



Available online at
ScienceDirect
www.sciencedirect.com

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

Annals of Physical and Rehabilitation Medicine 57 (2014) 1–10

ANNALS
 OF PHYSICAL
 AND REHABILITATION MEDICINE

Original article / Article original

VO₂max in patients with chronic pain: The effect of a 4-week rehabilitation program

La VO₂max chez les patients douloureux chroniques : effet d'un programme de quatre semaines de réadaptation

F. Doury-Panchout ^{a,*}, J.C. Métivier ^b, B. Fouquet ^c

^a Service de médecine physique et réadaptation, CHU de Tours, 2, boulevard Tonnellé, 37000 Tours, France

^b Service de médecine physique et réadaptation, hôpital « Docteur Jean Delaneau », CHIC Amboise Château-Renault, rue Jules-Joran, BP 68, 37110 Château-Renault, France

^c Fédération universitaire inter-hospitalière de médecine physique et réadaptation, CHU de Tours, 2, boulevard Tonnellé, 37000 Tours, France

Received 25 March 2013; accepted 14 November 2013

Abstract

Background. – In patients with chronic pain, aerobic deconditioning can explain part of observed disability and disadvantage. The objective of the present study was to assess the change in VO₂max after a four-week exercise rehabilitation programme in this population.

Methods. – In a prospective study, 121 patients underwent a cycle ergometer exercise tolerance test with VO₂max measurement before and after a four-week exercise rehabilitation programme (which included aerobic training, muscle strengthening, occupational therapy and stretching).

Results. – We observed a statistically significant increase in VO₂max ($P = 0.03$) and an improvement in the patients' distribution according to the Shvartz fitness classification after rehabilitation.

Discussion. – The four-week exercise rehabilitation program was associated with an improvement in aerobic capacities in patients with chronic pain. However, in all but one of the 121 patients, the VO₂max value at the end of the program was below average for gender and age. Maintenance of aerobic training after the end of a rehabilitation programme is essential.

© 2013 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

Keywords: VO₂max; Deconditioning; Rehabilitation; Chronic pain

Résumé

Contexte. – Il existe chez les patients douloureux chroniques un déconditionnement aérobie qui participe au maintien en situation d'incapacité et de handicap. Notre objectif est d'étudier la variation de la VO₂max après 4 semaines de réadaptation chez des patients douloureux chroniques.

Méthodes. – Il s'agit d'une étude prospective sur 121 patients douloureux chroniques (lombalgie chronique, syndrome douloureux chronique du membre supérieur ou syndrome douloureux chronique multifocal). Nous avons mesuré la VO₂max à l'aide d'un analyseur d'échanges gazeux au cours d'une épreuve d'effort sur cycloergomètre avant et après 4 semaines de réadaptation associant travail aérobie, renforcement musculaire, ergothérapie et assouplissements.

Résultats. – Nous avons observé une amélioration statistiquement significative de la VO₂max ($p = 0,03$) dans notre population, et une amélioration de la répartition des patients selon les catégories de Shvartz après un programme de 4 semaines de réadaptation.

Discussion. – Le programme de réadaptation proposé permet une amélioration des capacités aérobie chez les patients douloureux chroniques. Cependant, la VO₂max à la fin du programme reste chez 120 patients, inférieure à la moyenne pour l'âge et le sexe. La poursuite d'une activité aérobie régulière est donc indispensable au décours du programme de réadaptation.

© 2013 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Mots clés : VO₂max ; Déconditionnement ; Réadaptation ; Douleur chronique

* Corresponding author. 2, rue Jacques-Gabriel, 41000 Blois, France.

E-mail address: florence.dourypanchout@gmail.com (F. Doury-Panchout).

1. English version

1.1. Introduction

Deconditioning syndrome is one reason for poor effort tolerance and a progressive decrease in physical ability in patients with chronic low back pain (LBP) [2,10,14,19,23,24] (particularly in patients who have been off work for a long period) [23]. $VO_2\max$ is defined as the maximum volume of gaseous oxygen that the body can take up per unit time during maximal aerobic exercise; it corresponds to an individual's maximum capacity to transport and use oxygen and thus reflects his/her physical fitness. In chronic LBP patients, it has been hypothesized that a progressive decrease in physical activity impacts the maximum aerobic capacity; this creates a vicious circle (the “deconditioning spiral”) in which inactivity leads to the aerobic deconditioning, which in turn leads to a reduction in physical activity [8–10,13,14,17,19].

