intervention is likely to be cost-effective. These results differ from those of the meta-analysis carried out in 2005 by Clark et al., and the respective studies differ in ways rendering them hard to compare. Clark et al. studied the impact of educational interventions on total mortality and coronary syndrome recurrence and found a significant effect in the 23 studies they considered. Brown et al. put forward some hypotheses meant to explain their results: a generally short follow-up period yielding a relative lack of analytical power on account of the limited number of events. The authors nevertheless recognize that rehabilitation programs should include educational interventions of which the efficacy with regard to smoking, diet, blood pressure and overall health awareness is now commonly admitted. To sum up, the effects of these disparate initiatives deserve to be confirmed by applying “hard” criteria. Moreover, it appears that the degree of effect

on total mortality (RR lowered by 25%) and morbidity (RR lowered by 17 to 42%) is clinically relevant, especially with regard to coronary diseases, given their high prevalence. These observations once again show how difficult it may be to connect the data provided by meta-analyses of which the results may vary in accordance with the inclusion criteria and periods, the parameters studied and the reality of clinical practice most ideally associating the three types of intervention: exercise, education and psychobehavioral support.

1.5.2. Pinto BM, Goldstein MG, Papandonatos GD, Farrell N, Tilkemeier P, Marcus BH, et al. Maintenance of exercise after phase II cardiac rehabilitation: a randomized controlled trial. Am J Prev Med 2011;41(3):274–83 [78]

Given the generally low physical activity adherence among patients having undergone a CR stay, it appears important to implement a strategy designed to combat the sedentary lifestyle to which an overwhelming majority of patients revert following hospital discharge, notwithstanding the functional awareness program and their newly acquired sensitivity to the importance of physical activity. This study is aimed at measuring the effectiveness of standardized home-based exercise counseling delivered over the phone, which is derived from a transtheoretical model and associated with use of an accelerometer ($n = 64$). Results are compared with those registered by a control group ($n = 66$) benefiting from neither support nor feedback. They show that intervention over the phone indeed helps patients to maintain some degree of physical activity (measured at 0, 6 and 12 months), to prevent negative behavioral changes and to increase effort tolerance [78]. The study consequently underscores the importance of post-hospitalization follow-up allowing patients to durably maintain the positive effects of their stay, preventing future cardiac events, and thereby limiting the number of hospital readmissions. With regard to heart failure patients, Domingues et al. have reported conflicting results involving a small number of subjects ($n = 48$); 3 months of telephone monitoring following an educational intervention during their stays in the hospital were relatively ineffective [23]. Aside from the dissimilar population, it is worthwhile to note that the calls were indeed limited to monitoring, and the disappointing results serve to underline the motivational and psychobehavioral importance of actual maintenance counseling over the phone.

1.5.3. Houle J, Doyon O, Vadeboncoeur N, Turbide G, Diaz A, Poirier P. Innovative program to increase physical activity following an acute coronary syndrome: randomized controlled trial. Patient Educ Couns 2011;85(3):e237–44 [51]

In this study, Houle et al. dealt with ACS patients and assessed the effects of the five personalized discussions they had with a nurse in visits associating behavioral support and explanation pertaining to physical activity with use of a pedometer. After 1 year of follow-up, they reported a significant impact on average steps/day and waist circumference [51]. The results of this study are in agreement with those reported by Moore et al., who set up a series of five 90-minute

visits comprised of three during the hospital stay and two over the 2 months subsequent to hospital discharge [69] and concomitantly showed that patients having undergone usual treatment were 76% more likely to discontinue physical activity within a year of discharge than the patients having benefited from the aforementioned intervention.

Whether it is a question of bringing activity into the daily lives of patients who have not benefited from a stay in the center or of maintaining the motivation of discharged patients with whom a multidisciplinary team has managed to instigate a new cycle of activity, it would appear that the new strategies, which include counseling, “exercise” visits, telephone monitoring and portable accelerometers, offer patients a number of opportunities to remain active. These types of interventions constitute a range of promising and inexpensive alternatives facilitating supervision of physical activity, especially during the maintenance stage, but they can in way replace a stay at a center.

1.5.4. Pavy B, Tisseau A, Caillon M. The coronary patient six months after cardiac rehabilitation: rehabilitation evaluation research (RER study). Ann Cardiol Angeiol (Paris) 2011;60(5):252–8 [77]

This work was aimed at studying the feasibility of a systematic follow-up interview focused on monitoring cardiovascular risk factors and on evaluating the results. This prospective open study was proposed to coronary patients admitted to the CR unit of the Machecoul center (Loire Atlantique) and residing within 50 km. The results show that this type of follow-up corresponds to both the wishes and the needs of the patients. Out of 229 eligible patients, only one refused to participate, while six were excluded from the study because they had discontinued the rehabilitation and 11 patients were not interviewed at 6 months (five for professional reasons, and six on account of a comorbidity). The interview also allowed for assessment of the effects of the program among the 202 patients finally included (mean age: 63.4 ± 10 years, 93% men, 17% subsequent to ACS, 23% subsequent to angioplasty and 75% subsequent to coronary bypass) and showed improvement as concerns the cardioprotective dietary score and the Ricci-Gagnon physical activity score (not validated in cardiac populations, but adapted to the needs of the study) and maintenance of functional walking capacities as evaluated by the 6-minute walk test. Moreover, the objectives of the relevant European recommendations were met in 70% of the patients with regard to LDL, in 64% with regard to arterial pressure, in 82% with BMI lower than 30 and in 36% with BMI lower than 25, in 67% as regards waist circumference (< 102 cm for men and 88 cm for women), and in 82% for non-smoking. Four non-fatal cardiac events and seven vascular events were reported. To conclude, this work offers a promising track in terms of monitoring and motivation, but given the short duration of the follow-up period and the probability that since the patients knew that they would be reevaluated at 6 months and improved their behavior accordingly (even if the improvement corresponded to a need), its findings require further confirmation. Moreover, recruitment bias existed insofar as the follow-up was proposed only to patients residing close to the center, even though travel time to the rehabilitation center seem likely to exert some

influence on participation and has been known to have a negative effect on inclusion in rehabilitation programs [9]. Finally, there is the question of the financial and human costs of this type of follow-up, and confirmation of its effectiveness may come to constitute an argument to be addressed to the authorities in view of developing “risk factor and exercise” follow-up visits at Phase III.

1.5.5. Cowie A, Thow MK, Granat MH, Mitchell SL. A comparison of home and hospital-based exercise training in heart failure: immediate and longterm effects upon physical activity level. Eur J Cardiovasc Prev Rehabil 2011;18(2):158–66 [15]

Since one of the factors affecting participation in rehabilitation programs is service availability and wait time [82], it would appear necessary to develop alternatives to the supervised programs taking place in a hospital center. This study was aimed at evaluating the effects of a hospital or home exercise training program on the amount of physical activity objectively measured by an activPALTM monitor enabling discernment of lying, sitting and standing periods along with the counting of steps taken by the patient. Sixty patients (mean age 70 years, NYHA II/III, 51 men/9 women) were randomly divided into a group training at home (ED), a group training in a hospital structure (EH) and a control group (C). The actual training consisted in a 1-hour circuit-training program carried out two times a week, for 8 weeks. The patients wore on their thighs an activPALTM device at baseline and at 8 weeks, and the patients in the two intervention groups wore it again, for 1 week, at 6 months. At 8 weeks, the patients in the EH group had significantly increased the number of steps taken in the framework of long-term walking and approximately corresponding to the continuous moderate efforts recommended, but the two programs had not led to other modifications in the amount of physical activity carried out. At 6 months, duration in the upright position had improved in the ED group, while the activity level had remained the same. The authors conclude that EH intervention allowed patients to walk over longer lapses of time, but it also appeared clinically relevant to note that at 6 months, a period of time during which patients frequently revert to inactivity and decline, activity had been maintained in both the ED and the EH groups. What is more, these results are congruent with those reported in the meta-analysis by Hwang et al. [52], who credited home exercise programs with positive effects as concerns the VO₂ peak, training duration, distance covered in the 6-minute walk test, as well as quality of life and hospital admission rate. It should nonetheless be mentioned that this meta-analysis involved studies with small samples and short follow-up, and that they essentially included men classified NYHA II-III, while the intervention was generally compared to usual care.

1.5.6. Worringham C, Rojek A, Stewart I. Development and feasibility of a smartphone, ECG and GPS based system for remotely monitoring exercise in cardiac rehabilitation. PLoS One 2011;6(2):e14669 [100]

The Australian authors initially take note of the fact that notwithstanding enhanced awareness of the obstacles to

participation in CR programs, which are undertaken by only around 30% of the clinically eligible patients in Australia, solutions resorting to new technology have failed up until now to take hold, even though they could facilitate more flexible monitoring. They have consequently developed a system allowing patients to follow a home-based program involving walking exercises during which ECG changes, speed and location are forwarded by a Smartphone to a secure server enabling real-time monitoring. The feasibility of this type of remote management was studied in six patients having presented with an ACS (mean age 53.6 years, mean BM 25.9 kg/m²) and who could not participate in a hospital-based program on account of distance and/or professional obligations. The program lasted 6 weeks and involved three walking sessions a week at an intensity determined on the basis of a 6-minute walking test, which was also monitored by a GPS system. The patients carried out 116 of the 134 scheduled sessions, in the majority of cases with no technical difficulties, the most frequently encountered problem being an occasional loss of GPS network coverage. No serious ECG event was reported, while two minor asymptomatic events (ST segment modification and supraventricular arrhythmia) rendered it necessary for a patient to be advised to suspend the exercises and consult a cardiologist, but finally without any therapeutic modification. The patients were satisfied with the system (main satisfaction rating: 4.8/5 points), finding it convenient and easy to expeditiously use (mean set-up and removal time: 3 minutes). From a clinical standpoint, improvement was observed as concerns distance covered, 6-minute walk test performance, the SF-36 physical component score and fewer symptoms of depression. Given today's popularizing of Smartphones, it would seem particularly interesting to employ them in the development of projects meant to monitor physical activity and/or organization of therapeutic education programs with regard to diversified cardiac pathologies, and to analyze the cost–benefit ratio found in these types of approach.

1.5.7. Dilles A, Heymans V, Martin S, Droogne W, Denhaerynck K, De Geest S. Comparison of a computer assisted learning program to standard education tools in hospitalized heart failure patients. Eur J Cardiovasc Nurs 2011;10(3):187–93 [21]

One possible track in improved management of the continually more numerous heart failure population consists in employing multimedia technology. This study was consequently aimed at comparing the effects of a computer-assisted learning (CAL) program with those achieved through the usual educational approach (T) (written brochures and oral encouragement) in terms of knowledge (evaluated by the Dutch Heart Failure Knowledge Scale) and self-care behavior (evaluated by the European Heart Failure Self-care Behavior Scale) along with satisfaction (evaluated by a questionnaire specifically drawn up for the study). The two programs were carried out during periods of hospitalization. Thirty-seven patients were randomly divided into a CAL

group ($n = 21$) and a T group ($n = 16$). There ensued significant improvement in terms of knowledge and of self-care at discharge and at 3 months in the two groups, without any difference between them. The CAL group patients did not encounter any major difficulties, and the rate of satisfaction was good. The authors draw the conclusion that it is necessary to develop further studies aimed at analyzing the effects of this approach in terms of morbidity and hospital readmission in conjunction with the medico-economic aspects. In the short term, it would seem that this alternative may be legitimately proposed, when available, in addition to the usual care management procedures.

1.5.8. Wittmer M, Volpatti M, Piazzalonga S, Hoffmann A. Expectation, satisfaction, and predictors of dropout in cardiac rehabilitation. Eur J Cardiovasc Prev Rehabil 2011 [99]

This work was aimed at studying how often, for what reasons, and on account of what factors CR programs were prematurely discontinued, as well as the degree of satisfaction. The authors proceeded to an analysis of medical, demographic and psychosocial data with regard to a cohort of 2521 patients consecutively included in a Swiss cardiac rehabilitation program from 1999 until 2008 (coronary heart disease: 85%; valvulopathy: 15%; others: 10%; age: 59.7 ± 11.4 years; 85% men). The satisfaction level was evaluated at 75%. The authors took note of 305 “dropouts” (12.9%), including 39 for cardiac reasons (1.7%). There existed significant differences between the patients who quit and the patients who completed the program as concerns peak exercise capacity at the time of the initial effort or stress test (116 ± 41 vs. 123 ± 39 watts), body mass index (28 ± 7 vs. 27 ± 4 kg/m²), diabetes prevalence (18 vs. 13%), smoking (32 vs. 16%), professional status (24 vs. 34% remaining active), widowhood (8 vs. 3%), level of studies (37.5 vs. 46.4% with higher education), white collar occupation (21 vs. 27%), and scores on the quality-of-life scale. In multivariate analysis, the independent predictors of premature cessation included low exercise capacity, high BMI, smoking, diabetes, and lack of family supports. This work with a large-scale cohort confirms how important it appears, in view of enhancing compliance with CR programs, to pay particular attention to and provide supportive counseling for subjects presenting the above characteristics. It would probably also be necessary to study these different predictors in the framework of long-term compliance.

1.5.9. Evans RA, Singh SJ, Williams JE, Morgan MD. The development of a self-reported version of the chronic heart questionnaire. J Cardiopulm Rehabil Prev 2011;31(6):365–72 [27]

This work was aimed at studying the psychometric properties of the self-administered version of the Chronic Heart Questionnaire (CHQ), which may serve as a valid, reproducible and change-sensitive instrument in evaluation of the perceived general health status of heart failure patients. Fifty patients completed the self-reported and interview-led

versions of the CHQ (CHQ-SR and CHQ-IL) at a 2-week interval in a random order, and 43 patients completed the CHQ-SR twice at a 2-week interval. Construct validity was evaluated in comparison with the Medical Outcomes Short Form 36 (SF-36), as was sensitivity to change (responsiveness) during a randomized trial comparing a CR program to the usual care procedures. The respective results of the two versions appear comparable, without any significant differences between the mean scores in each area. There nonetheless existed a slight improvement in the “emotional function” area from the first to the second completion of the SR version. There also existed moderate-to-high correlation between the different SR fields and the corresponding SF-36 components. As regards sensitivity to change, the two versions were comparable. In conclusion, this version appears to possess psychometric qualities comparable with those of the IL version, and it may prove to be particularly interesting and time-saving in studies evaluating quality of life and involving numerous patients.

1.5.10. Fornari L, Giuliano F, Pastana C, Vieira B, Caramelli B. Children first: how an educational program in cardiovascular prevention at school can improve parent's cardiovascular risk. Eur Heart J 2011;32:972–3 [Abstract supplement] [29]

In this work, which was presented at the ESC congress in Paris in August 2011, the authors studied the effects of an educational intervention on healthy lifestyle habits among Brazilian children receiving information on their parents' supposed cardiovascular risk. Indeed, documents intended for their parents were distributed to all the children involved ($n = 197$, corresponding to 323 parents, and in addition, the intervention group benefited of a one year multidisciplinary program on cardiovascular prevention adapted to their ages. At the beginning and at the end of the year-long intervention, the parents filled out a questionnaire pertaining to their dietary habits and physical activity, and the following measurements were noted down: weight, height, waist circumference, arterial blood pressure and laboratory test results. On inclusion, 9.3% (15 subjects) of the control group parents ($n = 161$ parents, mean age = 39 years, 53.4% women) and 6.8% (11 subjects) of the intervention group parents ($n = 162$ parents, mean age = 38 years, 55.5% women) presented with a 10-year cardiovascular disease risk greater than 10% according to the Framingham score. At 1 year, the risk dropped pronouncedly more in the intervention group (that is to say a 91% decrease, with just one parent at risk > 10%) than in the control group (that is to say a 13% decrease, with 13 parents still at risk > 10%) ($P = 0.0002$; 95% CI: 0.001–0.195). Even though the study deals with primary prevention and involves children, it perfectly illustrates the well-founded nature of educational approaches addressed to other members of the family, as is the case with regard to spouses in the CR program, and aimed at durably modifying family lifestyle habits, which can not be dissociated from individual care and management.

1.6. Cognitive, hemodynamic, muscular and cerebral responses to acute or chronic exercise in cardiac pathologies

1.6.1. Stanek KM, Gunstad J, Spitznagel MB, Waechter D, Hughes JW, Luyster F, et al. Improvements in cognitive function following cardiac rehabilitation for older adults with cardiovascular disease. Int J Neurosci 2011;121(2):86–93 [87]

This work was aimed at evaluating potential improvement with regard to cognitive impairment in patients benefiting from a CR program. Given their frequency and the fact that they are often misperceived, cognitive impairment have drawn particular attention over recent years when observed in patients with cardiovascular pathologies [85]. Such deficits have been reported in numerous areas, including memory, attention, and the executive functions [85]. Several explanatory hypotheses have been put forward: decreased cardiac output, low effort capacity, endothelial dysfunction, and decreased cerebral blood flow. Given the positive impact of CR with regard to these factors, it appears likely that CR would likewise have a positive impact on the cognitive functions. The authors consequently carried out an open study on 51 patients who had undergone 12 weeks of training (three sessions per week involving 1 hour of aerobic exercise in the form of circuit-training and 30 minutes of education). The following evaluations took place both before and after the program (at baseline and at discharge): (1) a battery of cognitive assessments: global (modified MMS); attention-executive functions (Trail Making Tests A and B; frontal assessment battery; letter-number sequencing); memory (Hopkins Verbal Learning Test: HVLT); brief visual memory test; delayed recall (recognition determination), language (Boston naming test short form), (2) treadmill stress test evaluation; (3) a transcranial Doppler test evaluating blood flow velocity in the middle and anterior cerebral arteries (36 out of the 51 patients). The authors took note of the existence of multiple cognitive impairments in 31% of the participants and also reported pronounced improvement of cognitive functions in all relevant areas with the single exception of language, lower blood flow velocity in the anterior cerebral artery alone, and marked improvement in exercise capacity (+2.7 METs). No association was found between the number of sessions attended and the aforementioned improvements. On the other hand, the authors found a correlation between improved exercise capacity and improved memory as tested by means of the HVLT. To sum up, there existed significant exercise capacity enhancement and ACA velocity diminution, but these factors do not appear to explain the cognitive improvements. What is more, the reported results should be interpreted cautiously since the population being studied was heterogeneous (post-ACS, post-heart surgery, heart failure, stable angina and/or high blood pressure), and the presence of depression, which might alter cognitive functioning, was not sought out prior to inclusion. The work nonetheless interestingly draws attention to the positive cognitive effects of CR, but it requires further confirmation, especially insofar

as the underlying explanatory mechanisms remain to be elucidated. As pertains to these mechanisms, focus on cerebral oxygenation appears particularly promising; a study conducted by de Tournay-Jetté et al. [18] on 61 elderly subjects having undergone a coronary bypass has shown that lowered preoperative cerebral oxygen saturation was definitely associated with the arrival of postoperative cognitive dysfunction. The same team has also demonstrated the benefits for these patients of postoperative cognitive training [17]. As a result, impairment could quite probably be detected and subsequently managed through the optimal combination of exercise and cognitive training.

1.6.2. Haykowsky MJ, Brubaker PH, John JM, Stewart KP, Morgan TM, Kitzman DW. Determinants of exercise intolerance in elderly heart failure patients with preserved ejection fraction. J Am Coll Cardiol 2011;58(3):265-74 [48]

The objective of this work, which included 48 elderly heart failure patients with preserved ejection fraction (HFPEF) and 25 healthy age-matched control subjects, consisted in determining the physiological mechanisms accounting for reduced VO_2 peak in these patients, who had not previously been studied with any degree of frequency. Left ventricular volumes (2D echocardiography), cardiac output (echocardiography), VO_2 and arterial-venous oxygen content difference (calculated by the Frick equation) were measured at rest and during incremental ergocycle exercise in the two groups. In comparison with the healthy control subjects, the HFPEF patients showed a lower VO_2 peak, which was associated with significantly lower cardiac output and arterial-venous difference. The strongest independent predictor of VO_2 peak was the variation of the arterial-venous difference between rest and maximal effort ((a-v) O_2 Diff reserve) in both the HFPEF patients and the healthy control subjects. Simultaneous cardiac output diminution and arterial-venous difference during effort significantly contribute to severe exercise intolerance in the HFPEF patients. The fact that the (a-v) O_2 Diff reserve served as an independent predictor of VO_2 peak suggests that peripheral, non-cardiac muscle-related factors are major contributors to exercise intolerance in these patients. In any event, this study confirms with regard to HFPEF subjects the results reported by Fu et al. [30] on the importance of peripheral muscle considerations as explanatory factors for exercise intolerance. And the fact that HFPEF patients constitute at least 50% of elderly heart failure patients [93] underscores the clinical interest of the questions being studied. Only subsequent work may determine what types of clinical intervention or what type of functional restoration program (aerobics/muscle strengthening) could maximally improve cardiac output and, particularly, muscular perfusion and muscle oxygen extraction in such a way as to maximally heighten the VO_2 peak. Additional studies will indeed be necessary in a heart failure population that, up until now, has been virtually neglected.

1.6.3. Fu TC, Wang CH, Hsu CC, Cherng WJ, Huang SC, Wang JS. Suppression of cerebral hemodynamics is associated with reduced functional capacity in patients with heart failure. Am J Physiol Heart Circ Physiol 2011;300(4):H1545-55. Epub 2011 Jan 28 [30]

This work included 101 heart failure patients (NYHA II and III) along with 71 healthy control subjects and was aimed at studying the underlying physiological mechanisms accounting for exercise intolerance on this type of population. The authors simultaneously measured and compared cardiopulmonary (ventilatory) as well as central, muscle and cerebral hemodynamic responses during an incremental maximal exercise test employing a bicycle ergometer. The central hemodynamic responses were measured by cardiac bioreactance and the muscle and brain hemodynamic responses were measured by near-infrared spectroscopy (NIRS) at the level of the vastus lateralis and the left frontal lobe. The younger control subjects had higher central hemodynamic (cardiac output), peripheral (arterial-venous difference), cerebral and muscle [Oxy-hemoglobin (O_2Hb) and total hemoglobin (THb)] levels during exercise than did the other groups (older control, heart failure class II). The central, peripheral, cerebral and muscle responses were weaker in the class III heart failure patients than in the class II heart failure patients and the older control subjects. Cardiac output along with cerebral and muscle responses (THb and O_2Hb) were positively correlated with the VO_2 peak along with the oxygen-uptake efficiency slope and negatively with regard to the VE- VCO_2 slope. The study demonstrates that a reduced cardiovascular response contributes to reduction of exercise tolerance in heart failure patients. The reduction of brain and muscle perfusion/oxygenation associated with exercise would consequently appear to result from reduced cardiac output and ventilatory inefficiency, particularly in class III heart failure patients. In clinical terms, it would appear that exercise intolerance in heart failure patients originates both centrally (cardiac output, cerebral hypoperfusion) and peripherally (arterial-venous difference, muscle hypoperfusion). Interventions such as interval training and muscle strengthening aimed at optimally improving cardiac output, cerebrovascular functioning and peripheral muscle use [16,97] should be privileged with regard to heart failure patients in view of reducing their exercise intolerance and enhancing their quality of life.

1.6.4. Fu TC, Wang CH, Lin PS, Hsu CC, Cherng WJ, Huang SC, et al. Aerobic interval training improves oxygen uptake efficiency by enhancing cerebral and muscular hemodynamics in patients with heart failure. Int J Cardiol 2011 Dec 22. [Epub ahead of print] [31]

Abnormal ventilatory and hemodynamic responses to exercise commonly contribute to diminished functional capacity in heart failure patients. This study was aimed at measuring the effects of interval training (IT) and continuous training (CT) on ventilatory efficiency along with central, muscle and cerebral hemodynamic responses in heart failure patients. Forty-five heart failure patients were randomly divided into an interval training group (IT: 3-minute intervals

at 80% of VO₂ peak, followed by 3 min at 40% of VO₂ peak for 30 min), a continuous training group (CT: 30 min at 60% of VO₂ peak) and a control group (CG). Cardiac output was measured by cardiac bioreactance and muscle and cerebral O₂ perfusion-extraction by near-infrared spectroscopy (NIRS) at the level of the vastus lateralis and the left frontal lobe. Following 12 weeks of intervention, the IT group showed more improvement in terms of the oxygen-uptake efficiency slope and the VE-VCO₂ slope than did the CT and CG groups. Moreover, only the IT group (and not the CT group) boosted its cardiac output and its muscle and cerebral O₂ perfusion-extraction during the exercise period. Multivariate analyses have shown that cardiac output is the main predictor of VO₂ peak and that cerebral and muscle THb are associated with the oxygen-uptake efficiency slope. Moreover, significant diminution of brain natriuretic peptide (BNP), myeloperoxidase and interleukin-6 levels along with higher quality of life scores (SF-36 and Minnesota Living with Heart Failure) have been demonstrated. Interval training (IT) would consequently appear to increase ventilatory efficiency and exercise tolerance while improving central and peripheral (cerebral and muscle) hemodynamics in the heart failure patient. What is more, IT diminishes the oxidative stress and inflammation associated with heart failure and enhances the quality of life of the concerned population. From a clinical standpoint, this study entails important repercussions with regard to heart failure management and exercise retraining for heart failure patients. It also confirms the superiority of IT in comparison to CT [97], of which the effects in the context of the study were distinctly limited. IT should consequently be preferred in a heart failure population so as to optimally enhance quality of life while significantly limiting oxidative stress and inflammatory manifestations. This type of training is particularly effective in improvement of ventilatory efficiency (lessened shortness of breath) as well as perfusion of peripheral cerebral and muscle tissues. The encouraging results have yet to be confirmed in more sizable cohorts, and it remains to be seen whether improved cerebral perfusion will be reflected in improved cognitive function in the impaired heart failure patient.

1.7. Walking tests and functional aspects

1.7.1. Cacciatore F, Abete P, Mazzella F, Furgi G, Nicolino A, Longobardi G, et al. Six-minute walking test but not ejection fraction predicts mortality in elderly patients undergoing cardiac rehabilitation following coronary Q8 artery bypass grafting. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2011 Sep 20. [Epub ahead of print] [10]

In patients having undergone coronary artery bypass grafting (CABG), age may possibly help to determine the possibility of predicting mortality on the basis of 6-minute walk test performances or the ejection fraction. Wishing to answer the question, the authors monitored 882 patients who had undergone CR subsequent to CABG, and they were stratified into two sub-groups: adults (< 65 years) and the elderly (> 65 years). Ejection fraction on admission to rehabilitation was respectively $52.6 \pm 9.1\%$ and $51.3 \pm 8.9\%$ in patients

under and over 65 years of age, and the distances covered during the 6-minute walk test were respectively 343.8 ± 93.5 m and 258.9 ± 95.7 m ($P < 0.001$). Mean follow-up was 42.9 ± 14.1 months, with a mortality rate of 8.2% in the adults and 10.9% in the elderly (non-significant difference). Regression analysis showed that ejection fraction higher than or equal to 50% and a performance higher than or equal to 300 m in the 6-minute walk test carried out at the beginning of CR appeared to be associated with lower mortality for the group taken as a whole. On the other hand, while ejection fraction was apparently “protective” in those under 65, that was not the case with those over 65, even though a distance of greater or equal to 300 m was associated with lessened mortality in the elderly subjects. Consequently, these two parameters would appear to independently protect bypass patients entering a rehabilitation program, with an association between more distance in the 6-minute walk test and lessened mortality in the most aged. These results serve to confirm the absence of strict parallels between on the one hand objective clinical parameters such as ejection fraction and mortality rate, and on the other hand the interest of the 6-minute walk test, bearing in mind that similar conclusions had already been drawn in older works exclusively focused on heart failure patients [5,58]. The interest of the walking test as a prognostic factor had not previously been studied with any frequency in cardiac pathologies, even though it may be performed soon after sudden cardiac arrest (SCA) [72]. This test is directly connected with aerobic capacities, and its intensity is in approximate correspondence with that of the ventilatory threshold in coronary patients [32] and with a rate of perceived exertion (RPE) of 14 on the Borg scale [91].

1.7.2. Gremeaux V, Troisgros O, Benaim S, Hannequin A, Laurent Y, Casillas JM, et al. Determining the minimal clinically important difference for the six-minute walk test and the 200-meter fast-walk test during cardiac rehabilitation program in coronary artery disease patients after acute coronary syndrome. *Arch Phys Med Rehabil* 2011;92(4):611–9 [40]

The minimal clinically important difference (MCID) is a concept defined as “the smallest difference in a score that patients perceive as beneficial and that would lead, in the absence of harmful side effects or excessive costs, to adaptations in care management”. MCID differs from the minimal detectable change, which indicates the amount of change necessary to exceed the measurement error. When interpreting clinical measurements, it matters to consider that even though small changes may be statistically significant, they are not necessarily clinically relevant. By using two methods, one of them subjective and the other objective (based on performance distribution) in walk tests repeated every 2 weeks during a rehabilitation program involving 81 stable coronary patients (58.1 ± 8.7 years), the authors showed that the MCID was comparable to the one reported by Holland et al. for chronic obstructive pulmonary disease patients [49]. The mean variation in the distance covered in the 6-minute walking test was -6.5 m for patients perceiving no improvement, as opposed to $+23.3$ m for those who perceived improvement in

their walking capacities ($P < 0.001$), a finding that was congruent with the distribution-based method of calculating the MCID (23 m). The threshold level of 25 m had positive or negative predictive value of 0.9 and 0.63 in detection of patients having perceived improvement. These figures were not in agreement with an MCID taking into account the judgment of the physiotherapist having supervised the training sessions. A distance of 25 m would consequently appear to be the minimal threshold allowing an intervention to be considered as providing an improvement that would be clinically perceptible by the patient and thereby enable the therapist to effectively interpret functional progress. Moreover, awareness of this threshold is helpful when calculating the number of subjects needed for clinical trials in which the 6-minute walk test constitutes one of the endpoint. For example, in order to show a predictable difference over 25 m between two groups, with a risk α and β of 5%, it would appear necessary to include 40 subjects in each group.

1.7.3. Gremeaux M, Hannequin A, Laurent Y, Laroche D, Casillas JM, Gremeaux V. Usefulness of the 6-minute walk test and the 200-metre fast walk test to individualize high intensity interval and continuous exercise training in coronary artery disease patients after acute coronary syndrome: a pilot controlled clinical study. Clin Rehabil 2011;25(9):844–55 [41]

International recommendations pertaining to the intensity of exercise sessions for coronary patients vary considerably, ranging from 50 to 80% of maximal exercise capacity [1]. Determination of a target heart rate is the most widely and routinely used method in France since it is simple, necessitates only minimal equipment (heart rate monitor or manual pulse-taking), and allows the patient autonomy in effort management. It is consequently common practice to recommend the performance of continuous exercises at a heart rate corresponding to the one observed at the ventilatory threshold (VT) during exercise testing. On the other hand, the effects of some medications, particularly negative chronotropes, and the phenomenon of cardiac drift may lead to underestimation of optimal intensity [91]. Moreover, VT determination necessitates analysis of respiratory gas exchanges, which in turn necessitates consequential human and material resources. As a result, the target heart rate is frequently calculated from equations based on the maximum heart rate observed during the exercise test. These equations have only rarely been validated in coronary patients, and French studies have shown that application of the widely employed Karvonen Formula may eventually lead to the “undertraining” of coronary patients [91]. In another study, the same team has shown that prescription for training on the basis of intensity as subjectively perceived on the Borg scale definitely leads patients to higher intensity than during the sessions prescribed at the VT heart rate, though remaining safe [91]. Given this finding, the authors tested a training prescription methodology based on the heart rate observed during the walking tests carried out at the onset of rehabilitation, and they postulated that these tests could combine the respective advantages of objective indicators

(heart rate) and subjective indicators (regulation of walking speed by the patients themselves). Three training modes were thence tested in 27 stable coronary patients: (A) continuous training at 70% of the maximal exercise test heart rate ($n = 10$); (B) continuous training at the heart rate observed at the end of the 6-minute walk test, which roughly corresponds to VT heart rate ($n = 8$) [33] and (C) interval training with 2-minute peak work periods at the heart rate noted at the end of the 200-m fast walk test, which corresponds to approximately 85% of the maximal heart rate [38] ($n = 9$). The results show significant ($P < 0.05$) and comparable improvement of walking capacities in the three groups. Improvement of the VO_2 peak (indirectly determined) was significantly more pronounced in group C than in group A. What is more and with regard to the continuous training modes, the patients trained on the basis of the 6-minute walk test heart rate were on the average closer to target heart rate during the rehabilitation sessions than those trained at 70% of maximal heart rate. This pilot study has its limitations (small sample of patients with relatively high capacities, total work differing from one group to the next) but is nonetheless in agreement with the data from the literature pertaining to the superiority of high-intensity interval training in these types of patients [81] and demonstrating the interest of using indicators other than maximum heart rate in the exercise test or at the VT [91]. In fact, the interest of this kind of training prescription individualization had already been underlined in older work on the elderly [75], and it was recently confirmed by a French team with regard to cystic fibrosis patients [42]. To conclude, and with all else being equal from an efficiency standpoint, one may deem it worthwhile to choose modes that are more functional than theoretical, easier to implement without a technically complex environment, comparably easy to readjust and with respect to which, patients are as close as possible to the stated objectives. Walking tests would appear to more than adequately meet these requirements, which could be particularly interesting for phase three patients (after the rehabilitation phase) pursuing supervised activity in “cardiac health club” associations lacking the material means that would allow them to reassess maximal capacities in a medical setting.

1.7.4. Massucci M, Perrero L, Mantellini E, Petrozzino S, Gamma F, Nocella A, et al. Cardiorespiratory comorbidity: a new challenge for physical and rehabilitation medicine specialist. Eur J Phys Rehabil Med 2012;18(2):126-33. Epub 2011 Nov 25 [63]

This work had two main goals: (1) to assess the frequency of cardiorespiratory comorbidities in Italian rehabilitation units admitting patients presenting with motor disorders of orthopedic or neurological origin and (2) to evaluate the impact of these comorbidities on the outcomes of the rehabilitation programs proposed to these patients. A questionnaire sent out to 33 units indicated length of hospital stay, need for transfer to acute care units, degree of satisfaction of the therapists as concerns the functional recovery of patients presenting with cardiorespiratory comorbidities. Sixteen units responded satisfactorily, allowing for analysis of the data pertaining to 909 patients, with large-scale incidence of

cardiovascular and respiratory pathologies (61.5%). Length of stay was significantly higher for these patients than for those without the comorbidities (46.5 ± 21 d vs. 37.3 ± 19 d), as was rate of transfer to acute wards (8.62% vs. 2.44%). Sixty-nine percent of the physicians questioned said they were “quite satisfied” with regard to the functional recovery of the patients with cardiorespiratory morbidities. What is more, the subgroup composed of neurology patients with cardiorespiratory pathologies presented a score significantly lower on the Functional Independence Measure (FIM) scale at admission compared to the patients without comorbidities (55.4 ± 20.6 vs. 73.7 ± 22.1). At discharge, however, there existed no significant FIM score difference between these two sub-groups. At a time when exercise retraining is being proposed with regard to an increasing number of incapacitating chronic pathologies including some that up until recently occasionally entailed exercise contraindications, this work underlines the extent to which cardiorespiratory pathologies exert a negative impact on length of stay and transfer to acute care of neurological and orthopedic patients, albeit with apparently little or no negative impact on functional outcome. It would consequently appear fundamental that the rehabilitating physician acquires at least minimal skills in the management and prescription of exercise that can have a favorable effect on the clinical evolution of associated comorbidities, and possibly minimize length of stay and incidence of acute complications.

1.8. Lower limb arteriopathy

1.8.1. Jones WS, Clare R, Ellis SJ, Mills JS, Fischman DL, Kraus WE, et al. Effect of peripheral arterial disease on functional and clinical outcomes in patients with heart failure (from HF-ACTION). *Am J Cardiol* 2011;108(3):380–4 [54]

This ancillary study by HF-Action constitutes a comparison of usual care vs. training + usual care over 1 year in heart failure patients with left ventricular ejection fraction less than 35% (NYHA II–IV), some of whom also presented with peripheral arterial disease (PAD), with the degree of influence of this type of comorbidity on clinical and functional outcome being poorly known. Among the 2331 patients included by HF-Action, 157 (6.8%) presented with PAD. At baseline and in comparison with non-PAD patients, they were characterized by shorter exercise test duration (8 vs. 9.8 minutes), a lower VO_2 peak (12.5 vs. 14.6 mL/kg per minute) and less distance covered during the 6-minute walking test (306 vs. 371 m). At 3 months, PAD patients showed less improvement in the exercise test (duration: +0.5 vs. +1.1 minutes) and moderate improvement as concerns the VO_2 peak (+0.1 vs. 0.6 mL/kg per minute). Even after adjustment for age, smoking or non-smoking, ischemic origin of the heart failure, and presence or absence of diabetes, the difference remained significant. PAD presence was shown to be an independent predictor of all-cause death and hospitalization. This work has limitations insofar as it constitutes an a-posteriori analysis of a study of which the initial design was not conceived as to test this hypothesis, and the population studied may not have been representative. What

is more, PAD prevalence was probably underestimated on account of having been limited to symptomatic cases since diagnosis was established on the basis of a dossier rather than a clinical or complementary examination. In practical terms, these data suggest the interest of screening by means of a simple test such as measurement of the systolic pressure index in view of detecting heart failure patients with a particularly unfavorable prognosis and of possibly customizing the exercise prescription for patients benefiting from rehabilitation. One must not forget that in this population, medication-based alternatives appear limited, the FDA having warned against use of phosphodiesterase inhibitors (Cilostazol) in heart failure patients.

1.8.2. Villemur B, Marquer A, Gailledrat E, Benetreau C, Bucci B, Evra V, et al. New rehabilitation program for intermittent claudication: Interval training with active recovery: pilot study. *Ann Phys Rehabil Med* 2011;54(5):275–81 [94]

In this prospective study, the authors tested the hypothesis according to which, interval training associating a period of non-maximal intensity exercise (70% of the patient's maximal walking capacities) with a period of active recovery (40% of the patient's maximal walking capacities) may combine the benefits of the high intensity reached during the effort phase with those stemming from low-intensity muscle activity characterizing the recovery phase. Eleven patients presenting with PAD (mean age: 68.3 years) underwent two weeks of treadmill training with two daily 30-minute sessions of increasing intensity. Each session consisted in a succession of five six-minute cycles, with 3 minutes of active effort followed by 3 minutes of active recovery. The training was associated with muscle strengthening exercises above and below the level of stenosis, with global gymnastic exercises and intermittent pressotherapy. All the patients completed the protocol without incident and said they were satisfied with the management. The walking distance covered significantly improved, increasing from 610 m on the average at the outset of the program to 1252 m at the end. This pilot study consequently provides a rational starting-point for an ambitious clinical trial, since the first-line treatment of intermittent arterial claudication is actually, in the absence of threatening injuries or cardiac contraindications, a form of reeducation [95]. That much said, the most effective intensity for efforts involving the lower limbs has yet to be agreed upon, nor has the question of whether or not provocation of muscle ischemia (claudication, cramp) should take place during reconditioning.