In previous work [6], we discussed this hypothesis and evidenced objective deconditioning and a collapse in aerobic capacity by measuring $VO_2\max$ (using indirect calorimetry) during a cycle ergometer exercise tolerance test in patients with chronic LBP and patients suffering from musculoskeletal pain at various body sites (chronic pain of upper limb and multifocal chronic pain). We therefore decided to apply the deconditioning theory to chronic musculoskeletal pain more broadly and offer multidisciplinary exercise rehabilitation programs to chronic pain sufferers.

The primary objective of the present study was to measure $VO_2\max$ before and after four weeks of exercise rehabilitation in patients suffering from chronic pain at various body sites. We hypothesized that effort training would improve aerobic capacities in all patients, regardless of the type of chronic pain syndrome. The study's secondary objectives were to characterize variations in objective and subjective fitness parameters after the rehabilitation programme and to look for correlations with $\Delta VO_2\max$.

1.2. Materials and methods

1.2.1. The study population

Patients (aged from 18 to 60) hospitalized in the physical medicine and rehabilitation department at Château-Renault hospital (Château-Renault, France) in 2010 for chronic pain syndrome (chronic muscle or joint pain for more than three months) and who had participated in an exercise rehabilitation programme were eligible for inclusion in the study. The patients were variously in work, on sick leave or unemployed. Following application of the inclusion criteria, 121 patients were selected for this cohort study (Table 1). The mean \pm SD length of time off work prior to hospitalization was 10.1 ± 8.6 months. Eighty patients had been off work for more than 6 months.

In general, chronic pain syndrome patients admitted to our department for rehabilitation undergo an exercise tolerance test, during which $VO_2\max$ is measured by indirect calorimetry. Patients over the age of 50 or those with two or more

cardiovascular risk factors prior to admission undergo an exercise tolerance test with a cardiologist, in order to detect any contra-indications to participation in an aerobic rehabilitation programme.

Our department's routine clinical evaluation procedure was applied in all cases. In accordance with French data protection guidelines, all patients were informed that their personal data would be computer-processed. Approval by an independent ethics committee was not required because the protocol did not involve any changes in the patients' normal standard of care or any additional procedures and analyses.

The study participants were classified into three groups, as a function of the type of pain (Table 1):

- the chronic LBP group: LBP pain with or without irradiation to the leg, and no known neurological disorders;
- the chronic pain of upper limb (ULP) group: chronic pain in one upper limb, with or without specific symptoms of musculoskeletal disorder, and no indication for a surgical treatment;
- the multifocal pain syndrome (MPS) group: pain at several body sites (i.e. LBP plus pain in one or both arms).

1.2.2. Methods

All the patients were evaluated by our department's physical and rehabilitation medicine specialists, physiotherapists and occupational therapists before and after the rehabilitation programme. The evaluation included a maximal exercise tolerance test on a Cardiocontrol[®] cycle ergometer, with measurement of $VO_2\max$. This was an incremental test starting at a power of 30 W, with a 30 W increment every three minutes. The pedalling rate was maintained at 60 rotations per minute throughout the test. The participants were told that the goal was to achieve the best possible level of performance, despite the pain. The VO_2 measurement was performed using a MedGraphics Cardiorespiratory Diagnostic Systems[®] gas exchange analyser; the highest VO_2 value recorded during the test was considered to be the $VO_2\max$. The measuring equipment was calibrated at the start of each session (which comprised 4 to 6 exercise tolerance tests over a half-day period). The heart rate was monitored continuously throughout the test and the arterial blood pressure was measured before the exercise tolerance test, at each increment and after three minutes of rest at the end of the test. The exercise tolerance test was stopped in the event of exhaustion (i.e. the test was submaximal) or if the theoretical maximum heart rate (HR_{\max} , defined by the ‘220 minus age’ equation) was reached (i.e. the test was maximal). The $VO_2\max$ values were related to the participant's body weight and expressed in mL/kg/min. The values were compared with Shvartz and Reibold's normative values for age and gender [18] and participants were classified into seven fitness levels: 1, excellent; 2, very good; 3, good; 4, average; 5, fair; 6, poor; 7, very poor. The perceived exertion rating (PER, on the Borg scale [11]) was recorded before the test, immediately afterwards and then after 3 minutes of rest.

Poor exercise tolerance can be measured in a number of objective tests:

Table 1
Characteristics of the study population and the subgroups.