1.9. Conclusion–Synthesis and perspectives

Since the effectiveness of cardiac rehabilitation no longer needs to be proven, it would appear legitimate to propose it in the immediate aftermath of the acute episode, particularly by improving coordination between the acute care and the rehabilitation wards. The limitations of the different meta-analyses are often translations of the lack of possible conclusions with regard to certain populations (women, the

elderly), and the reality of the field, in which these populations are frequently under-represented. Some of the studies presented here allow us to follow through on these thoughts by showing that while the advantages are somewhat less pronounced, for instance in older subjects or those presenting with numerous comorbidities, they remain clinically relevant. The negative impact of type 2 diabetes on rehabilitation program outcomes has once again been underscored, and yet the underlying mechanisms remain poorly explained, so that it is rendered even more difficult to optimize the programs addressed to these patients. As regards exercise prescription, the recommendations of the American College of Sports Medicine (ACSM) employ a somewhat limited model that may be considered incomplete insofar as it takes into account only two considerations, namely maximized efficiency (improved physical aptitudes and/or health) and minimized risks (myocardial damage, muscle and bone injuries). A connection between physical activity compliance and pleasurable exercise sessions has nonetheless over recent years been more and more convincingly shown to exist. It would consequently appear necessary to reconsider the ACSM model by incorporating the notion of pleasure and thereby combating patient non-compliance subsequent to a cardiovascular rehabilitation program. As is quite cogently explained in two review articles by Ekkekakis et al. [25,26], a prescription for physical activity must evidently be effective and risk-free, and yet the main goal for therapists should be to seek out compliance while at the same time instigating pleasurable changes of life style. It would seem that the risk-benefit-pleasure triangle may be modified by exercise parameters (intensity, duration and frequency) in accordance with session supervision level, disease history, the social context, self-care skills and the stage reached in the rehabilitation program. Even though intermittent exercise was discretely added in 2007 to the AHA recommendations [1], precious little information as to its on-field prescription in a clinical framework is available for the clinician. The studies on high-intensity interval (or intermittent) exercise presented above tend to show that this technique responds effectively enough to the three requirements, and more particularly, notwithstanding the conventional wisdom, to the notion of pleasure or enjoyableness [2]. HIIE is consequently a promising type of training, but it has yet to be validated on large-scale patient cohorts. We are presently awaiting the results of a SMARTEX study on the effects of this exercise on a large cohort of heart failure patients [89]. Steadily more convincing proofs underline the higher effectiveness of interval training for heart failure patients [97] with regard to specific physiological (cardiac, endothelial) functions. It would likewise appear that this type of exercise has particularly positive effects in heart failure patients with regard to the perfusion of peripheral muscle and, especially, cerebral tissues. It will remain to be seen in future studies whether these physiological effects go beyond the improvement of patient exercise capacity and also enhance other functions, most notably the impaired cognitive ones, by means of a systemic effect, the study of which could constitute a highly relevant line of research with evident clinical repercussions in terms not only of quality of life, but also of

physical activity compliance. Needless to say, the safety aspects of interval exercise on large cohorts of heart failure patients shall require evaluation. It is also important to verify: Is this model applicable at home, outside of rehabilitation centers? Some works appear to demonstrate the efficiency of a home rehabilitation program, and there is much promise in the utilization of simple measurements such as walk tests along with the new multimedia technologies. What is more, some studies show that other modes of exercise (eccentric muscle strengthening) or alternatives addressed to the most “deconditioned” patients (electrostimulation) could be quite interesting, as well. These techniques will surely be the focus of transversal research meant to lead to clinical applications over the years to come. Finally, some adjuvant techniques with a slant on “socializing” may likewise exert an advantageous influence on the “risk-benefit-pleasure” triangle, and it would appear to be in the enlightened interest of the medical and scientific spheres to remain close to the field and be on the lookout for the potentially beneficial effects of these new approaches.

Disclosure of interest

The authors declare that they have no conflicts of interest concerning this article.

2. Version française

2.1. Lexique

RC	réadaptation cardiaque
EE	épreuve d'effort
FCR	fréquence cardiaque de récupération
PMA	puissance maximale aérobie
EIHI	exercice intermittent à haute intensité
ECIM	exercice continu d'intensité modérée
SCA	syndrome coronarien aigu
RR	risque relatif
IC	intervalle de confiance
SNA	système nerveux autonome
VO ₂	consommation d'oxygène
VO ₂ max	consommation maximale d'oxygène
IMC	indice de masse corporelle

2.2. Effets généraux de la réadaptation cardiaque

2.2.1. Goel K, Lennon RJ, Tilbury RT, Squires RW, Thomas RJ. Impact of cardiac rehabilitation on mortality and cardiovascular events after percutaneous coronary intervention in the community. Circulation 2011;123(21):2344-52 [37]

Ce travail observationnel rétrospectif réalisé dans le comté d'Olmstead (Minnesota) a étudié les effets de la réalisation ou non d'un programme de RC après revascularisation percutanée (dilatation ou stent). Les données de 2395 patients consécutifs ayant bénéficié d'une revascularisation entre 1994 et 2008 ont été analysées par trois méthodes statistiques robustes. Pendant la période de suivi (6,3 ans en moyenne), les auteurs ont recensé

503 décès dont 199 d'origine cardiaque, 394 syndromes coronariens aigus et 755 procédures de revascularisation. Le taux de participation à un programme de RC était de 40 %, avec une moyenne de 13 séances réalisées dans les trois mois suivant le geste. Les résultats sur les critères primaires montrent chez les participants au programme de RC, une diminution significative de la mortalité totale (RR : -45 % à -47 %), avec une tendance à la diminution de la mortalité cardiovasculaire, sans influence du sexe, l'âge et du degré d'urgence d'indication de la revascularisation. Aucun effet n'était retrouvé sur la récurrence d'événement ou les nouvelles procédures. Les auteurs avancent deux hypothèses pour expliquer ce dernier résultat : (1) un meilleur suivi des patients réadaptés, conduisant à un dépistage et un traitement plus précoces des récidives ; (2) une conséquence de la diminution des événements fatals conduisant à une augmentation des événements non fatals, comme attesté dans ce travail par un plus faible taux composite d'événements (mortalité totale + infarctus non fatals) dans le groupe réadapté.

Ce travail souffre de certaines limites, en particulier le manque de description des programmes de réadaptation et la définition un peu « légère » de la participation à ces programmes (participation à au moins une séance dans les trois mois suivant le geste), ce qui explique peut-être le taux d'inclusion plus élevé que celui habituellement rapporté en France et en Europe. Par ailleurs, les indications de revascularisation ne sont pas toujours clairement décrites. Il présente cependant l'intérêt de refléter les résultats rencontrés dans la « vraie vie », contrairement aux études cliniques opposant fréquemment les différents types de prise en charge, qui ont certes permis de montrer l'intérêt du traitement non médicamenteux, en particulier dans l'angor instable [45], mais ne reflètent que partiellement le parcours habituel des patients qui bénéficient idéalement de ces deux types de prise en charge complémentaires. Enfin ce travail conforte les recommandations internationales et nationales sur les indications de la RC après revascularisation pour syndrome coronarien aigu (Classe I, Grade A) et dans l'angor stable ou après angioplastie programmée (Classe I Grade B) [76], et constitue un argument supplémentaire auprès des tutelles. Il faut néanmoins noter qu'un essai négatif concernant les effets de la RC a été publié fin 2011, mais certaines particularités et/ou limites poussent à la prudence dans l'interprétation des résultats [96]. Dans ce travail multicentrique mené au Royaume-Uni, les auteurs ont analysé le devenir de 1813 patients randomisés soit dans un groupe bénéficiant de RC (une à deux séances externes hebdomadaires pour 6–8 semaines), soit dans un groupe témoin bénéficiant des soins usuels. Les résultats étaient négatifs concernant le critère primaire, à savoir la mortalité toutes causes confondues à deux ans (RR = 0,98, 95 % IC : 0,74–1,30), ainsi qu'à 7–9 ans (RR = 0,99, 95 % IC : 0,85–1,15). Par ailleurs, il n'existait pas de différence concernant les événements cardiaques, la qualité de vie (sauf pour le sous-score « role-physical du SF 36 ») et l'activité physique. Ces résultats sont cependant à prendre avec prudence pour plusieurs raisons : premièrement, l'essai a été interrompu prématurément en raison du retrait du financeur, alors que le calcul d'échantillon initial prévoyait d'inclure

3000 patients par bras. Deuxièmement, ce travail concerne des patients inclus entre 1997 et 2000 et il est possible que les programmes aient évolué depuis. Enfin, ces résultats ne sont probablement pas généralisables aux autres pays qui ont des programmes différents. De plus, une méta-analyse conduite par Lawler et al. [57] confirmaient à l'inverse une nouvelle fois la réduction de la mortalité et des récurrences d'événement après infarctus chez les patients ayant bénéficié d'une RC basée sur le réentraînement à l'effort. La principale nouveauté de cette méta-analyse est la mise en évidence d'une efficacité probable de programmes courts, même si cette donnée mérite d'être confirmée sur de plus larges essais randomisés. Enfin, l'efficacité de programmes courts et intenses sur la qualité de vie, l'anxiété-dépression et la qualité du sommeil a également été rapportée dans une étude ouverte française sur 101 patients.

2.2.2. Temfemo A, Chlif M, Mandengue SH, Lelard T, Choquet D, Ahmaidi S. Is there a beneficial effect difference between age, gender, and different cardiac pathology groups of exercise training at ventilatory threshold in cardiac patients? Cardiol J 2011;18(6):632–8 [24]

L'objectif de ce travail était de comparer les bénéfices d'un programme de réentraînement individualisé à la fréquence cardiaque observée au seuil ventilatoire (huit semaines, trois séances de 45 minutes par semaine) chez des patients inclus dans un programme de RC, en fonction de l'âge, du sexe et du type de pathologie. Les auteurs ont inclus 188 patients (62 post-pontage, 62 post-angioplastie, avec 54 patients post-infarctus et 50 remplacements valvulaires). La puissance maximale, le pic de VO₂, la VO₂ au seuil ventilatoire et la fréquence cardiaque de repos se sont améliorés chez tous les patients quels que soient l'âge, le sexe ou le type de pathologie cardiaque. Ce travail confirme donc l'intérêt de proposer ces programmes à différents types de patients et que l'âge ne doit pas constituer une contre-indication. Ces résultats ont été dans leurs grandes lignes confirmés par la méta-analyse de Sandercock et al. [83] publiée fin 2011. Ces auteurs rapportent, chez les patients revascularisés en post-infarctus ou pour angor, les effets sur les capacités d'effort des programmes de RC (alors que les grandes méta-analyses ont jusqu'alors rapporté les effets sur la morbi-mortalité) et les facteurs influençant les améliorations. Les résultats compilés de 31 études (3827 patients) retrouvent une amélioration moyenne de 1,55 METs (95 % IC : 1,21–1,89 ; $p < 0,001$) ce qui est cliniquement pertinent puisqu'il a été rapporté qu'une amélioration de 1 MET confère une baisse du risque relatif de mortalité de 12 % [71]. Par ailleurs, dans cette analyse, même si les caractéristiques des patients diffèrent sensiblement de celles de l'étude de Temfemo et al. [92], il apparaît que les gains sont supérieurs chez les patients bénéficiant d'au moins 36 séances, les jeunes et les hommes. À l'inverse, les améliorations étaient indépendantes du type de programme (multidisciplinaire ou basé exclusivement sur l'exercice) et des capacités d'effort initiales, ce qui confirme l'intérêt de proposer ces programmes mêmes aux patients les plus déconditionnés. Enfin, outre les caractéristiques

physiques et le type de pathologies cardiaques, on sait que les co-morbidités peuvent gêner la réalisation des programmes de RC. Néanmoins, un travail publié par Listerman et al. [59] tend à montrer que si ces pathologies associées peuvent effectivement influencer les résultats, tous les patients tirent des bénéfices de ces programmes. Ainsi, en répartissant 794 patients coronariens ($61,6 \pm 10,6$ ans, 29 % de femmes) ayant bénéficié d'un programme de RC entre 1996 et 2008, les auteurs ont analysé les résultats de trois sous-groupes : (1) aucune co-morbidité associée ($n = 305$) ; (2) index de co-morbidité modéré (1 à 2, $n = 305$) et (3) index supérieur à 2 ($n = 184$). Il existait une amélioration de la distance au test de marche sur six minutes, de l'IMC et de la qualité de vie à l'issue du programme dans tous les sous-groupes. Chez les plus jeunes (< 56 ans), les patients sans co-morbidité associée avaient des améliorations significativement supérieures à celles des patients de moins de 56 ans des deux autres sous-groupes. À l'inverse, chez les plus âgés, l'amélioration était indépendante du nombre de co-morbidités associées.

2.2.3. Giallauria F, Acampa W, Ricci F, Vitelli A, Maresca L, Mancini M, Grieco A, Gallicchio R, Xhoxhi E, Spinelli L, Cuocolo A, Vigorito C. Effects of exercise training started within 2 weeks after acute myocardial infarction on myocardial perfusion and left ventricular function: a gated SPECT imaging study. Eur J Cardiovasc Prev Rehabil 2011 Sep 30 [34]

Le but de ce travail était de comparer l'évolution des capacités d'effort et du remodelage ventriculaire (évalué avec une technique plus récente que la scintigraphie au thallium) chez 50 patients ayant présenté un SCA avec élévation du segment ST (SCA-ST+), randomisés dans un groupe « soins usuels » ($n = 26$, conseils hygiénodététiques et d'activité physique régulière) ou un groupe intervention ($n = 24$, programme de RC de six mois débuté à 9 ± 3 jours de l'événement). Comme attendu, seul le groupe intervention présentait à six mois une augmentation des capacités d'exercice avec une amélioration significative du pic de VO_2 , de la pente V_E/VCO_2 et du pouls d' O_2 , ainsi qu'une amélioration de l'ischémie résiduelle de stress évaluée par spectrométrie synchronisée à l'ECG, une amélioration de la cinétique pariétale au repos et post-stress, et de l'épaisseur pariétale au repos et post-stress, mais pas de la fraction d'éjection. Les auteurs expliquent ce dernier résultat par la possibilité d'une période plus prolongée nécessaire pour observer un transfert des améliorations induites par l'entraînement dans la cinétique pariétale sur ce paramètre. Aucune modification des paramètres de perfusion myocardique et du remodelage ventriculaire n'était observée chez les patients du groupe témoin. Ce travail présente quelques limites puisque la quantité d'activité physique n'a pas été rapportée pour le groupe témoin et que la nature par essence pluridisciplinaire du programme de réadaptation ne permet pas d'attribuer les effets observés exclusivement à l'exercice. Il confirme néanmoins la possibilité de proposer très rapidement ces programmes aux patients ayant présenté un SCA-ST+, ce qui pourrait permettre d'augmenter le taux d'inclusion des patients en réadaptation, la proximité de

l'événement aigu les rendant possiblement plus enclins à accepter à intégrer les unités de réadaptations cardiaques. Ces résultats vont dans le sens de la méta-analyse de Haykowsky et al. [47] qui a confirmé les effets bénéfiques de l'exercice sur le remodelage ventriculaire chez les patients post-infarctus stables, avec un effet sur la fraction d'éjection d'autant moins marqué que la durée entre l'événement aigu et le début de la réadaptation augmente. Les bénéfices les plus marqués étaient retrouvés pour les programmes débutant le plus tôt et durant au minimum trois mois. Cette tendance est également retrouvée dans la prise en charge des patients insuffisants cardiaques (IC), comme attesté par le travail pilote de Houchen et al. [50] qui a montré, chez 17 patients (dont 13 hommes ; âge moyen $67,3 \pm 10,4$; NYHA II-IV) hospitalisés pour décompensation cardiaque gauche aiguë, la faisabilité, l'innocuité et l'efficacité d'un programme de RC de six semaines débuté dans les quatre semaines après la sortie des soins aigus, avec une amélioration significative à un an des capacités d'exercice (évaluées par des tests de marche navette, l'un d'endurance et l'autre incrémental), du score de dépression mesuré à l'aide du questionnaire HAD (mais pas du score d'anxiété). Il existait également significativement moins de réhospitalisation à un an par rapport à l'année précédant l'épisode aigu ayant motivé le programme de RC.

2.2.4. Montiel-Trujillo A, Isasti-Aizpurua G, Carrasco-Chinchilla F, Jimenez-Navarro MF, Gomez-Gonzalez A, Bravo Navas JC, et al. Influence of cardiac rehabilitation on natriuretic peptides. Acta Cardiol 2011;66(5):641-3 [68]

Ce travail a envisagé la question de l'impact de l'exercice sur les taux de NT-proBNP. Les auteurs ont analysé l'évolution de ce marqueur biologique de la dysfonction ventriculaire gauche avant et après réadaptation, ainsi qu'avant et après une session d'exercice, chez 83 patients à risque intermédiaire à élevé. La séance d'exercice entraînait une élévation des taux de NT-proBNP, qui était moins marquée après l'entraînement. Les patients présentant une dysfonction ventriculaire présentaient évidemment des taux de NT-proBNP plus élevés, et après le programme, ils présentaient une amélioration des capacités d'effort de 1,55 METs en moyenne, alors que les capacités d'effort ne s'amélioraient pas significativement dans le sous-groupe avec les taux les plus bas de NT-proBNP. Les patients présentant les taux initiaux les plus élevés obtenaient la meilleure récupération fonctionnelle. Les auteurs concluent que le NT-proBNP pourrait être utile pour la sélection des patients à inclure dans les programmes de RC. Ces résultats complètent donc ceux rapportés par Giallauria et al. [35], qui ont également rapporté que l'importance de la diminution du taux de NT-proBNP pourrait prédire le remodelage ventriculaire [36]. Néanmoins, une sous-étude de HF-Action a plus récemment montré que si le NT-proBNP était dans cette cohorte de patients IC le meilleur prédicteur du pic de VO_2 , la corrélation restait relativement faible, et la plus grande partie de la variabilité des capacités d'exercice reste mal expliquée par les éléments cliniques et biologiques [28].

2.2.5. Jolly MA, Brennan DM, Cho L. Impact of exercise on heart rate recovery. *Circulation* 2011;124(14):1520–6 [53]

L'amélioration du fonctionnement du système nerveux autonome (SNA) est un effet classique déjà objectivé par plusieurs travaux antérieurs chez le patient coronarien et l'IC. L'idée de ce travail était de savoir si une meilleure récupération de la fréquence cardiaque induite par l'exercice était un critère pronostique majeur chez des patients coronariens. Ainsi, 1070 patients inclus dans un programme de RC ont bénéficié d'une analyse de la FCR avant et à l'issue d'un programme d'endurance. Les résultats ont montré que l'absence d'amélioration de la FCR mesurée une minute après l'arrêt de l'EE était un critère prédictif de la mortalité (RR à 2,15 ; IC 95 % : 1,43–3,25, $p < 0,05$) (médiane de la durée de suivi des patients 8,1 ans). Cette étude apporte un résultat majeur dans l'évaluation des patients issus des programmes de RC puisqu'il s'agit d'un critère simple, peu coûteux qui pourrait être généralisé pour tous les patients pris en charge. Son évaluation implique cependant de respecter un protocole rigoureux toujours similaire, d'évaluation de la fréquence cardiaque à l'issue d'une EE. En particulier, dans cette étude le test d'effort était réalisé sur tapis roulant avec une récupération active à 2,4 km/h et 2,5 % de pente. En se basant sur des travaux antérieurs, le seuil choisi pour considérer une récupération normale était une diminution de la fréquence cardiaque strictement supérieure à 12 battements par minute.

Cette étude comporte cependant quelques limites dont la principale est qu'il s'agit d'un essai rétrospectif qui doit être confirmé par de nouveaux travaux. Néanmoins, ce résultat confirme l'intérêt de la RC dans la détection des patients à plus fort risque de mortalité comme cela a été montré dans une autre étude [90] sur une population d'IC, l'absence d'amélioration du pic de VO_2 étant prédictive d'une plus forte morbi-mortalité. Cela suggère de modifier l'approche thérapeutique ultérieure de ces patients restant à haut risque cardiovasculaire malgré un programme de RC.

Cette étude ne permet par ailleurs pas de connaître l'évolution des paramètres reflétant l'activité du SNA au-delà de la période de RC. Néanmoins, un autre essai publié en 2011 permet de répondre à cette question [61]. En effet cette étude a inclus 28 patients après SCA (STEMI et non STEMI), randomisés selon deux groupes (exercice vs témoin). Ils ont été évalués deux à cinq jours, un mois, trois mois et sept mois après le SCA avec évaluation du baroréflexe spontané (BRS), de l'activité nerveuse sympathique musculaire (MSNA) en plus des paramètres fonctionnels (pic de VO_2). À trois mois et à sept mois, les résultats montrent une amélioration du BRS, de la MSNA ainsi que du pic de VO_2 par rapport au groupe témoin. Ces résultats confirment ceux retrouvés sur d'autres études [60] mais sur une plus grande population. L'analyse du SNA semble donc pouvoir être un marqueur d'efficacité des programmes de RC et pourrait permettre à l'avenir de décider de la (re)prise en charge des patients selon que ce paramètre est altéré ou non après un SCA. Il apparaît que les effets du réentraînement sur le SNA sont puissants puisque dans cette étude les paramètres d'évaluation (MSNA notamment) s'améliorent à trois mois

dans le groupe exercice et deviennent comparables avec les sujets sains appariés au bout de sept mois d'exercice. Il est donc pertinent de proposer que les programmes de RC, habituellement courts en France (trois à six semaines), puissent être relayés par des programmes de phase III permettant de maintenir une activité physique régulière.

2.3. Renforcement musculaire–méthodes alternatives de reconditionnement

2.3.1. Berent R, von Duvillard SP, Crouse SF, Sinzinger H, Green JS, Schmid P. Resistance training dose response in combined endurance-resistance training in patients with cardiovascular disease: a randomized trial. *Arch Phys Med Rehabil* 2011;92(10):1527–33 [4]

Ce travail visait à mesurer l'effet du volume de travail en musculation, en complément de l'exercice aérobie, chez des patients bénéficiant d'un programme de RC de phase 2 ou 3. Deux cent quatre-vingt-quinze patients ($62,7 \pm 11,7$ ans) ont été randomisés entre un groupe réalisant lors de chaque session d'entraînement soit 2×12 répétitions (REPS) ou 3×15 REPS d'exercice concernant les principaux grands groupes musculaires sollicités dans les activités de vie quotidiennes (deux séances par semaine pendant 5–6 semaine). La charge était déterminée par un test préalable où il était demandé au patient de réaliser 13 à 15 répétitions à un niveau de 4 à 6 sur une échelle de Borg modifiée à sept niveaux, cette charge étant supposée représenter approximativement 50 % de la capacité maximale (1-RM). Les résultats ne montraient pas de différence entre les deux groupes concernant l'amélioration de la force musculaire, des capacités d'exercice, des paramètres hémodynamiques et biologiques étudiés, sans effets secondaires notables. Les auteurs concluent que le fait de quasiment doubler le volume des exercices de musculation (45 répétitions en trois séries vs 24 répétitions en deux séries pour chaque groupe musculaire) n'apporte pas de bénéfice supplémentaire. Cette étude présente quelques limites puisque la population étudiée est très hétérogène tant par la pathologie (post-infarctus, post-chirurgie pontage ou valvulaire, IC) que par les délais par rapport au diagnostic ou à l'événement aigu. La charge utilisée ici était comparable aux recommandations de la fédération allemande de prévention et rééducation cardiovasculaire [6], mais il s'agit néanmoins d'un des premiers travaux d'envergure comparant différents volumes d'exercices de renforcement musculaire. Les effets des programmes combinant renforcement musculaire et exercice aérobie ont par ailleurs été confirmés en 2011 dans une méta-analyse incluant 12 études, et il apparaît donc important de poursuivre des travaux permettant de personnaliser au mieux la prescription de renforcement musculaire, avec un rapport bénéfice–risque optimal, en tenant compte des co-morbidités, notamment ostéo-articulaires, dont la prévalence a été rapportée à 50 % par Marzolini et al. [62]. Ces derniers auteurs rapportent par ailleurs des améliorations même chez ces patients sous réserve d'une adaptation de la prescription, qui nécessite les compétences pluridisciplinaires propres aux unités de RC.

2.3.2. *Carvalho VO, Roque JM, Bocchi EA, Ciolac EG, Guimaraes GV. Hemodynamic response in one session of strength exercise with and without electrostimulation in heart failure patients: A randomized controlled trial. Cardiol J 2011;18(1):39–46 [12]*

Le but de ce travail était d'évaluer les réponses hémodynamiques aiguës (fréquence cardiaque et pression artérielle systolique et diastolique) au cours d'une séance de renforcement musculaire du quadriceps (trois séries de huit contractions excentriques du quadriceps de la jambe dominante en position debout) associée au non à une stimulation électrique du vaste médial et du vaste latéral à fréquence intermédiaire (50 Hz) chez dix patients IC (fraction d'éjection moyenne $31 \pm 5\%$). Les auteurs ne rapportent pas de différence entre les deux conditions en termes de fréquence cardiaque ou pression artérielle, et l'absence de douleur musculaire immédiate ou à 24 heures post-exercice. Ce travail associe donc deux méthodes de renforcement musculaire particulièrement intéressantes chez les patients les plus déconditionnés, à savoir l'exercice musculaire excentrique et l'électrostimulation musculaire (ESM). Concernant l'ESM, la communauté scientifique s'accorde désormais à reconnaître son intérêt pour préserver et/ou recouvrir la masse musculaire pendant ou après une période d'immobilisation ou de non-utilisation [3]. Cette technique a fait l'objet de plusieurs travaux essentiellement européens concernant son efficacité sur l'amélioration des capacités d'effort (pic de VO_2) et fonctionnelles (test de marche de six minutes), ainsi que sur la force musculaire [19,20,46]. Ces travaux ont fait l'objet d'une méta-analyse en 2012 [86] confirmant l'efficacité de cette technique comparativement à un groupe témoin bénéficiant des soins usuels sans exercice sur le pic de VO_2 ou ESM factice (amélioration moyenne $+46,9$ m). Cette analyse retrouvait également un effet supérieur sur la qualité de vie mesurée par le Minnesota Living with Heart Failure score. De plus, la durée totale de pratique de l'ESM était fortement corrélée au gain de VO_2 pic. En comparaison au réentraînement aérobie, cette méta-analyse ne retrouvait pas de différence pour la qualité de vie, la force musculaire et la distance au test de marche de six minutes, alors que le pic de VO_2 paraît significativement plus amélioré avec le réentraînement aérobie ($+0,32$ mL/kg par minute). Les résultats reposent néanmoins sur un faible nombre d'études incluant peu de patients. Quoi qu'il en soit, le travail de Carvalho et al. associé aux preuves grandissantes d'efficacité de cette technique renforcent son intérêt comme alternative, notamment chez les patients les plus déconditionnés, notamment lorsque le réentraînement dynamique est impossible.

Par ailleurs, le renforcement musculaire excentrique apparaît également être une alternative intéressante chez ces patients, puisqu'il permet de plus grands gains de force musculaire avec une moindre consommation d'oxygène [56]. Bien qu'il fasse encore l'objet d'une certaine réticence de peur des douleurs musculaires habituellement rencontrées dans le milieu sportif, et résultant d'exercice d'intensité supra-maximale, sa tolérance hémodynamique et son efficacité en termes d'amélioration des capacités d'effort et de la force musculaire ont déjà été confirmées chez les patients

coronariens [65,88] et un travail récent a confirmé ses bénéfices fonctionnels avec une amélioration des performances aux tests de marche standardisés [39]. Plus récemment, sa tolérance a été confirmée chez les patients atteints de bronchopneumopathie obstructive chronique sévère (BPCO) [80] et son application chez les patients IC apparaît donc légitimement envisageable, puisque les modifications intrinsèques de la musculature squelettique de ces patients apparaissent comparables à celles rapportées chez les BPCO [79].

2.3.3. *Caminiti G, Volterrani M, Marazzi G, Cerrito A, Massaro R, Sposato B, et al. Hydrotherapy added to endurance training versus endurance training alone in elderly patients with chronic heart failure: a randomized pilot study. Int J Cardiol 2011;148(2):199–203 [11]*

Le but de ce travail était d'évaluer si une prise en charge combinant l'hydrothérapie (HT) à l'entraînement aérobie (EA) était supérieure à l'entraînement aérobie seul chez des patients IC. Vingt et un patients masculins (68 ± 7 ans, FEVG $32 \pm 9\%$, classe NYHA II-III) ont été randomisés entre un groupe d'entraînement combiné (CT : HT + EA, $n = 11$) et un groupe bénéficiant d'EA seul ($n = 10$) (trois séances par semaine pendant 24 associant un échauffement sous forme de marche dans l'eau puis des exercices segmentaires des membres supérieurs et inférieurs sous forme de dix répétitions par exercice progressivement augmentées en nombre). Les résultats montrent une amélioration significative de la distance au test de marche de six minutes dans les deux groupes, significativement plus marquée dans le groupe CT, ainsi qu'une diminution significative de la pression artérielle diastolique et de la fréquence cardiaque dans le groupe CT seulement. La force musculaire s'améliorait dans les deux groupes sans différence intergroupe. Les auteurs concluent ainsi que ce type de programme combiné améliore les capacités fonctionnelles de marche et le profil hémodynamique de ces patients. Si ces résultats méritent d'être confirmés, l'hydrothérapie apparaît comme un adjuvant intéressant à l'exercice aérobie classique en permettant de varier les modalités des exercices proposés. Cette modalité constitue surtout également une alternative intéressante au renforcement musculaire traditionnel pour les patients obèses, afin d'améliorer leur confort au cours de la pratique et minimiser le risque de blessure ostéo-articulaire.

2.3.4. *Bosnak-Guclu M, Arıkan H, Savcı S, Inal-Ince D, Tulumen E, Aytımır K, et al. Effects of inspiratory muscle training in patients with heart failure. Respir Med 2011;105(11):1671–81 [7]*

Le but de ce travail était d'évaluer les effets d'un entraînement spécifique des muscles inspiratoires (EMI) sur les capacités fonctionnelles et l'équilibre, la force des muscles respiratoires et périphériques, la fonction pulmonaire, la dyspnée et la fatigue, la dépression et la qualité de vie chez des patients IC. Dans cette étude prospective en double insu, 30 patients (NYHA II-III, FEVG $< 40\%$) ont été randomisés entre un groupe bénéficiant d'un EMI à 40 % de la pression inspiratoire maximale ($n = 16$) ou un entraînement factice (15 % de la pression inspiratoire maximale, $n = 14$) pendant six

semaines. Tous les paramètres étudiés se sont améliorés de façon significativement supérieure dans le groupe EMI 40 %, sauf pour la qualité de vie et la fatigue qui s'amélioreraient sans différence intergroupe. Les auteurs concluent que ce type d'entraînement devrait être inclus plus fréquemment dans les programmes de rééducation cardiopulmonaire. Ces résultats confirment ceux rapportés par Laoutaris et al. en 2004 [55]. Les unités de RC bénéficieraient donc grandement à investir dans un matériel spécifique, bénéfique à ces patients, mais probablement également à tous les patients en postopératoire, notamment présentant des complications respiratoires.

2.4. Prescription de l'exercice et question de l'intensité d'exercice

2.4.1. Mourot L, Tordi N, Bouhaddi M, Teffaha D, Monpere C, Regnard J. Heart rate variability to assess ventilatory thresholds: reliable in cardiac disease? *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2011 Sep 13. [Epub ahead of print] [70]

Cette étude reprend chez des patients IC et/ou coronariens une idée originale développée chez le sujet sain sportif en 2006 [14] où il s'agit de déterminer les seuils d'adaptation ventilatoire (premier et second seuil ventilatoire), sans avoir recours à la mesure des paramètres respiratoires par pneumotachographe, uniquement à partir de la fréquence cardiaque enregistrée par cardiofréquence-mètre. Ainsi à partir de 14 IC et 24 coronariens, les auteurs ont comparé la détermination des seuils à partir des intervalles RR analysés par rapport à celle issue de l'EE selon le même protocole d'exercice incrémentiel. Parmi les méthodes d'analyse de l'intervalle RR, trois ont été testées, la première s'intéressant uniquement l'évolution du SDNN (écart-type des intervalles RR) sur des périodes successives d'une minute en notant une cassure dans la diminution du SDNN au cours de l'exercice. La deuxième méthode mesurait sur des périodes successives d'une minute, la variabilité (écart-type) des différences entre les RR successifs sur chaque période. À partir de la courbe, on recherche le moment où cette variabilité ne diminue plus au cours de l'exercice (i.e. diminution < 1 ms par rapport à la période précédente). La troisième méthode est celle prenant en compte l'analyse spectrale instantanée par transformée de Fourier (FFT) des valeurs de RR. Ainsi grâce à un logiciel d'analyse, le tracé est découpé en périodes successives de trois secondes, puis sont extraits le pic de fréquence (fHF) et la puissance spectrale haute fréquence, c'est-à-dire pour une fréquence entre 0,15 et 1,8 Hz (HF) dont le produit des deux est suivi au cours de l'exercice incrémentiel. Pour déterminer les seuils ventilatoires, il s'agit alors de repérer une première cassure (premier seuil ventilatoire) puis une deuxième (deuxième seuil ventilatoire) au cours du test. Les résultats de cette étude montrent que cette dernière méthode, contrairement aux deux premières, est très bien corrélée avec la détermination classique des seuils ventilatoires par analyse des échanges gazeux (différence moyenne en fréquence cardiaque inférieure à 5 %, coefficient de corrélation de 0,78 [VT1] et 0,95 [VT2], $p < 0,05$). Cette méthode d'évaluation des seuils est donc prometteuse puisque réalisable dans des situations plus

écologiques (tests de terrain) ou quand les paramètres respiratoires ne peuvent être mesurés dans les centres ne disposant des moyens matériels nécessaires, ou de personne possédant l'expertise suffisante à l'interprétation des résultats issus de la mesure des échanges gazeux.

2.4.2. Schnohr P, Marott JL, Jensen JS, Jensen GB. Intensity versus duration of cycling, impact on all-cause and coronary heart disease mortality: the Copenhagen City Heart Study. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2012;19(1):73–80. Epub 2011 Feb 21 [84]

Le but de cette étude a été d'examiner l'impact des deux paramètres de l'exercice, à savoir l'intensité et la durée d'exercice, sur la mortalité totale et d'origine cardiovasculaire. Cinq mille cent-six cyclistes apparemment sains et âgés de 20 à 90 ans ont été inclus et suivis pendant 18 ans. Les résultats ont montré que l'intensité relative, et non pas la durée de l'exercice physique, était fortement reliée à la mortalité totale et d'origine cardiovasculaire. Cette étude menée sur une large cohorte renforce l'idée selon laquelle l'intensité de l'exercice doit être prescrite de manière précise sans être négligée au détriment des sessions d'exercice de longue durée et de faible intensité pour tenter d'obtenir un maximum de bénéfices sur la santé. Les auteurs préconisent donc, pour les adultes en prévention primaire, de pédaler vigoureusement plutôt que lentement.

2.4.3. Guiraud T, Nigam A, Juneau M, Meyer P, Gayda M, Bosquet L. Acute responses to high-intensity intermittent exercise in CHD patients. *Med Sci Sports Exerc* 2011;43(2):211–7 [44]

L'objectif de cette étude était de comparer chez des patients coronariens stables, les réponses cardiorespiratoires aiguës entre une session d'exercice intermittent à haute intensité (alternance de phases de 15 s à 100 % de la PMA avec 15 s de récupération passive) et une session d'exercice de type continu isocalorique effectuée à 70 % de la PMA. Aucun signe clinique, électrique ou biologique d'ischémie (mesures des troponines T), d'arythmies significatives ou de réponse tensionnelle anormale n'a été observé. En dépit d'une intensité d'exercice égale à 100 % de PMA, tous les patients ont préféré le protocole d'exercice intermittent, avec un score moyen sur l'échelle de Borg de 14 ± 2 pour l'EIHI versus 16 ± 2 pour l'exercice continu ($p < 0,05$). Cela peut s'expliquer par la récupération possible sur le plan métabolique pendant les phases de récupération passives (baisse de VO_2 , reconstitution des stocks énergétiques). Néanmoins, même si le patient ne pédale pas pendant les phases de 15 secondes de récupération passive, la dépense énergétique reste élevée, cela démontre ainsi un très bon rapport efficacité–confort.

La préférence des patients pour l'EIHI pourrait également être due à une sensation de dyspnée moindre, puisque la ventilation moyenne était largement inférieure ($58,9 \pm 14,2$ et $49,8 \pm 8,2$ L/min pour l'ECIM et l'EIHI, respectivement $p < 0,001$). La dyspnée étant un facteur limitant l'exercice, l'EIHI pourrait être utilisé pour améliorer l'adhérence à long terme du programme de RC. Par ailleurs, le changement de rythme imposé par l'exercice est perçu comme ludique par le

patient, ce qui peut parfois lui faire oublier la quantité d'effort à fournir, ce qui pourrait aussi favoriser l'observance [43]. De plus, l'EIHI apparaît particulièrement intéressant puisque l'exercice à intensité élevée (85–100 % du pic de VO₂), outre son effet supérieur sur l'amélioration du pic de VO₂, est également plus efficace que l'ECIM pour améliorer les facteurs de risque cardiovasculaires [73] et la sensibilité à l'insuline [22,74].

2.4.4. Meyer P, Normandin E, Gayda M, Billon G, Guiraud T, Bosquet L, et al. High-intensity interval exercise in chronic heart failure: protocol optimization. *J Card Fail* 2012;18(2):126–33. Epub 2011 Nov 25 [64]

L'objectif de cette étude était de comparer les réponses cardiopulmonaires aiguës lors de différents protocoles d'EIHI dans le but de caractériser le protocole optimal pour les patients IC. Le principe était d'effectuer un temps limite jusqu'à épuisement sur ergocycle suivant quatre combinaisons en faisant varier l'intensité de récupération (0 % ou 50 % de la PMA), la durée des phases d'exercice (30 s ou 90 s), mais en gardant toujours un ratio travail/récupération de 1/1 et une intensité lors des phases d'exercice à 100 % de la PMA. Aucun trouble du rythme n'a été constaté, et il n'y a pas eu de stigmata biologique d'ischémie (troponine T), de surcharge ventriculaire (BNP) ou d'aggravation d'un syndrome inflammatoire (CRP). En considérant le temps total d'exercice, le mode préféré, la perception d'effort, le confort du patient et le temps passé à un haut pourcentage du pic de VO₂, le mode avec intervalles courts (30 s) et récupération passive semble être le protocole d'EIHI optimal chez ces patients [66].

La majorité des études sur l'entraînement ont utilisé des intervalles d'exercices longs (3–4 min) et des récupérations actives (proche de 50 % de VO_{2max}) [97,98]. Malheureusement, ces études qui font référence à ce jour n'ont pas étudié au préalable les réponses aiguës. En dépit de résultats à l'exercice aigu très encourageants en termes de réponses cardiovasculaires et d'innocuité, la faisabilité du protocole de Meyer et al. nécessite d'être validé sur un programme d'entraînement. Il semble toutefois être bien toléré par les patients à faible capacité physique.

2.4.5. Moholdt T, Aamot IL, Granoien I, Gjerde L, Myklebust G, Walderhaug L, et al. Long-term follow-up after cardiac rehabilitation. A randomized study of usual care exercise training versus aerobic interval training after myocardial infarction. *Int J Cardiol* 2011;152(3):388–90 [67]

Dans cette étude randomisée, Moholdt et al. ont comparé les effets d'un programme supervisé en centre de 12 semaines qui utilisait soit l'exercice de type intermittent à haute intensité, soit de type continu, sur la capacité fonctionnelle et différents marqueurs biologiques des patients en post-infarctus. Les résultats indiquent que les deux types d'exercice améliorent la fonction endothéliale, le taux circulant d'adiponectine dans le sérum, la qualité de vie et réduisent le taux circulant de ferritine sérique et la fréquence cardiaque de repos. Le HDL-cholestérol était seulement augmenté après le programme d'exercice

intermittent. Le pic de VO₂ a été significativement plus augmenté après EIHI par rapport à l'entraînement traditionnel, c'est-à-dire de type continu ($p < 0,005$). D'ailleurs, la différence entre les groupes en termes de pic de VO₂ persistait après 30 mois de suivi à la maison ($p < 0,005$). Cela s'explique par la plus grande amélioration lors de la phase initiale en centre et surement un déclin plus faible lors du suivi à domicile, ce qui semble montrer, une fois de plus, que EIHI, de part son caractère ludique joue un rôle non négligeable dans la lutte contre l'inobservance des patients.