	Total study population	CLBP	ULP	MPS	<i>P</i>
<i>n</i>	121	61	34	26	
Age (years)	42.1 ± 9.4	41.6 ± 8.6	39.3 ± 10.6	46.1 ± 8.1	≤ 0.05*
Gender (M/F)	63/58	43/19	11/23	9/16	0.005
BMI (kg/m ²)	26.6 ± 5.3	26.3 ± 5.2	27.2 ± 5.6	26.4 ± 5.2	NS
Time since onset of disability (months)	10 ± 8.7	8.4 ± 6.9	10.6 ± 9.7	12.2 ± 10.7	NS

CLBP: chronic lower back pain; ULP: upper limb pain (musculoskeletal disorder); MPS: multifocal pain syndrome. * indicates a statistically significant difference in age between the CLBP and ULP groups ($P = 0.02$) and between the ULP and MPS groups ($P = 0.05$).

- the Sorensen test [16]. The subject lies in the prone position, with his/her legs strapped to the table and the upper body hanging over the edge. With his/her arms folded across the chest, the subject has to maintain the unsupported upper body in a horizontal position for as long as possible. This test evaluates the endurance of the spinal extensor muscles;
- the Progressive Isoinertial Lifting Evaluation (PILE), developed by Mayer et al. [15]. The patient must lift a weight off the ground to waist height four times within 20 seconds. The weight is initially 4 kg and is increased by 2.5 kg increments until severe discomfort occurs. The maximum weight lifted (in kg and as a percentage of the subject's body weight) and the total weights lifted are noted. We evaluated the HR, arterial blood pressure and PER before the test, at the end of the test and after 3 minutes of rest.

The patient's perception of disability was assessed with self-questionnaires: the Questionnaire d'évaluation de la capacité fonctionnelle (EIFEL, the French language version of the Roland and Morris Disability Questionnaire) for the chronic LBP group [4], the Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (DASH) questionnaire for the ULP group [7], and both self-questionnaires if the patient suffered from both LBP and chronic pain of upper limb.

All the patients followed a four-week physical exercise programme that comprised a six-hour rehabilitation session five days a week. This session comprises six 10-minute muscle strength exercises (prescribed individually as a function of the one-rep maximum strength evaluated at the start of the programme) spread over the morning, an hour of aerobic work, an hour of stretching and 30 to 45 minutes of occupational therapy (a combination of strength and flexibility exercises).

We then analyzed and compared the data collected before and then after four weeks of physical exercise rehabilitation.

1.2.3. Statistical analysis

Quantitative variables were compared using Student's test and the mean frequencies of qualitative variables were compared in an analysis of variance. Correlations between quantitative parameters were studied with the correlation module provided by Statview software. The threshold for statistical significance was set to $P < 0.05$. The normality of the data distribution was checked before statistical tests were applied with a Kolmogorov-Smirnov test.

1.3. Results

1.3.1. Changes in VO₂max after a four-week physical exercise programme

We observed a statistically significant increase in VO₂max ($P = 0.03$) after four weeks of rehabilitation (Table 2). For the other test parameters, we observed a statistically significant increase in the maximum power ($P = 0.0001$), an increase in VO₂ at the ventilatory threshold 1 (VT1) (although this did not achieve statistical significance) and a significant decrease in HR_{max} ($P = 0.007$, although this remained at more than 90% of the theoretical maximum).

The change in VO₂max did not depend significantly on gender or age. There were no statistically significant differences in the change in VO₂max when comparing the three pain subgroups (1.4 ± 3.1 mL/kg/min in the AP group, 1.9 ± 3.4 mL/kg/min in the CLBP group and 2.5 ± 4.2 mL/kg/min in the MPS group).

The patients' distribution according to the Shvartz fitness classification before and after rehabilitation is shown in Table 3. The Shvartz classification was not predictive of the final EIFEL or DASH scores or the maximum weight lifted in the PILE. There were no significant inter-group differences in the distribution of the Shvartz classes either before or after the rehabilitation programme.

Table 2
Exercise tolerance test results before and after four weeks of exercise rehabilitation.

	Before rehabilitation	After rehabilitation	<i>P</i>
VO ₂ at the ventilatory threshold VT1 (mL/kg/min)	11.4 ± 8.4	12.6 ± 11.1	NS
Ventilatory threshold power VT1 (W)	57.1 ± 54.9	64.7 ± 24	NS
VO ₂ max (mL/kg/min)	22.2 ± 5.7	25.2 ± 15.3	0.03
Maximum power (W)	132.2 ± 43.9	153.3 ± 51	0.0001
HRmax (% theoretical)	91.9 ± 7.5	90.3 ± 7.9	0.0007

Table 3
Distribution of the patients according to the Shvartz fitness classification before and after the exercise rehabilitation programme.