En résumé, l'EIHI semble très bien adaptée au patient coronarien et sa supériorité sur l'exercice de type continu ne fait aucun doute. Toutefois, il reste à définir le délai à respecter après l'infarctus du myocarde pour introduire l'EIHI dans les programmes de réadaptation en toute sécurité.

2.5. *Éducation thérapeutique et intervention visant à optimiser l'observance à l'activité physique*

2.5.1. Brown JP, Clark AM, Dalal H, Welch K, Taylor RS. Patient education in the management of coronary heart disease. *Cochrane Database Syst Rev* 2011;12:CD008895 [8]

Les effets de l'exercice et du soutien psychologique chez les patients porteurs de pathologies cardiovasculaires ont déjà fait l'objet de méta-analyse de la Cochrane Database, mais il s'agit de la première revue de cette institution concernant spécifiquement les effets de l'éducation des patients coronariens sur la morbi-mortalité, la qualité de vie et les coûts médicaux. Les auteurs ont inclus 13 études répondant aux critères d'inclusion, à savoir : essai contrôlé randomisé concernant des adultes porteurs de maladie coronarienne, dont l'intervention principale consistait en une intervention éducative, avec un suivi minimum de six mois, publié après 1990. Treize essais incluant 68 556 patients ont été inclus, avec un suivi allant de six à 60 mois, et des interventions très variables allant de deux simples visites externes à des programmes internes de quatre semaines avec des sessions de rappel durant un suivi de 11 mois. Les interventions étaient essentiellement comparées aux soins usuels. Les auteurs ne retrouvent pas d'effet sur la mortalité totale, les événements cardiaques (récidives de syndrome coronarien, revascularisation) ou les hospitalisations. La plupart des études rapportaient des améliorations dans différents domaines de qualité de vie, sans preuve formelle de supériorité constante sur l'ensemble des domaines. L'analyse médico-économique était rendue difficile par la comparaison des différentes devises et les différentes années, mais semble montrer que les interventions éducatives seraient coût-efficace. Ces résultats diffèrent de ceux de la méta-analyse de Clark et al. en 2005 [13], mais les études présentent quelques différences rendant les comparaisons difficiles : Clark et al. ont en effet étudié l'impact des interventions éducatives sur la mortalité totale plus les récurrences de syndrome coronariens et retrouvaient un effet significatif lors de l'analyse des 23 études retenues. Brown et al. avancent quelques hypothèses pour expliquer leurs résultats : période de suivi en général courte, entraînant un relatif manque de puissance de l'analyse, en

raison d'un taux d'événement faible. Les auteurs reconnaissent néanmoins que les programmes de réadaptation devraient comporter des interventions éducatives, même si les effets de ces actions isolées méritent d'être confirmés sur des critères « durs », alors que leur efficacité est admise sur le tabagisme, l'alimentation, la pression artérielle et les connaissances. Il apparaît d'ailleurs que la taille de l'effet que la mortalité totale (baisse du RR de 25 %) et la morbidité (baisse du RR de 17–42 %) est cliniquement pertinente, en particulier dans le domaine des maladies coronariennes, compte tenu de leur prévalence important. Cela montre une fois de plus la difficulté parfois rencontrée à relier les données de ces méta-analyses, dont les résultats peuvent varier en fonction des critères et périodes d'inclusion, et des paramètres étudiés, à la réalité de terrain où les trois types d'interventions (exercice, éducation et soutien psychocomportemental) sont idéalement associées.

2.5.2. Pinto BM, Goldstein MG, Papandonatos GD, Farrell N, Tilkemeier P, Marcus BH, et al. Maintenance of exercise after phase II cardiac rehabilitation: a randomized controlled trial. Am J Prev Med 2011;41(3):274–83 [78]

Étant donné la très faible observance à l'activité physique des patients ayant bénéficié d'un séjour en RC, il apparaît important de mettre en place une stratégie permettant de lutter contre cette sédentarité dans laquelle replonge une grande majorité des patients dès la sortie d'hospitalisation et malgré le programme de réentraînement à l'effort et le socle de connaissance acquis sur l'activité physique au cours du séjour. Le but de cette étude a été de mesurer l'efficacité d'un suivi téléphonique de soutien standardisé, basé sur un modèle transthéorique, associé au port d'un accéléromètre ($n = 64$) et de le comparer à un groupe témoin ($n = 66$) n'ayant ni bénéficié de support ni de feedbacks. Les résultats ont montré qu'une intervention téléphonique de ce type aide les patients à maintenir la quantité d'activité physique (mesurée à l'entrée, à six et 12 mois), à prévenir un changement négatif au niveau des stades du comportement et à augmenter la tolérance à l'effort [78]. Cette étude montre donc l'importance du suivi après hospitalisation afin que les patients maintiennent durablement les bénéfices acquis au cours du séjour, et ce, dans le but de prévenir de futurs événements cardiaques, et donc, de réduire les réhospitalisations. Chez les patients IC, Domingues et al. rapportent des résultats différents dans une étude randomisée sur un petit nombre de patients ($n = 48$), avec absence d'efficacité d'un suivi téléphonique pendant trois mois après une intervention éducative intrahospitalière [23]. Outre la population différente, il faut surtout noter qu'il s'agissait d'un simple suivi téléphonique, ce qui pointe l'importance du versant motivationnel et psychocomportemental de ces interventions de suivi.

2.5.3. Houle J, Doyon O, Vadeboncoeur N, Turbide G, Diaz A, Poirier P. Innovative program to increase physical activity following an acute coronary syndrome: randomized controlled trial. Patient Educ Couns 2011;85(3):e237–44 [51]

Dans cette étude, Houle et al. ont mesuré chez des patients ayant subi un SCA, les effets de cinq entretiens personnalisés

menés par une infirmière avec le patient, sous forme de consultation associant un soutien comportemental et des explications sur l'activité physique avec l'utilisation d'un podomètre. Après un an de suivi, ils ont montré un impact significatif sur le nombre de pas effectués par jour et sur le tour de taille [51]. Les résultats de cette étude concordent avec ceux de Moore et al. qui avaient aussi mis en place cinq consultations de 90 minutes, soit trois pendant le séjour et deux dans les deux mois après la sortie d'hospitalisation [69] et qui avaient montré que le groupe traitement habituel présentait 76 % de chance d'arrêter l'activité physique un an après la sortie par rapport au groupe intervention.

Que ce soit pour introduire de l'activité dans la vie quotidienne des patients qui n'ont pas bénéficié d'un séjour en centre, ou bien pour garder la motivation des patients chez qui l'équipe pluridisciplinaire a pu réamorcer un cycle d'activité physique, il semble que les nouvelles stratégies, à savoir le conseil, les consultations « exercice », le suivi téléphonique ou le port d'accéléromètres, permettent aux patients de rester actifs. Ces interventions constituent des alternatives prometteuses et peu coûteuses pour superviser l'exercice physique dans la phase de maintien notamment, mais ne peuvent en aucun cas se substituer au séjour en centre.

2.5.4. Pavy B, Tisseau A, Caillon M. The coronary patient six months after cardiac rehabilitation: rehabilitation evaluation research (RER study). Ann Cardiol Angeiol (Paris) 2011;60(5):252–8 [77]

Le but de ce travail était d'étudier la faisabilité d'une consultation de suivi systématique centrée sur le contrôle des facteurs de risques cardiovasculaires et d'évaluer les résultats. Il s'agissait d'une étude prospective ouverte qui a été proposée aux patients coronariens admis dans l'unité de RC du centre de Machecoul (Loire Atlantique) et résidant à moins de 50 km du centre. Les résultats montrent que ce type de suivi correspond à une demande et un besoin des patients, puisque parmi les 229 patients éligibles, seulement un a refusé, six patients ont été exclus car ils ont interrompu la réadaptation et neuf patients ne sont pas venus à six mois (cinq pour raison professionnelle, six en raison d'une co-morbidité). Cette consultation a permis également de rapporter les effets du programme chez les 202 patients inclus (âge moyen 63.4 ± 10 ans, 93 % d'hommes, 17 % après un syndrome coronarien aigu, 23 % après angioplastie et 75 % après pontage coronariens) avec une amélioration du score alimentaire cardioprotecteur et du score d'activité physique de Ricci-Gagnon (non validé dans les populations cardiaques mais adapté pour les besoins de l'étude), un maintien des capacités fonctionnelles de marche évaluées par le test de marche de six minutes. Par ailleurs, les objectifs des recommandations européennes étaient atteints chez 76 % des patients pour le LDL, 64 % pour la pression artérielle, 82 % pour un IMC inférieur à 30 et 36 % un IMC inférieur à 25, 67 % pour le tour de taille (< 102 cm chez les hommes et 88 cm chez les femmes) et 82 % pour l'absence de tabagisme. Quatre événements cardiaques non fatals et sept événements vasculaires ont été rapportés. Ce travail rapporte une piste intéressante de suivi et de motivation, même s'il

mérite d'être confirmé car le suivi est court, et il est probable que les patients, se sachant réévalués à six mois, aient modifiés plus favorablement leurs comportement (bien que cela corresponde à un besoin). Par ailleurs, il existe un biais de recrutement dans le fait que ce suivi n'ait été proposé qu'aux patients résidant proche du centre, même si la durée de transport vers le centre de réadaptation semble peut influencer la participation, alors qu'elle a un effet négatif sur l'inclusion dans les programmes de réadaptation [9]. Il se pose enfin évidemment la question des coûts financiers et humains de ce suivi, et la confirmation de l'efficacité d'un tel suivi pourrait constituer un argument auprès des tutelles pour développer les consultations « facteurs de risque et exercice » en phase III.

2.5.5. Cowie A, Thow MK, Granat MH, Mitchell SL. A comparison of home and hospital-based exercise training in heart failure: immediate and longterm effects upon physical activity level. Eur J Cardiovasc Prev Rehabil 2011;18(2):158-66 [15]

L'un des facteurs influençant la participation aux programmes de réadaptation étant la disponibilité des services et les délais [82], il apparaît nécessaire de développer des alternatives aux programmes supervisés en centre. Le but de cette étude était d'évaluer les effets d'un programme d'exercice hospitalier ou à la maison vu la quantité d'activité physique mesurée objectivement par activPAL™ permettant de discerner les périodes allongées, assis et debout avec décompte des pas. Soixante-six patients (âge moyen 66 ans, NYHA II/III ; 51 hommes/9 femmes) ont été randomisés entre un groupe s'entraînant à domicile (ED), un groupe s'entraînant en structure hospitalière (EH) et un groupe témoin (C). L'entraînement consistait en un programme de circuit-training d'une heure, deux fois par semaines, pendant huit semaines. Les patients portaient un activPAL™ la première et la huitième semaine, et dix patients des deux groupes interventions à nouveau pour une semaine à six mois. À huit semaines, les patients du groupe EH ont significativement augmenté le nombre de pas réalisés dans le cadre de marche de longue durée (correspondant approximativement à des efforts modérés continus tels que recommandés), et les deux programmes n'ont pas induit d'autres modifications de la quantité d'activité physique réalisée. À six mois, la durée de verticalisation s'était améliorée dans le groupe ED et on constatait un maintien de la quantité d'activité réalisée. Les auteurs concluent que l'intervention EH a conduit les patients à marcher pour de plus longue durée, mais aussi qu'il apparaît cliniquement important que l'activité se soit maintenue dans les deux groupes ED et EH à six mois, du fait de la potentielle dégradation fréquemment retrouvée chez ces patients sur une telle période. Par ailleurs, ces résultats vont dans le sens de ceux de la méta-analyse de Hwang et al. [52] qui retrouvaient un effet positif des programmes d'exercice à domicile sur le pic de VO₂, la durée d'exercice et la distance au test de marche de six minutes, ainsi que sur la qualité de vie et le taux d'hospitalisation. Néanmoins, cette méta-analyse incluait des études avec de petits échantillons et une faible durée de suivi, essentiellement hommes de classe NYHA II-III, et l'intervention était habituellement comparée aux soins usuels.

2.5.6. Worringham C, Rojek A, Stewart I. Development and feasibility of a smartphone, ECG and GPS based system for remotely monitoring exercise in cardiac rehabilitation. PLoS One 2011;6(2):e14669 [100]

Ces auteurs australiens partent de la constatation que, malgré une meilleure connaissance des barrières à la participation aux programmes de RC (environ 30 % en Australie), les solutions faisant appel aux nouvelles technologies restent peu développées, alors qu'elles pourraient permettre un meilleur suivi avec plus de flexibilité. Ils ont donc développé un système permettant de suivre un programme à domicile comportant des exercices de marche, au cours duquel l'ECG, la vitesse et la position (obtenues par GPS) sont transmises par un Smartphone vers un serveur sécurisé permettant une surveillance en temps réel. La faisabilité de cette prise en charge a été étudiée chez six patients ayant présenté un syndrome coronarien aigu (âge moyen de 53,6 ans, IMC moyen de 25,9 kg/m²) qui ne pouvaient pas suivre un programme hospitalier du fait de l'éloignement ou d'impératifs professionnels. Le programme proposé était de six semaines avec trois séances de marche par semaine à une intensité déterminée sur les bases d'un test de marche de six minutes, lui aussi surveillé grâce au système GPS. Les patients ont réalisé 116 des 134 séances totales prévues (86,6 %), sans problème technique la plupart du temps, le problème le plus fréquent étant le manque de couverture GPS. Aucun événement ECG grave n'a été rapporté et deux événements mineurs asymptomatiques ont poussé à conseiller au patient d'arrêter l'exercice et consulter un cardiologue (modification du segment ST et arythmie supraventriculaire), sans modification thérapeutique au final. Les patients étaient satisfaits du système (note moyenne : 4,8/5 points) et le trouvaient facile et rapide à utiliser (temps moyen de mise en place et de dépose trois minutes). Sur le plan clinique, ont été observées une amélioration de la distance de marche, de la performance au test de marche de six minutes, du sous-score physique du SF-36 et une diminution des symptômes dépressifs. Avec la démocratisation des Smartphones, il apparaît donc particulièrement intéressant de développer de tels projets pour le suivi de l'activité physique et/ou la mise en place de programme d'éducation thérapeutique, dans diverses pathologies cardiaques, et d'étudier le ratio coût-efficacité de telles approches.

2.5.7. Dilles A, Heymans V, Martin S, Droogne W, Denhaerynck K, De Geest S. Comparison of a computer assisted learning program to standard education tools in hospitalized heart failure patients. Eur J Cardiovasc Nurs 2011;10(3):187-93 [21]

Une piste pour améliorer la prise en charge éducative des patients IC sans cesse plus nombreux est l'utilisation des technologies multimédias. Cette étude visait ainsi à comparer les effets d'un programme éducatif sur ordinateur (PEO) à ceux de la démarche éducative habituelle (T) (livret et encouragement verbal) sur les connaissances (évaluées par le Dutch Heart Failure Knowledge Scale), les capacités d'auto-soin (évaluées par la European Heart Failure Self-care Behaviour Scale) et la satisfaction (évaluée par un questionnaire

spécifiquement créé pour l'étude). Les deux programmes étaient réalisés pendant une hospitalisation. Trente patients ont été randomisés entre le groupe PEO ($n = 21$) et le groupe T ($n = 16$). Il existait une amélioration significative des connaissances et des capacités d'auto-soin à la sortie et à trois mois dans les deux groupes, sans différence intergroupe. Les patients du groupe PEO n'ont pas rencontré d'obstacles majeurs et le niveau de satisfaction était bon. Les auteurs concluent à la nécessité de développer des études plus importantes dans ce domaine, étudiant les effets sur la morbi-mortalité et les réhospitalisations, ainsi que les aspects médico-économiques. Dans l'immédiat, cette alternative paraît légitimement pouvoir être proposée en plus de la prise en charge habituelle lorsqu'elle est disponible.

2.5.8. Wittmer M, Volpatti M, Piazzalonga S, Hoffmann A. *Expectation, satisfaction, and predictors of dropout in cardiac rehabilitation. Eur J Cardiovasc Prev Rehabil 2011 [99]*

Le but de ce travail était d'étudier la fréquence, les raisons et les facteurs d'un arrêt prématuré des programmes de RC, ainsi que le niveau de satisfaction. Les auteurs ont donc analysé les données médicales, démographiques et psychosociales d'une cohorte de 2521 patients inclus consécutivement dans un programme de réadaptation cardiaque en suisse entre 1999 et 2008 (maladie coronarienne : 85 %, valvulopathie : 15 %, autres : 10 % ; âge : $59,7 \pm 11,4$ ans ; 85 % d'hommes). Le taux de satisfaction était évalué à 75 %. Les auteurs ont recensé 305 arrêts prématurés (12,9 %), dont 39 pour des raisons cardiaques (1,7 %). Il existait des différences significatives entre les patients arrêtant et ceux ayant complété le programme pour : la puissance maximale développée lors du test d'effort initial (116 ± 41 vs. 123 ± 39 watts) ; l'IMC (28 ± 7 vs. 27 ± 4 kg/m²) ; la prévalence du diabète (18 vs. 13 %), le statut tabagique (32 vs. 16 %) ; le statut professionnel (24 vs. 34 % en activité) ; le fait d'être veuf/veuve (8 vs. 3 %) ; le niveau d'éducation (37,5 vs. 46,4 % études supérieures) ; le travail dans le secteur tertiaire (21 vs. 27 %) et le score sur les échelles de qualité de vie. En analyse multivariée, les prédicteurs indépendants d'un arrêt prématuré étaient : la faible capacité d'exercice, un IMC élevé, le tabagisme actif, la présence d'un diabète et l'isolement familial. Ce travail confirme donc sur une large cohorte qu'il apparaît important pour améliorer l'adhérence aux programmes de RC de porter une attention particulière et un soutien marqué aux sujets présentant ces caractéristiques. Il serait probablement également nécessaire d'étudier ces prédicteurs dans le cadre de l'adhérence à plus long terme.

2.5.9. Evans RA, Singh SJ, Williams JE, Morgan MD. *The development of a self-reported version of the chronic heart questionnaire. J Cardiopulm Rehabil Prev 2011;31(6):365–72 [27]*

Le but de ce travail était d'étudier les propriétés psychométriques d'une version auto-administrée du Chronic Heart Questionnaire (CHQ) qui est un instrument reproductible, valide et sensible au changement pour l'évaluation du

statut de santé général perçu chez les patients IC. Cinquante patients ont renseigné la version auto- et hétéro-administrée du CHQ (CHQ-A et CHQ-H) à deux semaines d'intervalle dans un ordre aléatoire, et 43 patients ont complété le CHQ-A à deux reprises à deux semaines d'intervalle. La validité de construit a été évaluée en comparaison au SF-36 version courte et la sensibilité au changement au cours d'un essai randomisé comparant un programme de RC aux soins usuels. Les résultats des deux versions apparaissaient comparables, sans différence significative dans les scores moyens de chaque domaine. Il existait cependant une légère amélioration dans le domaine « fonctionnement émotionnel » entre les deux passations de la version auto-administrée. Il existait une corrélation modérée à élevée entre les différents domaines et les éléments correspondants du SF-36. La sensibilité au changement était comparable entre les deux versions. Ainsi cette version du CHQ apparaît avoir des qualités psychométriques comparables à la version auto-administrée, ce qui le rend particulièrement intéressant dans les études incluant de nombreux patients pour évaluer la qualité de vie, en permettant un gain de temps.

2.5.10. Fornari L, Giuliano F, Pastana C, Vieira B, Caramelli B. *Children first: how an educational program in cardiovascular prevention at school can improve parent's cardiovascular risk. Eur Heart J 2011;32:972–3 [Abstract supplement] [29]*

Dans ce travail présenté au congrès de l'ESC à Paris en août 2011, les auteurs ont étudié les effets d'une intervention éducative sur les habitudes de vie saines réalisée chez des enfants brésiliens sur le risque cardiovasculaire estimé de leurs parents. Une documentation à l'intention des parents était remise à tous les enfants ($n = 197$, correspondant à 323 parents) et le groupe intervention recevait en plus une intervention éducative multidisciplinaire concernant la prévention cardiovasculaire adaptée à leur âge pendant un an. Les parents remplissaient au début et à la fin de l'intervention un questionnaire alimentaire et d'activité physique, et les mesures suivantes étaient recueillies : poids, taille, périmètre abdominal, pression artérielle et examens biologiques. À l'inclusion, 9,3 % (15 sujets) et 6,8 % (11 sujets) des parents présentaient un risque de maladie cardiovasculaire à dix ans supérieur à 10 % selon Framingham dans le groupe témoin ($n = 161$ parents, âge moyen = 39 ans, 53,4 % de femmes) et le groupe intervention ($n = 162$ parents, âge moyen = 38 ans, 55,5 % de femmes) respectivement. À un an, le risque chutait nettement plus dans le groupe intervention (de 91 %, soit un seul parent à risque > 10 %) contre seulement 13 % dans le groupe témoin (encore 13 parents avec risque > 10 %) ($p = 0,0002$; 95 % IC : 0,001–0,195). Bien que concernant la prévention primaire et des enfants, ce travail illustre parfaitement le bien fondé des démarches d'éducation proposées en particulier aux autres membres de la famille comme dans le cas des conjoints dans les programmes de RC afin de modifier durablement les habitudes de vie de la cellule familiale, qui ne peut être dissociée de la prise en charge individuelle.

2.6. Réponses cognitives, hémodynamiques musculaires et cérébrales à l'exercice aigu ou chronique dans les pathologies cardiaques

2.6.1. Stanek KM, Gunstad J, Spitznagel MB, Waechter D, Hughes JW, Luyster F, et al. Improvements in cognitive function following cardiac rehabilitation for older adults with cardiovascular disease. *Int J Neurosci* 2011;121(2):86–93 [87]

Ce travail avait pour but d'évaluer l'amélioration potentielle des troubles cognitifs chez des patients bénéficiant d'un programme de RC. Du fait de leur fréquence et de leur méconnaissance, les troubles cognitifs font en effet l'objet d'une attention particulière depuis quelques années chez les patients porteurs de pathologies cardiovasculaires [85]. Des déficits ont été rapportés dans de multiples domaines, incluant la mémoire, l'attention, les fonctions exécutives [85]. Les hypothèses explicatives avancées sont multiples : baisse du débit cardiaque, faible capacité d'effort, dysfonction endothéliale, baisse du débit sanguin cérébral. Du fait de l'impact positif du réentraînement sur ces éléments, il apparaît donc probable que la RC ait un effet positif sur les fonctions cognitives. Les auteurs ont donc réalisé une étude ouverte sur 51 patients qui ont bénéficié de 12 semaines d'entraînement (trois séances par semaine comportant une heure d'exercice aérobie sous forme de circuit-training et 30 minutes d'éducation). Ils sont réalisés avant et après les mesures suivantes : (1) une batterie d'évaluations cognitives : globale (MMS modifié) ; attention-fonctions exécutives (Trail Making Test A et B ; Frontal Assessment Battery ; Letter-Number Sequencing) ; mémoire (Hopkins Verbal Learning Test [HVLT] ; Brief Visual Memory Test ; Delayed Recall ; Recognition Determination) ; langage (Boston Naming Test Short Form) ; (2) une évaluation des capacités d'effort sur tapis ; (3) un doppler transcranien évaluant la vitesse sanguine dans les artères cérébrales moyenne et antérieure (36 des 51 patients). Les auteurs ont recensé l'existence de troubles cognitifs multiples chez 31 % des participants et rapportent une amélioration marquée des fonctions cognitives dans tous les domaines sauf langage, une diminution de la vitesse sanguine dans l'artère cérébrale antérieure uniquement, et une amélioration importante des capacités d'effort (+2,7 METs). Il n'existait pas d'association entre le nombre de sessions et ces améliorations. Les auteurs retrouvent une corrélation entre l'amélioration des capacités d'effort et celle de la mémoire testée par HVLT. Au total, il existait donc une amélioration des capacités d'exercice et une diminution de la vitesse dans l'ACA significatives, mais ces éléments ne semblent pas expliquer les améliorations cognitives. Il faut néanmoins interpréter ces résultats prudemment car la population étudiée est hétérogène (post-infarctus, post-chirurgie cardiaque, insuffisance cardiaque, maladie coronarienne, et/ou hypertension) et l'existence d'une dépression pouvant altérer le fonctionnement cognitif n'a pas été recherchée avant inclusion. Ce travail a néanmoins l'intérêt d'attirer l'attention sur ce bénéfice cognitif de la RC, même s'il mérite d'être confirmé, et que les mécanismes explicatifs sous-jacents restent à expliquer. Parmi ces mécanismes, l'étude de l'oxygénation cérébrale apparaît intéressante : une étude menée par de Tournay-Jetté et al.

[18] chez 61 sujets âgés ayant bénéficié d'un pontage coronarien a en effet montré que la baisse de la saturation cérébrale en oxygène peropératoire était positivement associée avec la survenue d'une dysfonction cognitive postopératoire. La même équipe a démontré les bénéfices d'un entraînement cognitif postopératoire chez ces patients [17]. Ainsi ces troubles devraient probablement être systématiquement dépistés et pris en charge par l'association optimale exercice-entraînement cognitif.

2.6.2. Haykowsky MJ, Brubaker PH, John JM, Stewart KP, Morgan TM, Kitzman DW. Determinants of exercise intolerance in elderly heart failure patients with preserved ejection fraction. *J Am Coll Cardiol* 2011;58(3):265–74 [48]

Les objectifs de cette étude, incluant 48 patients IC âgés avec fraction d'éjection préservée (ICFEP) et 25 sujets sains témoins appariés par l'âge, étaient de déterminer les mécanismes physiologiques responsables de la réduction du pic de VO_2 chez ces patients, jusqu'alors très peu étudiés. Les volumes ventriculaires gauches (échographie 2D), le débit cardiaque (échographie), le VO_2 et la différence artérioveineuse en O_2 (calculée par équation de Fick) ont été mesurés au repos et lors d'un test à l'effort incrémental sur ergocycle dans les deux groupes. Comparativement aux sujets sains témoins, les patients ICFEP avaient un pic de VO_2 réduit, associé à des valeurs de débit cardiaque et de différence artérioveineuse en O_2 réduites significativement. Le prédicteur indépendant, le plus puissant du pic de VO_2 , était la variation de la différence artérioveineuse en O_2 entre le repos et l'effort maximal (différence artérioveineuse en O_2 de réserve) à la fois chez les patients ICFEP et les sujets sains témoins. La réduction simultanée du débit cardiaque et de la différence artérioveineuse en O_2 à l'effort contribue de façon significative à l'intolérance à l'effort sévère des patients ICFEP. Le fait que la différence artérioveineuse en O_2 de réserve soit un prédicteur indépendant du pic de VO_2 suggère que les facteurs périphériques musculaires (non cardiaques) sont d'importants contributeurs à l'intolérance à l'effort chez ces patients. Cette étude vient confirmer les travaux de Fu et al. [30], sur l'importance de facteurs périphériques musculaires dans les origines de l'intolérance à l'effort mais cette fois-ci, chez les patients ICFEP. Les patients ICFEP constituent 50 % et plus des patients IC âgés [93], ce qui souligne l'importance clinique de la question étudiée. Il reste à déterminer quelles interventions cliniques et quelle méthode de réentraînement à l'effort (aérobie/musculation) permettraient d'améliorer le plus possible le débit cardiaque et surtout la perfusion musculaire et l'extraction en oxygène musculaire afin d'augmenter le plus possible le VO_2 pic. Des études additionnelles sont nécessaires dans cette population de patients IC qui a été peu étudiée jusqu'à présent.

2.6.3. Fu TC, Wang CH, Hsu CC, Cherng WJ, Huang SC, Wang JS. Suppression of cerebral hemodynamics is associated with reduced functional capacity in patients with heart failure. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2011;300(4):H1545–55 [Epub 2011 Jan 28] [30]

Cette recherche incluant 101 patients IC de classe NYHA II et III et 71 sujets sains témoins a étudié les mécanismes

physiologiques sous-jacents de l'intolérance à l'effort chez ces patients. Les auteurs ont mesuré simultanément et comparé les réponses cardiopulmonaires, ainsi que les réponses hémodynamiques centrales, musculaires et cérébrales lors d'un exercice maximal incrémental sur ergocycle. Les réponses hémodynamiques centrales étaient mesurées par bioréactance cardiaque et les réponses hémodynamiques musculaires et cérébrales par spectroscopie proche de l'infrarouge (NIRS) au niveau du vaste latéral et du lobe frontal gauche. Les sujets témoins jeunes avaient des valeurs hémodynamiques centrales (débit cardiaque), périphériques (différence artérioveineuse en O₂), cérébrales et musculaires [Oxy-hémoglobine (O₂Hb) et hémoglobine totale (THb)] durant l'exercice plus élevées que les trois autres groupes (âgés témoins, IC classe II et III). Les réponses hémodynamiques centrales, périphériques, cérébrales et musculaires étaient plus faibles chez les IC de classe III que chez les IC de classe II et les sujets âgés témoins. Le débit cardiaque, les réponses cérébrales et musculaires (THb et O₂Hb) étaient corrélés au pic de VO₂ et à la pente de l'efficacité du prélèvement d'O₂ et négativement à la pente VE-VCO₂. Cette étude démontre qu'une réponse cérébrovasculaire réduite contribue à la réduction de la tolérance à l'effort chez les IC. La réduction de la perfusion/oxygénation cérébrale et musculaire liée à l'exercice semble donc résulter d'un débit cardiaque réduit et d'une inefficacité ventilatoire particulièrement chez les IC de classe III. En termes cliniques, il apparaît que l'intolérance à l'exercice chez l'IC a des origines centrales (débit cardiaque, hypoperfusion cérébrale) et périphériques (différence artérioveineuse en O₂, hypoperfusion musculaire). Les interventions comme l'entraînement par intervalle et la musculation visant à améliorer de façon optimale à la fois le débit cardiaque, la fonction cérébrovasculaire et les facteurs musculaires périphériques [16,97] sont donc à privilégier chez le patient IC afin de réduire leur intolérance à l'effort et améliorer leur qualité de vie.

2.6.4. *Fu TC, Wang CH, Lin PS, Hsu CC, Cherng WJ, Huang SC, et al. Aerobic interval training improves oxygen uptake efficiency by enhancing cerebral and muscular hemodynamics in patients with heart failure. Int J Cardiol 2011 Dec 22 [Epub ahead of print] [31]*

Les réponses ventilatoires et hémodynamiques anormales à l'exercice contribuent à la réduction de la capacité fonctionnelle chez le patient IC. Les buts de cette étude étaient de mesurer les effets d'un entraînement par intervalles (EI) ou continu (EC) sur l'efficacité ventilatoire, les réponses hémodynamiques centrales, musculaires et cérébrales chez des patients IC. Quarante-cinq patients IC ont été aléatoirement répartis dans un groupe entraînement par intervalle (EI : blocs de trois minutes à 80 % du VO₂pic, suivi de trois minutes à 40 % du VO₂pic pendant 30 minutes), dans un groupe entraînement continu (EC : 30 min à 60 % du VO₂pic) ou dans un groupe témoin (GC). Le débit cardiaque était mesuré par bioréactance cardiaque et la perfusion-extraction en O₂ musculaire et cérébrale par spectroscopie proche de l'infrarouge (NIRS) au niveau du vaste latéral et du lobe frontal gauche. Après 12 semaines d'intervention, le groupe EI avait une meilleure amélioration de la pente de l'efficacité du prélèvement d'O₂ et de la pente VE-VCO₂ par

rapport aux groupes EC et GC. De plus, seul le groupe EI (mais pas le groupe EC) a amélioré son débit cardiaque et sa perfusion-extraction en O₂ musculaire et cérébrale (Δ THb et Δ Hb) à l'exercice. Les analyses multivariées ont montré que le débit cardiaque était le prédicteur principal du VO₂pic et les Δ THb cérébrale et musculaire étaient reliées à la pente de l'efficacité du prélèvement d'O₂. De plus, une réduction significative du BNP, de la myéloperoxydase et de l'interleukine 6 ainsi qu'une amélioration des scores de qualité de vie (SF-36 et Minnesota Living with heart failure) ont été démontrées. Ainsi, l'EI semble augmenter l'efficacité ventilatoire et la tolérance à l'effort en améliorant l'hémodynamie centrale et périphérique (cérébrale et musculaire) chez le patient IC. De plus, l'EI réduit le stress oxydatif et l'inflammation associés à l'IC et améliore la qualité de vie des patients IC. D'un point de vue clinique, cette étude a des répercussions importantes dans la prise en charge de l'IC et dans le réentraînement à l'effort des patients IC. Elle vient confirmer la supériorité de l'EI par rapport à l'EC [97], qui a eu des effets beaucoup plus modestes dans cette étude. L'EI est donc à privilégier chez l'IC en vue d'améliorer de façon optimale sa qualité de vie, son profil inflammatoire et de stress oxydatif. Ce type d'entraînement se révèle plus efficace pour améliorer l'efficacité ventilatoire reliée souvent à la dyspnée et aussi la perfusion des tissus périphériques cérébraux et musculaires. Il reste à confirmer ces résultats dans de plus grandes cohortes et vérifier si l'amélioration de la perfusion cérébrale se traduit par une amélioration de la fonction cognitive altérée chez le patient IC.

2.7. Tests de marche et aspects fonctionnels

2.7.1. *Cacciatore F, Abete P, Mazzella F, Furgi G, Nicolino A, Longobardi G, et al. Six-minute walking test but not ejection fraction predicts mortality in elderly patients undergoing cardiac rehabilitation following coronary Q8 artery bypass grafting. Eur J Cardiovasc Prev Rehabil 2011 Sep 20. [Epub ahead of print] [10]*

Chez les patients ayant bénéficié de pontage(s) aortocoronariens (PAC), l'âge pourrait influencer la possibilité de prédire la mortalité à partir des performances au test de marche de six minutes ou de la fraction d'éjection. Pour répondre à cette question, les auteurs ont suivi 882 patients ayant bénéficié d'une RC après PAC, stratifiés en deux sous-groupes : adultes (< 65 ans) et personnes âgées (> 65 ans). La fraction d'éjection à l'admission en réadaptation était de 52,6 ± 9,1 % et 51,3 ± 8,9 % chez les patients de moins de 65 ans et de plus de 65 ans, respectivement (non significatif), et la distance parcourue lors du test de marche de six minutes de 343,8 ± 93,5 m et 258,9 ± 95,7 m ($p < 0,001$). Le suivi moyen a été de 42,9 ± 14,1 mois, avec un taux de mortalité de 8,2 % chez les adultes et 10,9 % chez les âgés (non significatif). L'analyse de régression montrait qu'une fraction d'éjection supérieure ou égale à 50 % et une performance supérieure ou égale à 300 m au test de marche de six minutes au début de la RC apparaissaient associées à une moindre mortalité sur le groupe entier. En revanche, la fraction d'éjection apparaissait « protectrice » chez les moins de 65 ans, mais pas chez les plus de 65 ans, alors que la

distance supérieure ou égale à 300 m était associée à une moindre mortalité chez les sujets âgés. Ainsi, ces deux paramètres semblent indépendamment protéger les patients pontés intégrant un programme de réadaptation, avec une association entre meilleure distance au test de six minutes et moindre mortalité chez les plus âgés. Ces résultats confirment l'absence de parallélisme absolue entre des paramètres cliniques objectifs tels que la fraction d'éjection et la mortalité, et l'intérêt du test de marche de six minutes, déjà rapportés par des travaux maintenant anciens mais centrés exclusivement sur les patients IC [5,58]. L'intérêt de ce test de marche en tant que facteur pronostique avait jusqu'alors été moins étudié dans la pathologie coronarienne, bien qu'il puisse être pratiqué rapidement après un SCA [72]. Ce test est directement lié aux capacités aérobies, son intensité correspondant approximativement à celle du seuil ventilatoire chez les patients coronariens [32] et à un RPE d'environ 14 sur l'échelle de Borg [91].

2.7.2. *Gremeaux V, Troisgros O, Benaim S, Hannequin A, Laurent Y, Casillas JM, et al. Determining the minimal clinically important difference for the six-minute walk test and the 200-meter fast-walk test during cardiac rehabilitation program in coronary artery disease patients after acute coronary syndrome. Arch Phys Med Rehabil 2011;92(4):611-9 [40]*

La différence minimale cliniquement importante (MCID) est un concept défini comme « la plus petite différence dans un score que les patients perçoivent comme bénéfique et qui entraînerait, en l'absence d'effets secondaires gênants et des coûts excessifs, une adaptation de la prise en charge ». La MCID est différente du changement minimal détectable, qui indique la quantité de changement nécessaire de dépasser la variabilité de la mesure. En effet, lors de l'interprétation des mesures cliniques, il est important de considérer que, même si de petits changements peuvent être statistiquement significatifs, ils ne peuvent pas être cliniquement pertinents. En utilisant une des deux méthodes, l'une subjective et l'autre objective (basée sur la distribution des performances) lors de tests de marche répétés toutes les deux semaines durant un programme de réadaptation chez 81 patients coronariens stables ($58,1 \pm 8,7$ ans), les auteurs ont pu montrer que cette MCID était comparable à celle rapportée par Holland et al. chez les patients BPCO [49]. Le variation moyenne dans la distance de marche au test de six minutes était de $-6,5$ m chez les patients s'estimant non améliorés, contre $+23,3$ m chez ceux percevant une amélioration de leurs capacités de marche ($p < 0,001$), ce qui était concordant avec la méthode de calcul de la MCID basée sur la distribution (23 m). La valeur seuil de 25 m avait une valeur prédictive positive et négative de 0,9 et 0,63 pour détecter les patients se jugeant effectivement améliorés. Cette valeur n'était pas concordante avec la MCID calculée en prenant en compte le jugement du thérapeute ayant supervisé les séances de réentraînement. La distance de 25 m apparaît ainsi comme le seuil minimal pour qu'une intervention puisse être considérée comme donner une amélioration cliniquement perceptible par le patient, ce qui permet d'aider le thérapeute à interpréter les progrès fonctionnels. Par ailleurs, la connaissance de ce seuil constitue une aide pour le calcul du nombre

de sujets nécessaires pour des essais cliniques dont le test de marche de six minutes constitue un des critères de jugement. Par exemple, pour montrer une différence de 25 m prévisibles entre deux groupes, avec un risque α et β de 5 %, il apparaît nécessaire d'inclure 40 sujets par groupe.