	Before rehabilitation			Total	
	7 (very poor)	6 (poor)	5 (fair)		
After rehabilitation	7 (very poor)	29	12	1	42
	6 (poor)	57	4	0	61
	5 (fair)	3	8	7	18
	4 (average)	0	0	0	0
	3 (good)	0	0	1	1
	Total	88	24	9	121

1.3.2. Changes in objective measures of disability after four weeks of exercise rehabilitation

We observed a statistically significant increase in the Sorensen test time ($P = 0.0001$) and the associated cardiac cost ($P = 0.02$) after four weeks of rehabilitation (Table 4).

For the PILE, we observed statistically significant increases in the maximum weight lifted (whether measured in kg or as a percentage of body weight [$P = 0.0001$]) and the total weight lifted ($P = 0.0001$) after four weeks of rehabilitation. We also observed an increase in the associated cardiac cost, although it did not achieve statistical significance.

1.3.3. Changes in subjective measures of disability after four weeks of exercise rehabilitation

We observed a statistically significant decrease in the EIFEL and DASH scores after four weeks of rehabilitation ($P = 0.0001$) (Table 5). After four weeks of rehabilitation, there was a significant decrease in the PER noted at the start and end of the PILE ($P = 0.04$), at the start and end of the exercise tolerance test ($P = 0.0001$) and three minutes after the end of the exercise tolerance test.

1.3.4. Correlations between the change in $VO_2\max$ ($\Delta VO_2\max$) and change in the objective and subjective measure of disability

We did not observe any correlations between $\Delta VO_2\max$ on one hand and the change in the weight lifted in the PILE or the Sorensen test time on the other after four weeks of exercise rehabilitation.

Similarly, we did not observe any correlations between $\Delta VO_2\max$ and the subjective measures of disability (the disability scale scores and the PER).

1.4. Discussion

At the end of the exercise rehabilitation programme, the three groups of study participants displayed a significant overall improvement in $VO_2\max$. Although we also observed an improvement in objective indicators of disability (the Sorensen test and PILE results) and subjective indicators of disability (the EIFEL and DASH scores and the PER), we did not observe a correlation between improved aerobic capacity and the objective or subjective indicators of disability.

Aerobic work accounted for a significant proportion of our department's rehabilitation programme and so we expected to see a significant improvement in $VO_2\max$. The programme also included specific training related to the Sorensen test and the PILE (spinal muscle strength/endurance training and weight-lifting work) and so improvements in these test results were also expected. The most deconditioned patients on admission to our department had the worst results in the Sorensen test and the PILE [6], and so we were surprised not find a correlation between $\Delta VO_2\max$ and the change in the test results. In fact, the improved levels of performance in the PILE and the Sorensen test are more likely to be related to the efficacy and intensity of the specific training in the rehabilitation programme (i.e. improved spinal muscle strength and endurance for the Sorensen test and weight-lifting exercises and segmental muscle strengthening for the PILE) than to

Table 4
Changes in objective measures of disability after four weeks of exercise rehabilitation.

	Before rehabilitation	After rehabilitation	<i>P</i>
<i>PILE</i>			
Maximum weight lifted in the PILE (kg)	27.5 ± 12.5	36.4 ± 15.5	0.0001
Maximum weight lifted in the PILE (% bodyweight)	32.8 ± 16.6	46.8 ± 18.6	0.0001
Total weight lifted in the PILE (kg)	478.9 ± 368	804.9 ± 427	0.0001
Relative cardiac cost in the PILE	16.7 ± 11.2	17.4 ± 10.5	NS
<i>Sorensen test (n = 110)</i>			
Sorensen test time (seconds)	71 ± 34	144.4 ± 60.9	0.0001
Relative cardiac cost in the Sorensen test	16.0 ± 9.4	18.8 ± 8.6	0.02

PILE: Progressive Isoinertial Lifting Evaluation.

Table 5

Change in subjective measures of disability after four weeks of exercise rehabilitation.

	Before rehabilitation	After rehabilitation	<i>P</i>
<i>EIFEL</i> score (<i>n</i> = 78)	9.9 ± 4.8	4.1 ± 4.5	0.0001
<i>DASH</i> score (<i>n</i> = 57)	81.6 ± 18.6	60.1 ± 20.4	0.0001
<i>Borg</i> perceived exertion rating [13]			
Before the PILE	4.5 ± 5.9	3.3 ± 2.3	0.04
After the PILE	5.8 ± 7.6	4.3 ± 2.4	0.04
Before the exercise tolerance test	3.8 ± 2.3	2.2 ± 2.8	0.0001
After the exercise tolerance test	6.2 ± 1.9	4.8 ± 2.8	0.0001
Three minutes after the end of the exercise tolerance test	4.9 ± 4.8	2.9 ± 1.8	0.0003

PILE: Progressive Isoinertial Lifting Evaluation; EIFEL: French language version of the Roland and Morris Disability Questionnaire.

improved aerobic capacities. It thus appears to be essential to evaluate and take account of the various dimensions of deconditioning (decreases in aerobic capacity, weight-lifting ability and spinal muscle strength and endurance in chronic LBP) when setting up a rehabilitation programme for patients with chronic pain.