2.7.3. *Gremeaux M, Hannequin A, Laurent Y, Laroche D, Casillas JM, Gremeaux V. Usefulness of the 6-minute walk test and the 200-metre fast walk test to individualize high intensity interval and continuous exercise training in coronary artery disease patients after acute coronary syndrome: a pilot controlled clinical study. Clin Rehabil 2011;25(9):844-55 [41]*

Les recommandations internationales concernant l'intensité des séances d'exercice pour les patients coronariens sont très larges, varient considérablement (allant de 50 à 80 % de la capacité d'effort maximale) [1]. La détermination d'une fréquence cardiaque cible est la méthode la plus utilisée en routine en France car simple et nécessitant peu de matériel (cardiofréquencemètre ou prise de pouls manuelle), et permettant d'autonomiser le patient dans la gestion de son effort. Il est ainsi classique de recommander la réalisation d'exercices continus à une fréquence cardiaque correspondant à celle observée au niveau du seuil ventilatoire (SV) lors de l'épreuve d'effort. En revanche, les effets de certains médicaments, notamment chronotropes négatifs, et le phénomène de dérive de la fréquence cardiaque peuvent induire une sous-estimation de la l'intensité optimale [91]. De plus, la détermination du SV nécessite une analyse des échanges gazeux respiratoires, ce qui nécessite des moyens humains et matériels importants. Ainsi, la FC cible est fréquemment calculée à partir des équations basées sur la FC maximale observée au cours du test d'effort. Ces équations ont rarement été validées chez les patients coronariens et un travail français a montré que la formule de Karvonen, largement utilisée, pourrait conduire à « sous-entraîner » les patients coronariens [91]. Dans une autre étude, la même équipe a démontré que la prescription de l'entraînement sur les bases de l'intensité subjectivement ressentie sur l'échelle de Borg conduit les patients de façon sûre à une intensité plus élevée que pendant des sessions prescrites à la FC du SV [91]. Partant de ce constat, les auteurs ont testé une méthodologie de prescription d'entraînement basée sur la FC observée au cours des tests de marche réalisés en début de rééducation, en supposant que l'utilisation de ces tests permettrait de réunir les avantages d'indicateurs objectifs (FC) et subjectifs (régulation de la vitesse de marche par le patient lui-même). Trois modalités d'entraînement ont ainsi été testées chez 27 patients coronariens stables : (A) : entraînement continu à 70 % de la FC maximale du test d'effort ($n = 10$) ; (B) : entraînement continu à la FC observée à la fin du test de marche de six minutes (qui correspond globalement à la FC au SV ($n = 8$)) [33] et (C) : entraînement intermittent avec des pics de travail de deux minutes à la FC relevée à la fin du test de marche rapide de 200 m (correspondant environ à 85 % de la FC maximale) [38] ($n = 9$). Les résultats montrent une amélioration significative ($p < 0,05$) et comparale des capacités de marche dans les trois

groupes. L'amélioration du pic de VO_2 (déterminée de manière indirecte) était significativement supérieure dans le groupe C par rapport au groupe A. Par ailleurs, concernant les modalités d'entraînement continues, les patients entraînés sur les bases de la FC du test de marche de six minutes étaient en moyenne plus proche de la FC cible au cours des séances de rééducation que ceux entraînés à 70 % de la FC max. Ce travail pilote souffre de limites (faible échantillon de patients avec des capacités relativement élevées, travail total différent entre les groupes) mais est néanmoins concordant avec les données de la littérature concernant, d'une part, la supériorité de l'entraînement intermittent à haute intensité chez les patients [81] et, d'autre part, l'intérêt d'utiliser d'autres indicateurs que la FC maximale du test d'effort ou au SV [91]. L'intérêt de ce type d'individualisation de la prescription d'entraînement avait déjà été avancé dans un travail ancien chez les personnes âgées [75] et confirmé récemment par une équipe française chez les patients souffrant de mucoviscidose [42]. Ainsi, à efficacité comparable, on peut penser qu'il est intéressant de choisir des modalités plus fonctionnelles que théoriques, plus simples à mettre en œuvre sans environnement technique complexe, réajustables tout aussi simplement, et pour lesquelles les patients sont au plus près des objectifs fixés. L'utilisation des tests de marche semble bien remplir ce cahier des charges. Cela apparaît particulièrement intéressant pour les patients en phase 3 (après la phase de réadaptation) poursuivant une activité supervisée dans des associations type « club cœur et santé » ne disposant pas des moyens matériels de réévaluer les capacités maximales en milieu médical.

2.7.4. *Massucci M, Perrero L, Mantellini E, Petrozzino S, Ganna F, Nocella A, et al. Cardiorespiratory comorbidity: a new challenge for physical and rehabilitation medicine specialist. Eur J Phys Rehabil Med 2012;18(2):126–33 [Epub 2011 Nov 25] [63]*

Ce travail avait deux principaux buts : premièrement, recenser la fréquence des co-morbidités cardiorespiratoires au sein des unités de réadaptation italiennes accueillant des patients présentant des déficiences locomotrices d'origine orthopédique ou neurologiques et, deuxièmement, évaluer l'influence de ces co-morbidités sur les résultats des programmes de rééducation proposés à ces patients. Un questionnaire envoyé à 33 unités recueillait la durée d'hospitalisation, la nécessité de transfert à une unité de soins aigus, le degré de satisfaction des thérapeutes par rapport à la récupération fonctionnelle des patients présentant des co-morbidités cardiorespiratoires. Seize services ont répondu, permettant d'analyser les données des 909 patients, avec une fréquence élevée de pathologies cardiorespiratoires associées (61,5 %). La durée d'hospitalisation de ces patients était significativement supérieure à celle des patients sans ces co-morbidités ($46,5 \pm 21$ j vs. $37,3 \pm 19$ j), de même que le taux de transfert en soins aigus (8,62 % vs. 2,44 %). Soixante-neuf pour cent des médecins interrogés se déclaraient « assez satisfaits » de l'évolution fonctionnelle des patients présentant les co-morbidités cardiorespiratoires. Par ailleurs, le sous-groupe de patients neurologiques avec pathologies cardiorespiratoires présentait un score significativement inférieur sur la MIF à l'admission par

rapport aux patients sans co-morbidités ($55,4 \pm 20,6$ vs. $73,7 \pm 22,1$). Il n'existait cependant pas de différence à la sortie entre ces deux sous-groupes pour la MIF. À l'heure où le réentraînement à l'effort est proposé dans un nombre croissant de pathologies chroniques incapacitantes, dont certaines faisaient même parfois l'objet d'une contre-indication à l'exercice encore récemment, ce travail confirme que les pathologies cardiorespiratoires influencent négativement la durée de séjour et le taux de transfert en unité de soins aigus pour les patients neurologiques et orthopédiques, même si cela ne semble pas influencer le résultat fonctionnel. Il apparaît donc fondamental que le médecin rééducateur acquiert des compétences minimales dans la gestion et la prescription de l'exercice qui peut influencer favorablement l'évolution de ces co-morbidités associées, et pourrait minimiser les durées de séjour et les complications aiguës.

2.8. Artériopathie des membres inférieurs

2.8.1. *Jones WS, Clare R, Ellis SJ, Mills JS, Fischman DL, Kraus WE, et al. Effect of peripheral arterial disease on functional and clinical outcomes in patients with heart failure (from HF-ACTION). Am J Cardiol 2011;108(3):380–4 [54]*

Il s'agissait d'une étude ancillaire de HF-Action (comparaison soins usuels vs. entraînement et soins usuels pendant un an chez des IC avec FEVG inférieure à 35 % [NYHA II-IV]) chez les patients présentant un artériopathie périphérique (AMI), pour lesquels l'influence de cette co-morbidité sur l'évolution clinique et fonctionnelle est mal connue. Parmi les 2331 patients inclus dans HF-Action, 157 (6,8 %) présentaient une AMI. Ces patients se caractérisaient à l'inclusion, comparativement aux patients sans AMI, par une plus faible durée d'exercice lors de l'épreuve d'effort (8 vs 9,8 minutes), un pic de VO_2 plus faible (12,5 vs 14,6 mL/kg par minute) et une distance de marche moindre au test de marche de six minutes (306 vs 371 m). Au suivi à trois mois, les patients porteurs d'AMI présentaient une moindre amélioration lors du test d'effort (durée d'exercice : +0,5 vs +1,1 minutes ; amélioration moyenne du pic de VO_2 : +0,1 vs +0,6 mL/kg par minute). Cette différence persistait même après ajustement pour l'âge, le statut tabagique, l'origine ischémique de l'insuffisance cardiaque et la présence ou non d'un diabète. La présence d'une AMI était un facteur indépendant de mortalité toute cause ou d'hospitalisation. Cette étude présente quelques limites puisqu'il s'agit d'une analyse a posteriori d'une étude dont le design initial n'était pas conçu pour tester cette hypothèse, et la population étudiée pourrait ne pas être représentative. De plus, la prévalence de l'AMI était probablement sous-estimée, se limitant aux cas symptomatiques puisque le diagnostic était retenu sur la base du dossier et non d'un examen clinique ou complémentaire. En pratique, ces données suggèrent l'intérêt de dépister par un examen simple comme la mesure de l'index systolique de pression, afin de dépister ces patients IC à pronostic plus péjoratif, et éventuellement adapter la prescription d'exercice chez les patients bénéficiant de réadaptation, puisque les alternatives

médicamenteuses apparaissent limitées dans cette population spécifique, la FDA ayant mis en garde contre l'utilisation des inhibiteurs des phosphodiesterase (Cilostazol) chez les patients IC.

2.8.2. Villemur B, Marquer A, Gailledrat E, Benetreau C, Bucci B, Evra V, et al. New rehabilitation program for intermittent claudication: Interval training with active recovery: pilot study. Ann Phys Rehabil Med 2011;54(5):275–81 [94]

Dans ce travail, les auteurs ont testé l'hypothèse qu'un réentraînement par intervalle associant une période de travail sous-maximal (70 % des capacités maximales de marche du patient) et une période de récupération active (40 % des capacités maximales de marche du patient) cumulerait les bénéfices de l'intensité élevée atteinte au cours de la phase de travail, mais également celle de la poursuite d'une activité musculaire de faible intensité en récupération active. Onze patients artériopathes présentant une ischémie d'effort (âge moyen 68,3 ans) ont bénéficié de deux semaines de réentraînement à la marche sur tapis roulant selon ce protocole, avec deux séances de 30 minutes par jour d'intensité progressivement croissante. Chaque séance comportait une succession de cinq cycles de six minutes, avec trois minutes de travail actif suivi de trois minutes de récupération active. Cet entraînement était associé à des exercices de renforcement musculaires sus- et sous-lésionnels, à une activité gymnique globale et de la pressothérapie intermittente. Tous les patients ont complété ce protocole sans incident et se sont déclarés satisfaits de la prise en charge. La distance de marche s'est significativement améliorée, passant de 610 m en moyenne en début de programme à 1252 m en fin de programme. Ce travail pilote constitue donc les bases rationnelles d'un essai clinique plus ambitieux, puisque le traitement de première intention de la claudication artérielle intermittente est actuellement la rééducation [95] en l'absence de lésions menaçantes et de contre-indication cardiaque, mais que l'intensité la plus efficace des efforts impliquant les membres inférieurs ne fait pas l'objet d'un consensus. La question reste posée en particulier de la provocation ou non de l'ischémie musculaire (claudication, crampe) au cours du reconditionnement.

2.9. Conclusion–Synthèse et perspectives

Si l'efficacité de la réadaptation cardiaque n'est plus à prouver, il semble ainsi légitime de la proposer très rapidement après l'épisode aigu, en améliorant la coordination entre les unités de soins aigus et les unités de réadaptation. Les limites des différentes méta-analyses pointent souvent le manque de conclusions possibles pour certaines populations (femmes, personnes âgées), qui reflètent néanmoins la réalité de terrain où ces populations sont souvent sous-représentées. Certains travaux présentés ici permettent d'avancer dans cette réflexion en montrant que si les bénéfices sont un peu moins marqués, par exemple chez les sujets âgés ou présentant de nombreuses comorbidités, ils restent cliniquement pertinents. L'influence négative du diabète de type 2 sur les résultats des programmes

de réadaptation est à nouveau mise en évidence, mais les mécanismes sous-tendant cette constatation restent mal expliqués, rendant encore difficile l'optimisation des programmes pour ces patients. En ce qui concerne la prescription de l'exercice, les recommandations de l'American College of Sports Medicine (ACSM) utilisent un modèle assez restreint, que l'on pourrait considérer incomplet, car il tient compte seulement de deux considérations, à savoir la maximisation de l'efficacité (améliorations de l'aptitude physique et/ou de la santé) et la minimisation des risques (dommages myocardiques, blessures musculosquelettiques). Or, des preuves grandissantes montrent la relation entre l'observance à l'activité physique et le plaisir à effectuer les séances d'exercice. Il apparaît donc nécessaire de reconsidérer ce modèle en y incorporant la notion de plaisir afin de lutter contre l'inobservance des patients après un programme de rééducation cardiovasculaire. Comme cela est très bien expliqué dans les deux articles de revue de Ekkekakis et al. [25,26], la prescription de l'activité physique doit être efficace et sans danger, mais le principal but des thérapeutes doit être la recherche de l'observance en suscitant le plaisir à modifier ses habitudes de vie. Il apparaît que le triptyque « risque-bénéfice-plaisir » peut être modulé par les paramètres de l'exercice (intensité, durée et fréquence) en fonction du niveau de supervision des séances, de l'histoire de la maladie, du contexte social, des compétences d'auto-soin et de l'avancée dans le programme de rééducation. Bien que l'exercice intermittent soit entré timidement en 2007 dans les recommandations de l'AHA [1], très peu d'informations quant à sa prescription sur le terrain dans un cadre clinique sont disponibles pour le clinicien. Les études sur l'exercice intermittent à haute intensité présentées ci-dessus tendent à montrer que cette technique répond de manière efficace au trois exigences requises, et plus particulièrement à la notion de plaisir malgré les idées reçues [2]. L'exercice intermittent à haute intensité est donc un type d'entraînement prometteur mais il manque encore sa validation sur de larges cohortes de patients. Nous attendons les résultats de l'étude SMARTTEX investigant les effets de ce type d'exercice sur une large cohorte d'IC [89]. Des preuves de plus en plus solides démontrent une plus grande efficacité sur certaines fonctions physiologiques (cardiaques, endothéliales) de l'entraînement par intervalle chez l'IC [97]. Il semble que l'exercice intermittent ait également des effets plus importants sur la perfusion des tissus périphériques musculaires et surtout cérébraux chez l'IC. Il reste à étudier si ces effets physiologiques vont au-delà de l'amélioration des capacités d'effort et améliorent également d'autres fonctions par le biais d'un effet systémique, notamment les fonctions cognitives affectées chez ces patients. L'étude de ces effets paraît ainsi être un axe de recherche tout à fait pertinent avec des retombées cliniques évidentes en termes de qualité de vie, mais aussi d'adhérence à l'activité physique. Bien entendu, les aspects sécuritaires de l'exercice intermittent sur de larges cohortes de patients IC doivent être évalués. Il serait également important de vérifier si ce modèle est applicable à domicile en dehors des centres de réadaptation. Certains travaux semblent ainsi montrer l'efficacité de programme de réadaptation à domicile,

pour lesquels l'utilisation à la fois de mesures simples, comme les tests de marche, et de nouvelles technologies multimédias semblent prometteuses. De plus, certains travaux montrent que d'autres modalités d'exercice (renforcement musculaire excentrique) ou alternatives chez les plus déconditionnés (électrostimulation) apparaissent tout à fait intéressantes et ces techniques ne manqueront pas de faire l'objet de recherche transversale dans le but d'aboutir à des applications cliniques dans les années à venir. Enfin, certaines techniques adjuvantes, présentant par ailleurs un aspect « socialisant », permettent également d'influencer avantageusement ce triptyque « risque-bénéfice-plaisir », et il apparaît que le monde médical et scientifique a tout intérêt à rester proche du terrain pour être bien à l'écoute des effets bénéfiques potentiels de ces nouvelles approches.

Déclaration d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de conflits d'intérêts en relation avec cet article.

References

- [1] Balady GJ, Williams MA, Ades PA, Bittner V, Comoss P, Foody JM, et al. Core components of cardiac rehabilitation/secondary prevention programs: 2007 update: a scientific statement from the American Heart Association Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention Committee, the Council on Clinical Cardiology; the Councils on Cardiovascular Nursing, Epidemiology and Prevention, and Nutrition, Physical Activity, and Metabolism; and the American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation. *Circulation* 2007;115(20):2675–82.
- [2] Bartlett JD, Close GL, MacLaren DP, Gregson W, Drust B, Morton JP. High-intensity interval running is perceived to be more enjoyable than moderate-intensity continuous exercise: implications for exercise adherence. *J Sports Sci* 2011;29(6):547–53.
- [3] Bax L, Staes F, Verhagen A. Does neuromuscular electrical stimulation strengthen the quadriceps femoris? A systematic review of randomised controlled trials. *Sports Med* 2005;35(3):191–212.
- [4] Berent R, von Duvillard SP, Crouse SF, Sinzinger H, Green JS, Schmid P. Resistance training dose response in combined endurance-resistance training in patients with cardiovascular disease: a randomized trial. *Arch Phys Med Rehabil* 2011;92(10):1527–33.
- [5] Bittner V, Weiner DH, Yusuf S, Rogers WJ, McIntyre KM, Bangdiwala SI, et al. Prediction of mortality and morbidity with a 6-minute walk test in patients with left ventricular dysfunction. *SOLVD Investigators. JAMA* 1993;270(14):1702–7.
- [6] Bjarnason-Wehrens B, Mayer-Berger W, Meister ER, Baum K, Hambrecht R, Gielen S. Recommendations for resistance exercise in cardiac rehabilitation. Recommendations of the German Federation for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2004;11(4):352–61.
- [7] Bosnak-Guclu M, Arikan H, Savci S, Inal-Ince D, Tulumen E, Aytemir K, et al. Effects of inspiratory muscle training in patients with heart failure. *Respir Med* 2011;105(11):1671–81.
- [8] Brown JP, Clark AM, Dalal H, Welch K, Taylor RS. Patient education in the management of coronary heart disease. *Cochrane Database Syst Rev* 2011;12:CD008895.
- [9] Brujal J, Gravely-Witte S, Suskin N, Stewart DE, Macpherson A, Grace SL. Drive time to cardiac rehabilitation: at what point does it affect utilization? *Int J Health Geogr* 2010;9:27.
- [10] Cacciatore F, Abete P, Mazzella F, Furgi G, Nicolino A, Longobardi G, et al. Six-minute walking test but not ejection fraction predicts mortality in elderly patients undergoing cardiac rehabilitation following coronary artery bypass grafting. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2011. Sep 20. [Epub ahead of print].
- [11] Caminiti G, Volterrani M, Marazzi G, Cerrito A, Massaro R, Sposato B, et al. Hydrotherapy added to endurance training versus endurance training alone in elderly patients with chronic heart failure: a randomized pilot study. *Int J Cardiol* 2011;148(2):199–203.
- [12] Carvalho VO, Roque JM, Bocchi EA, Ciolac EG, Guimaraes GV. Hemodynamic response in one session of strength exercise with and without electrostimulation in heart failure patients: A randomized controlled trial. *Cardiol J* 2011;18(1):39–46.
- [13] Clark AM, Hartling L, Vandermeer B, McAlister FA. Meta-analysis: secondary prevention programs for patients with coronary artery disease. *Ann Intern Med* 2005;143(9):659–72.
- [14] Cottin F, Lepretre PM, Lopes P, Papelier Y, Medigue C, Billat V. Assessment of ventilatory thresholds from heart rate variability in well-trained subjects during cycling. *Int J Sports Med* 2006;27(12):959–67.
- [15] Cowie A, Thow MK, Granat MH, Mitchell SL. A comparison of home and hospital-based exercise training in heart failure: immediate and long-term effects upon physical activity level. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2011;18(2):158–66.
- [16] Daussin FN, Ponsot E, Dufour SP, Lonsdorfer-Wolf E, Doutreleau S, Geny B, et al. Improvement of VO2max by cardiac output and oxygen extraction adaptation during intermittent versus continuous endurance training. *Eur J Appl Physiol* 2007;101(3):377–83.
- [17] de Tournay-Jetté E, Dupuis G, Denault A, Cartier R, Bherer L. The benefits of cognitive training after a coronary artery bypass graft surgery. *J Behav Med* 2011;25(1):95–104.
- [18] de Tournay-Jetté E, Dupuis G, Bherer L, Deschamps A, Cartier R, Denault A. The relationship between cerebral oxygen saturation changes and postoperative cognitive dysfunction in elderly patients after coronary artery bypass graft surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2011;25(1):95–104.
- [19] Deley G, Kervio G, Verges B, Hannequin A, Petitdant MF, Salmi-Belmihoub S, et al. Comparison of low-frequency electrical myostimulation and conventional aerobic exercise training in patients with chronic heart failure. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2005;12(3):226–33.
- [20] Deley G, Eicher JC, Verges B, Wolf JE, Casillas JM. Do low-frequency electrical myostimulation and aerobic training similarly improve performance in chronic heart failure patients with different exercise capacities? *J Rehabil Med* 2008;40(3):219–24.
- [21] Dilles A, Heymans V, Martin S, Droogne W, Denhaerynck K, De Geest S. Comparison of a computer assisted learning program to standard education tools in hospitalized heart failure patients. *Eur J Cardiovasc Nurs* 2011;10(3):187–93.
- [22] DiPietro L, Dziura J, Yeckel CW, Neuffer PD. Exercise and improved insulin sensitivity in older women: evidence of the enduring benefits of higher intensity training. *J Appl Physiol* 2006;100(1):142–9.
- [23] Domingues FB, Clausell N, Aliti GB, Dominguez DR, Rabelo ER. Education and telephone monitoring by nurses of patients with heart failure: randomized clinical trial. *Arq Bras Cardiol* 2011;96(3):233–9.
- [24] Duarte Freitas P, Haida A, Bousquet M, Richard L, Mauriege P, Guiraud T. Short-term impact of a 4-week intensive cardiac rehabilitation program on quality of life and anxiety-depression. *Ann Phys Rehabil Med* 2011;54(3):132–43.
- [25] Ekkekakis P. Let them roam free? Physiological and psychological evidence for the potential of self-selected exercise intensity in public health. *Sports Med* 2009;39(10):857–88.
- [26] Ekkekakis P, Parfitt G, Petruzzello SJ. The pleasure and displeasure people feel when they exercise at different intensities: decennial update and progress towards a tripartite rationale for exercise intensity prescription. *Sports Med* 2011;41(8):641–71.
- [27] Evans RA, Singh SJ, Williams JE, Morgan MD. The development of a self-reported version of the chronic heart questionnaire. *J Cardiopulm Rehabil Prev* 2011;31(6):365–72.
- [28] Felker GM, Whellan D, Kraus WE, Clare R, Zannad F, Donahue M, et al. N-terminal pro-brain natriuretic peptide and exercise capacity in chronic heart failure: data from the Heart Failure and a Controlled Trial Investi-