A review of the literature demonstrates that the prescription of physical exercise in chronic LBP has proven efficacy for reducing pain levels, reducing the perception of disability, speeding the return to work and improving activities of daily living [3,5,12,21,22] and aerobic capacities [3,5]. In a recent randomized, controlled trial, Chan et al. [3] showed that the addition of aerobic training to a conventional rehabilitation programme was associated with an increase in VO₂max and a decrease in BMI; these changes were not observed in the control (conventional rehabilitation) group. The researchers observed an improvement in disability scores and a decrease in pain levels in both groups. Other researchers have investigated the value of physical exercise in the management of fibromyalgia, which is characterized by multifocal pain; Harden et al. [11] reported that a daily, 30-minute aerobic retraining programme (at 80% of the theoretical HR_{max}) was associated with a reduction in pain levels, a decrease in anxiety symptoms and an increase in aerobic capacity in fibromyalgia patients. Even patients who withdrew from the programme prematurely had lower pain levels and perceived disability scores than at the start of the programme. Valim et al. [20] compared a stretching programme with an aerobic exercise programme. The latter was more effective in increasing VO₂max and the anaerobic ventilatory threshold and was also associated with a decrease in anxious-depressive symptoms and an improvement in the “mental health” and “emotional role” scores in the SF-36 quality of life questionnaire. However, there was no correlation between the improvement in aerobic capacity and the degree of pain relief, the Fibromyalgia Impact Questionnaire score or the SF-36 score. Likewise, we did not evidence a correlation between increased aerobic ability and the perception of disability (as measured by the EIFEL and DASH scores) in the present study. In patients with chronic pain, the post-rehabilitation improvements in perceived subjective, emotional, psychological and disability dimensions did not appear to be related to the increase in aerobic ability.

The main methodological limitation of this study relates to our choice of the method for VO₂max measurement method, as has been extensively discussed in a previous publication [6]. Furthermore, even though the VO₂max was significantly improved by the rehabilitation programme, the values were still very low on discharge from our department (Table 3). On admission, all the patients were classified as Shvartz 5 (fair), 6 (poor) or 7 (very poor), whereas on discharge only one patient had an above-average VO₂max for his age. However, the distribution of the patients according to the Shvartz categories improved (89 in class 7 on admission and just 42 on discharge; 24 in class 6 on admission and 61 on discharge; 9 patients in class 5 on admission and 18 on discharge). These results serve as a reminder that patients must continue a sufficiently intense, regular aerobic activity on discharge if their VO₂max is to reach normal age- and gender-related values.

2. Conclusion

In previous work [6], we had shown that patients with various types of chronic pain experienced aerobic deconditioning – thus corroborating the deconditioning theory developed by Mayer et al. [15]. It thus seemed legitimate to apply the deconditioning syndrome theory to musculoskeletal pain other than LBP and offer these patients a multidisciplinary training programme. The results of the present study confirmed our hypothesis, according to which intensive rehabilitational care (combining muscle strengthening, stretching, and aerobic exercise) in patients with chronic pain (regardless of the body sites affected) was associated with an increase in VO₂max and objective disability test results (the Sorensen test and the PILE) and a decrease in perceived disability (as evaluated with the DASH and EIFEL questionnaires).

Disclosure of interest

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

Acknowledgements

We wish to thank the physiotherapists, physical trainers, occupational therapists and nurses in the physical medicine and

rehabilitation department at Château-Renault general hospital for their help in performing the study.

3. Version française

3.1. Introduction

Le syndrome de déconditionnement est décrit comme l'une des explications rendant compte de l'intolérance à l'effort et de la diminution progressive des capacités physiques chez les patients lombalgiques chroniques [2,10,14,19,23,24], et ce particulièrement chez les patients en arrêt de travail prolongé [23]. La VO_2max est le volume maximal de dioxygène qu'un organisme aérobique peut consommer par unité de temps lors d'un exercice aérobique maximal ; elle reflète la capacité maximale du corps d'un individu pour le transport et l'utilisation d'oxygène, et donc la condition physique de l'individu. Chez les patients lombalgiques chroniques, on suppose que la diminution progressive de l'activité physique a un impact sur la capacité aérobique maximale, créant un véritable cercle vicieux, nommé spirale du déconditionnement, selon lequel l'inactivité conduit au déconditionnement aérobique, celui-ci étant lui-même responsable d'une réduction des activités physiques [8–10,13,14,17,19].

Lors d'un précédent travail [6], nous avons argumenté cette hypothèse, et mis en évidence un déconditionnement objectif avec effondrement des capacités aérobiques évaluées par la mesure par calorimétrie indirecte de la VO_2max au cours d'une épreuve d'effort sur cycloergomètre chez des patients lombalgiques chroniques, mais également chez des patients souffrant de douleurs musculo-squelettiques de différentes localisations (syndrome douloureux chronique du membre supérieur, syndrome douloureux chronique multifocal). Il semble donc logique d'appliquer la théorie du déconditionnement aux douleurs musculo-squelettiques chroniques dans leur ensemble, et de proposer aux patients douloureux chroniques des programmes multidisciplinaires de réadaptation à l'effort.

Notre objectif principal était d'étudier l'évolution de la VO_2max après quatre semaines de réadaptation chez des patients présentant des douleurs chroniques de diverses localisations. Notre hypothèse était que la réadaptation à l'effort permettrait une amélioration des capacités aérobiques de ces patients quelle que soit la localisation des phénomènes douloureux. Les objectifs secondaires étaient d'étudier l'évolution de différents paramètres objectifs et subjectifs

d'incapacité au décours du programme de réadaptation et de rechercher des corrélations entre l'évolution de ces différents paramètres et l'évolution de la VO_2max .

3.2. Matériels et méthodes

3.2.1. Population

Ont été inclus dans l'étude tous les patients âgés de 18 à 60 ans, en activité professionnelle, en arrêt de travail ou au chômage, et ayant des douleurs de l'appareil locomoteur évoluant depuis plus de trois mois et hospitalisés dans le service de médecine physique et réadaptation de l'hôpital de Château-Renault entre le 01/01/2010 et le 31/12/2010 pour réadaptation à l'effort dans le cadre d'un syndrome douloureux chronique. Selon ces critères d'inclusion, 121 patients ont été retenus dans cette étude de cohorte (Tableau 1). La durée moyenne de l'arrêt de travail précédant l'hospitalisation était de $10,1 \pm 8,6$ mois. Quarante-vingt patients étaient en arrêt de travail depuis plus de 6 mois.

Tous les patients entrant dans le service pour réadaptation dans le cadre d'un syndrome douloureux chronique ont habituellement une épreuve d'effort avec mesure de la VO_2max par calorimétrie indirecte. Les patients âgés de plus de 50 ans ou ayant au moins deux facteurs de risque cardiovasculaire ont avant leur admission une épreuve d'effort avec un cardiologue afin d'éliminer une contre-indication à un programme de réadaptation aérobique.

Il n'y a eu aucune modification de l'évaluation habituellement pratiquée dans le service. Tous les patients ont été informés du traitement informatique des données selon les recommandations de la CNIL (l'avis du Comité de protection des personnes n'était pas nécessaire puisque le protocole d'évaluation ne comportait pas de modification de la procédure habituelle de prise en charge dans le service ni du type d'analyse des données).

Ces patients ont été classés en trois groupes selon l'étiologie des manifestations douloureuses (Tableau 1) :

- « lombalgie chronique » (LC) : douleur lombaire avec ou sans irradiation au membre inférieur, sans trouble neurologique objectif ;
- « trouble musculo-squelettique » (TMS) : douleur d'un membre supérieur, spécifique ou aspécifique ;
- « syndrome douloureux multifocal » (SDM) : douleur concernant plusieurs sites anatomiques (au minimum douleurs lombaires et TMS uni- ou bilatéral).

Tableau 1
Caractéristiques des patients et comparaison selon le groupe étiologique.

	Population totale	LC	TMS	SDM	<i>p</i>
<i>n</i>	121	61	34	26	
Âge (années)	42,1 ± 9,4	41,6 ± 8,6	39,3 ± 10,6	46,1 ± 8,1	≤ 0,05*
Sexe (H/F)	63/58	43/19	11/23	9/16	0,005
IMC (kg/m ²)	26,6 ± 5,3	26,3 ± 5,2	27,2 ± 5,6	26,4 ± 5,2	NS
Durée d'incapacité (mois)	10 ± 8,7	8,4 ± 6,9	10,6 ± 9,7	12,2 ± 10,7	NS

LC : lombalgie chronique ; TMS : trouble musculo-squelettique ; SDM : syndrome douloureux multifocal. * différence statistiquement significative pour l'âge entre le groupe LC et TMS (*p* = 0,02) et entre le groupe TMS et SDM (*p* = 0,05).