- gating Outcomes of Exercise Training (HF-ACTION) study. *Am Heart J* 2009;158(4 Suppl.):S37–44.
- [29] Fornari L, Giuliano F, Pastana C, Vieira B, Caramelli B. Children first: how an educational program in cardiovascular prevention at school can improve parent's cardiovascular risk. *Eur Heart J* 2011;32:972–3 [Abstract supplement].
- [30] Fu TC, Wang CH, Hsu CC, Cherng WJ, Huang SC, Wang JS. Suppression of cerebral hemodynamics is associated with reduced functional capacity in patients with heart failure. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2011;300(4):H1545–5. Epub 2011 Jan 28.
- [31] Fu TC, Wang CH, Lin PS, Hsu CC, Cherng WJ, Huang SC, et al. Aerobic interval training improves oxygen uptake efficiency by enhancing cerebral and muscular hemodynamics in patients with heart failure. *Int J Cardiol* 2011. Dec 22. [Epub ahead of print].
- [32] Gayda M, Choquet D, Temfemo A, Ahmaidi S. Cardiorespiratory fitness and functional capacity assessed by the 20-meter shuttle walking test in patients with coronary artery disease. *Arch Phys Med Rehabil* 2003;84(7):1012–6.
- [33] Gayda M, Temfemo A, Choquet D, Ahmaidi S. Cardiorespiratory requirements and reproducibility of the six-minute walk test in elderly patients with coronary artery disease. *Arch Phys Med Rehabil* 2004;85(9):1538–43.
- [34] Giallauria F, Acampa W, Ricci F, Vitelli A, Maresca L, Mancini M, et al. Effects of exercise training started within 2 weeks after acute myocardial infarction on myocardial perfusion and left ventricular function: a gated SPECT imaging study. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2011. Sep 30.
- [35] Giallauria F, De Lorenzo A, Pilerici F, Manakos A, Lucci R, Psaroudaki M, et al. Reduction of N terminal-pro-brain (B-type) natriuretic peptide levels with exercise-based cardiac rehabilitation in patients with left ventricular dysfunction after myocardial infarction. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2006;13(4):625–32.
- [36] Giallauria F, Cirillo P, Lucci R, Pacileo M, De Lorenzo A, D'Agostino M, et al. Left ventricular remodeling in patients with moderate systolic dysfunction after myocardial infarction: favourable effects of exercise training and predictive role of N-terminal pro-brain natriuretic peptide. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2008;15(1):113–8.
- [37] Goel K, Lennon RJ, Tilbury RT, Squires RW, Thomas RJ. Impact of cardiac rehabilitation on mortality and cardiovascular events after percutaneous coronary intervention in the community. *Circulation* 2011;123(21):2344–52.
- [38] Gremeaux V, Deley G, Duclay J, Antoine D, Hannequin A, Casillas JM. The 200-m fast-walk test compared with the 6-min walk test and the maximal cardiopulmonary test: a pilot study. *Am J Phys Med Rehabil* 2009;88(7):571–8.
- [39] Gremeaux V, Duclay J, Deley G, Philipp JL, Laroche D, Pousson M, et al. Does eccentric endurance training improve walking capacity in patients with coronary artery disease? A randomized controlled pilot study. *Clin Rehabil* 2010;24(7):590–9.
- [40] Gremeaux V, Troisgros O, Benaïm S, Hannequin A, Laurent Y, Casillas JM, et al. Determining the minimal clinically important difference for the six-minute walk test and the 200-meter fast-walk test during cardiac rehabilitation program in coronary artery disease patients after acute coronary syndrome. *Arch Phys Med Rehabil* 2011;92(4):611–9.
- [41] Gremeaux M, Hannequin A, Laurent Y, Laroche D, Casillas JM, Gremeaux V. Usefulness of the 6-minute walk test and the 200-metre fast walk test to individualize high intensity interval and continuous exercise training in coronary artery disease patients after acute coronary syndrome: a pilot controlled clinical study. *Clin Rehabil* 2011;25(9):844–55.
- [42] Gruet M, Brisswalter J, Mely L, Vallier JM. Use of the peak heart rate reached during six-minute walk test to predict individualized training intensity in patients with cystic fibrosis: validity and reliability. *Arch Phys Med Rehabil* 2010;91(4):602–7.
- [43] Guiraud T, Nigam A, Gremeaux V, Meyer P, Juneau M, Bosquet L. High-intensity interval exercise in cardiac rehabilitation. *Sports Med* 2012 [accepted].
- [44] Guiraud T, Nigam A, Juneau M, Meyer P, Gayda M, Bosquet L. Acute responses to high-intensity intermittent exercise in CHD patients. *Med Sci Sports Exerc* 2011;43(2):211–7.
- [45] Hambrecht R, Walther C, Mobius-Winkler S, Gielen S, Linke A, Conradi K, et al. Percutaneous coronary angioplasty compared with exercise training in patients with stable coronary artery disease: a randomized trial. *Circulation* 2004;109(11):1371–8.
- [46] Harris S, LeMaitre JP, Mackenzie G, Fox KA, Denvir MA. A randomised study of home-based electrical stimulation of the legs and conventional bicycle exercise training for patients with chronic heart failure. *Eur Heart J* 2003;24(9):871–8.
- [47] Haykowsky M, Scott J, Esch B, Schopflocher D, Myers J, Paterson I, et al. A meta-analysis of the effects of exercise training on left ventricular remodeling following myocardial infarction: start early and go longer for greatest exercise benefits on remodeling. *Trials* 2011;12:92.
- [48] Haykowsky MJ, Brubaker PH, John JM, Stewart KP, Morgan TM, Kitzman DW. Determinants of exercise intolerance in elderly heart failure patients with preserved ejection fraction. *J Am Coll Cardiol* 2011;58(3):265–74.
- [49] Holland AE, Hill CJ, Rasekaba T, Lee A, Naughton MT, McDonald CF. Updating the minimal important difference for six-minute walk distance in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Arch Phys Med Rehabil* 2010;91(2):221–5.
- [50] Houchen L, Watt A, Boyce S, Singh S. A pilot study to explore the effectiveness of early rehabilitation after a hospital admission for chronic heart failure. *Physiother Theory Pract* 2011. Nov 4. [Epub ahead of print].
- [51] Houle J, Doyon O, Vadeboncoeur N, Turbide G, Diaz A, Poirier P. Innovative program to increase physical activity following an acute coronary syndrome: randomized controlled trial. *Patient Educ Couns* 2011;85(3):e237–44.
- [52] Hwang R, Marwick T. Efficacy of home-based exercise programmes for people with chronic heart failure: a meta-analysis. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2009;16(5):527–35.
- [53] Jolly MA, Brennan DM, Cho L. Impact of exercise on heart rate recovery. *Circulation* 2011;124(14):1520–6.
- [54] Jones WS, Clare R, Ellis SJ, Mills JS, Fischman DL, Kraus WE, et al. Effect of peripheral arterial disease on functional and clinical outcomes in patients with heart failure (from HF-ACTION). *Am J Cardiol* 2011;108(3):380–4.
- [55] Laoutaris I, Dritsas A, Brown MD, Manginas A, Alivizatos PA, Cokkinos DV. Inspiratory muscle training using an incremental endurance test alleviates dyspnea and improves functional status in patients with chronic heart failure. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2004;11(6):489–96.
- [56] Lastayo PC, Reich TE, Urquhart M, Hoppeler H, Lindstedt SL. Chronic eccentric exercise: improvements in muscle strength can occur with little demand for oxygen. *Am J Physiol* 1999;276(2 Pt 2):R611–5.
- [57] Lawler PR, Filion KB, Eisenberg MJ. Efficacy of exercise-based cardiac rehabilitation post-myocardial infarction: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Am Heart J* 2011;162(4):571–84 [e2].
- [58] Lipkin DP, Scriven AJ, Crake T, Poole-Wilson PA. Six minute walking test for assessing exercise capacity in chronic heart failure. *Br Med J (Clin Res Ed)* 1986;292(6521):653–5.
- [59] Listerman J, Bittner V, Sanderson BK, Brown TM. Cardiac rehabilitation outcomes: impact of comorbidities and age. *J Cardiopulm Rehabil Prev* 2011;31(6):342–8.
- [60] Mameletzi D, Kouidi E, Koutlianos N, Deligiannis A. Effects of long-term exercise training on cardiac baroreflex sensitivity in patients with coronary artery disease: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil* 2011;25(3):217–27. Epub 2010 Oct 13.
- [61] Martinez DG, Nicolau JC, Lage RL, Toschi-Dias E, de Matos LD, Alves MJ, et al. Effects of long-term exercise training on autonomic control in myocardial infarction patients. *Hypertension* 2011;58(6):1049–56.
- [62] Marzolini S, Candelaria H, Oh P. Prevalence and impact of musculoskeletal comorbidities in cardiac rehabilitation. *J Cardiopulm Rehabil Prev* 2011;30(6):391–400.
- [63] Massucci M, Perrero L, Mantellini E, Petrozzino S, Gamna F, Nocella A, et al. Cardiorespiratory comorbidity: a new challenge for physical and rehabilitation medicine specialist. *Eur J Phys Rehabil Med* 2011. Oct 26. [Epub ahead of print].

- [64] Meyer P, Normandin E, Gayda M, Billon G, Guiraud T, Bosquet L, et al. High-intensity interval exercise in chronic heart failure: protocol optimization. *J Card Fail* 2012;18(2):126–33. Epub 2011 Nov 25.
- [65] Meyer K, Steiner R, Lastayo P, Lippuner K, Allemann Y, Eberli F, et al. Eccentric exercise in coronary patients: central hemodynamic and metabolic responses. *Med Sci Sports Exerc* 2003;35(7):1076–82.
- [66] Meyer P, Normandin E, Gayda M, Billon G, Guiraud T, Bosquet L, et al. High intensity interval exercise in chronic heart failure: protocol optimization. *J Card Fail* 2012;18(2):126–33. Epub 2011 Nov 25.
- [67] Moholdt T, Aamot IL, Granoien I, Gjerde L, Myklebust G, Walderhaug L, et al. Long-term follow-up after cardiac rehabilitation. A randomized study of usual care exercise training versus aerobic interval training after myocardial infarction. *Int J Cardiol* 2011;152(3):388–90.
- [68] Montiel-Trujillo A, Isasti-Aizpurua G, Carrasco-Chinchilla F, Jimenez-Navarro MF, Gomez-Gonzalez A, Bravo Navas JC, et al. Influence of cardiac rehabilitation on natriuretic peptides. *Acta Cardiol* 2011;66(5):641–3.
- [69] Moore SM, Charvat JM, Gordon NH, Pashkow F, Ribisl P, Roberts BL, et al. Effects of a CHANGE intervention to increase exercise maintenance following cardiac events. *Ann Behav Med* 2006;31(1):53–62.
- [70] Mouro L, Tordi N, Bouhaddi M, Teffaha D, Monpere C, Regnard J. Heart rate variability to assess ventilatory thresholds: reliable in cardiac disease? *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2011. Sep 13. [Epub ahead of print].
- [71] Myers J, Prakash M, Froelicher V, Do D, Partington S, Atwood JE. Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. *N Engl J Med* 2002;346(11):793–801.
- [72] Nogueira PA, Leal AC, Pulz C, Nogueira ID, Filho JA. Clinical reliability of the 6 minute corridor walk test performed within a week of a myocardial infarction. *Int Heart J* 2006;47(4):533–40.
- [73] O'Donovan G, Owen A, Bird SR, Kearney EM, Nevill AM, Jones DW, et al. Changes in cardiorespiratory fitness and coronary heart disease risk factors following 24 wk of moderate- or high-intensity exercise of equal energy cost. *J Appl Physiol* 2005;98(5):1619–25.
- [74] O'Donovan G, Kearney EM, Nevill AM, Woolf-May K, Bird SR. The effects of 24 weeks of moderate- or high-intensity exercise on insulin resistance. *Eur J Appl Physiol* 2005;95(5–6):522–8.
- [75] Oh-Park M, Zohman LR, Abrahams C. A simple walk test to guide exercise programming of the elderly. *Am J Phys Med Rehabil* 1997;76(3):208–12.
- [76] Pavy B, Iliou MC, Verges BL, Brion R, Monpère C, Carré F, et al. Référentiel des bonnes pratiques de la réadaptation cardiaque de l'adulte en 2011. Groupe exercice réadaptation et sport (GERS) de la Société française de cardiologie; 2011.
- [77] Pavy B, Tisseau A, Caillon M. The coronary patient six months after cardiac rehabilitation: rehabilitation evaluation research (RER study). *Ann Cardiol Angeiol (Paris)* 2011;60(5):252–8.
- [78] Pinto BM, Goldstein MG, Papandonatos GD, Farrell N, Tilkemeier P, Marcus BH, et al. Maintenance of exercise after phase II cardiac rehabilitation: a randomized controlled trial. *Am J Prev Med* 2011;41(3):274–83.
- [79] Rehn TA, Munkvik M, Lunde PK, Sjaastad I, Sejersted OM. Intrinsic skeletal muscle alterations in chronic heart failure patients: a disease-specific myopathy or a result of deconditioning? *Heart Fail Rev* 2011. Oct 14. [Epub ahead of print].
- [80] Rocha Vieira DS, Baril J, Richard R, Perrault H, Bourbeau J, Taivassalo T. Eccentric cycle exercise in severe COPD: feasibility of application. *COPD* 2011;8(4):270–4.
- [81] Rognmo O, Hetland E, Helgerud J, Hoff J, Slordahl SA. High intensity aerobic interval exercise is superior to moderate intensity exercise for increasing aerobic capacity in patients with coronary artery disease. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2004;11(3):216–22.
- [82] Russell KL, Holloway TM, Brum M, Caruso V, Chessex C, Grace SL. Cardiac rehabilitation wait times: effect on enrollment. *J Cardiopulm Rehabil Prev* 2011;31(6):373–7.
- [83] Sandercock G, Hurtado V, Cardoso F. Changes in cardiorespiratory fitness in cardiac rehabilitation patients: a meta-analysis. *Int J Cardiol* 2011. Dec 27. [Epub ahead of print].
- [84] Schnohr P, Marott JL, Jensen JS, Jensen GB. Intensity versus duration of cycling, impact on all-cause and coronary heart disease mortality: the Copenhagen City Heart Study. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2012;19(1):73–80. Epub 2011 Feb 21.
- [85] Singh-Manoux A, Britton AR, Marmot M. Vascular disease and cognitive function: evidence from the Whitehall II Study. *J Am Geriatr Soc* 2003;51(10):1445–50.
- [86] Smart NA, Dieberg G, Giallauria F. Functional electrical stimulation for chronic heart failure: a meta-analysis. *Int J Cardiol* 2011. Nov 16. [Epub ahead of print].
- [87] Stanek KM, Gunstad J, Spitznagel MB, Waechter D, Hughes JW, Luyster F, et al. Improvements in cognitive function following cardiac rehabilitation for older adults with cardiovascular disease. *Int J Neurosci* 2011;121(2):86–93.
- [88] Steiner R, Meyer K, Lippuner K, Schmid JP, Saner H, Hoppeler H. Eccentric endurance training in subjects with coronary artery disease: a novel exercise paradigm in cardiac rehabilitation? *Eur J Appl Physiol* 2004;91(5–6):572–8.
- [89] Stoylen A, Conraads V, Halle M, Linke A, Prescott E, Ellingsen O. Controlled study of myocardial recovery after interval training in heart failure: SMARTEX-HF - rationale and design. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*. 2011 Mar 21. [Epub ahead of print].
- [90] Tabet JY, Meurin P, Beauvais F, Weber H, Renaud N, Thabut G, et al. Absence of exercise capacity improvement after exercise training program: a strong prognostic factor in patients with chronic heart failure. *Circ Heart Fail* 2008;1(4):220–6.
- [91] Tabet JY, Meurin P, Teboul F, Tartièr JM, Weber H, Renaud N, et al. Determination of exercise training level in coronary artery disease patients on beta blockers. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2008;15(1):67–72.
- [92] Temfemo A, Chlif M, Mandengue SH, Lelard T, Choquet D, Ahmaidi S. Is there a beneficial effect difference between age, gender, and different cardiac pathology groups of exercise training at ventilatory threshold in cardiac patients? *Cardiol J* 2011;18(6):632–8.
- [93] Vasan RS, Larson MG, Benjamin EJ, Evans JC, Reiss CK, Levy D. Congestive heart failure in subjects with normal versus reduced left ventricular ejection fraction: prevalence and mortality in a population-based cohort. *J Am Coll Cardiol* 1999;33(7):1948–55.
- [94] Villemur B, Marquer A, Gailledrat E, Benetreau C, Bucci B, Evra V, et al. New rehabilitation program for intermittent claudication: Interval training with active recovery: pilot study. *Ann Phys Rehabil Med* 2011;54(5):275–81.
- [95] Watson L, Ellis B, Leng GC. Exercise for intermittent claudication. *Cochrane Database Syst Rev* 2008;4:CD000990.
- [96] West RR, Jones DA, Henderson AH. Rehabilitation after myocardial infarction trial (RAMIT): multi-centre randomised controlled trial of comprehensive cardiac rehabilitation in patients following acute myocardial infarction. *Heart* 2012;98(8):637–44. Epub 2011 Dec 22.
- [97] Wisloff U, Stoylen A, Loennechen JP, Bruvold M, Rognmo O, Haram PM, et al. Superior cardiovascular effect of aerobic interval training versus moderate continuous training in heart failure patients: a randomized study. *Circulation* 2007;115(24):3086–94.
- [98] Wisloff U, Ellingsen O, Kemi OJ. High-intensity interval training to maximize cardiac benefits of exercise training? *Exerc Sport Sci Rev* 2009;37(3):139–46.
- [99] Wittmer M, Volpatti M, Piazzalonga S, Hoffmann A. Expectation, satisfaction, and predictors of dropout in cardiac rehabilitation. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2011.
- [100] Worringham C, Rojek A, Stewart I. Development and feasibility of a smartphone, ECG and GPS based system for remotely monitoring exercise in cardiac rehabilitation. *PLoS One* 2011;6(2):e14669.