3.2.2. Méthodes

Tous les patients ont fait l'objet de l'évaluation initiale et finale réalisée de manière habituelle dans le service. Il s'agit d'une évaluation pluridisciplinaire par des médecins de MPR, des kinésithérapeutes et des ergothérapeutes. L'évaluation comprenait une épreuve d'effort maximale sur cycloergomètre, avec mesure de la VO_2 max. Il s'agissait d'un test incrémental débutant à une puissance de 30 W, avec une augmentation de 30 W à chaque palier, d'une durée de 3 minutes, sur un cycloergomètre Cardiocontrol Ergometer[®]. La vitesse de pédalage était maintenue à 60 tours par minute tout au long du test. Il a été expliqué aux patients que l'objectif était d'atteindre la performance maximale malgré la douleur. La mesure de la VO_2 était faite à l'aide d'un analyseur d'échanges gazeux MedGraphics Cardiorespiratory Diagnostic Systems[®], et la plus haute valeur de VO_2 enregistrée au cours du test était admise comme VO_2 max. Le calibrage de l'appareil de mesure était effectué au début de chaque session (une session comprenait 4 à 6 épreuves d'effort sur une demi-journée). L'activité cardiaque était surveillée de manière continue tout au long du test et la pression artérielle mesurée avant de débiter l'épreuve d'effort, à chaque palier et après 3 minutes de repos à la fin du test. Le test était arrêté soit en cas d'épuisement du patient (test sous-maximal) soit si la fréquence maximale théorique (FMT), définie par la formule 220-âge, était atteinte (test maximal). Les valeurs de VO_2 max ont été rapportées à la masse corporelle, et sont exprimées en mL/kg/min. Les valeurs ont été comparées à la classification de Shvartz et Reibold [18], par tranche d'âge et par sexe, répartissant les valeurs en sept catégories d'aptitude aérobique : « un, excellente » ; « deux, très bonne », « trois, bonne », « quatre, moyenne », « cinq, faible », « six, pauvre », « sept, très pauvre ». La perception de fatigue selon l'échelle de Borg [1] a été évaluée avant, après l'effort et après 3 minutes de repos.

Des tests objectifs ont permis d'évaluer l'incapacité :

- un test de Sorensen [16] : le patient installé en décubitus ventral, le tronc dans le vide et les membres inférieurs maintenus, les bras croisés sur la poitrine, doit maintenir le tronc en position horizontale le plus longtemps possible. Ce test permet d'évaluer l'endurance des extenseurs spinaux ;
- un test de PILE (Progressive Isoinertial Lifting Evaluation, mis au point par Mayer et al. [15]) : le patient doit soulever une charge du sol à la taille, quatre fois de suite dans un délai de 20 secondes, en commençant à 4 kg, puis en augmentant de 2,5 kg jusqu'à survenue d'un inconfort sévère. La charge maximale atteinte, le pourcentage du poids du corps et la

masse totale mobilisée ont été notés. Avant le test, à la fin du test et après 3 minutes de repos, ont été évaluées : la fréquence cardiaque, la tension artérielle et la perception de fatigue à l'échelle de Borg.

La perception subjective d'incapacité a été appréciée par des autoquestionnaires : EIFEL pour les lombalgies chroniques [4], DASH pour les douleurs concernant le membre supérieur [7], les deux autoquestionnaires si le tableau clinique associait lombalgie et douleur d'au moins un membre supérieur.

L'ensemble des patients a suivi un programme de réadaptation à l'effort de quatre semaines, comprenant six heures de rééducation par jour, cinq jours sur sept, à raison de six exercices de renforcement musculaire de dix minutes chacun, établis individuellement en fonction de la 1-RM évaluée en début de programme, répartis sur la matinée, une heure de travail aérobie, une heure d'étirement et une demi-heure à trois quarts d'heure de prise en charge en ergothérapie, associant des exercices de force et de souplesse.

Nous avons ensuite analysé les données recueillies au début du programme de réadaptation, et comparé ces mêmes données à l'entrée et après quatre semaines de réadaptation à l'effort.

3.2.3. Analyse statistique

Les comparaisons entre paramètres quantitatifs ont été effectuées par le test de Student. Les comparaisons entre les valeurs moyennes en fonction des différentes catégories ont été effectuées par le test Anova. Les corrélations entre paramètres quantitatifs ont été étudiées par test de corrélation sous Statview. Une différence était considérée comme statistiquement significative si $p < 0,05$.

La normalité de l'échantillon a été vérifiée.

3.3. Résultats

3.3.1. Variation de la VO_2 max après 4 semaines de réadaptation à l'effort

Nous avons mis en évidence une amélioration statistiquement significative de la VO_2 max ($p = 0,03$) après 4 semaines de réadaptation (Tableau 2). Concernant les autres paramètres de l'épreuve d'effort, nous avons mis en évidence une amélioration statistiquement significative de la puissance maximale développée au cours de l'épreuve d'effort ($p = 0,0001$), une amélioration de la VO_2 au seuil ventilatoire 1 (SV1), qui reste en deçà du seuil de significativité, et une diminution significative de la fréquence cardiaque maximale atteinte ($p = 0,007$), mais qui reste supérieure à 90 % de la fréquence maximale théorique.

Tableau 2

Évolution des paramètres de l'épreuve d'effort après 4 semaines de réadaptation.

	Avant réadaptation	Après réadaptation	<i>p</i>
VO_2 au seuil ventilatoire SV1 (mL/kg/min)	11,4 ± 8,4	12,6 ± 11,1	NS
Puissance seuil ventilatoire SV1 (W)	57,1 ± 54,9	64,7 ± 24	NS
VO_2 max (mL/kg/min)	22,2 ± 5,7	25,2 ± 15,3	0,03
Puissance maximale (W)	132,2 ± 43,9	153,3 ± 51	0,0001
FC max (% FMT)	91,9 ± 7,5	90,3 ± 7,9	0,0007

Tableau 3
Répartition des patients dans la classification des Shvartz avant et après la réadaptation.

	Entrée				Total
		7 (très pauvre)	6 (pauvre)	5 (faible)	
Sortie	7 (très pauvre)	29	12	1	42
	6 (pauvre)	57	4	0	61
	5 (faible)	3	8	7	18
	4 (moyenne)	0	0	0	0
	3 (bonne)	0	0	1	1
	Total	88	24	9	121

La variation de la VO₂max n'était pas influencée par le sexe ni par l'âge. Il n'y avait pas de différence statistiquement significative de la variation de la VO₂max selon la localisation des phénomènes douloureux : la variation était de 1,4 ± 3,1 mL/kg/min pour le groupe TMS, de 1,9 ± 3,4 mL/kg/min pour le groupe LC et de 2,5 ± 4,2 mL/kg/min pour le groupe SDM.

La répartition des patients selon la classification de Shvartz à l'entrée et à la sortie est représentée par le Tableau 3. La classification de Shvartz n'était pas prédictive des scores finaux pour le EIFEL, le DASH, ni pour la masse maximale soulevée au test de PILE. Il n'y avait pas de différence significative de la répartition des patients dans la classification de Shvartz en fonction de la localisation de phénomènes douloureux, ni à l'entrée dans le service, ni à la sortie.

3.3.2. Variation des paramètres objectifs d'incapacité après 4 semaines de réadaptation à l'effort

Nous avons mis en évidence une amélioration statistiquement significative du temps obtenu à l'épreuve de Sorensen ($p = 0,0001$), ainsi qu'une augmentation statistiquement significative du coût cardiaque relatif de ce test ($p = 0,02$) après 4 semaines de réadaptation (Tableau 4).

Nous avons mis en évidence une amélioration statistiquement significative de la masse maximale soulevée à l'épreuve de PILE mesurée en kilogrammes et en pourcentage de la masse corporelle ($p = 0,0001$), et de la masse totale soulevée lors de l'épreuve de PILE ($p = 0,0001$), ainsi qu'une augmentation du coût cardiaque relatif de cette épreuve, mais qui reste en deçà du seuil de significativité, après 4 semaines de réadaptation.

Tableau 4
Évolution des paramètres objectifs d'incapacité après 4 semaines de réadaptation.

	Avant réadaptation	Après réadaptation	<i>p</i>
<i>Test de PILE</i>			
Masse maximale soulevée au test de PILE (kg)	27,5 ± 12,5	36,4 ± 15,5	0,0001
Masse maximale soulevée au test de PILE (% du poids du corps)	32,8 ± 16,6	46,8 ± 18,6	0,0001
Masse totale soulevée au test de PILE (kg)	478,9 ± 368	804,9 ± 427	0,0001
Coût cardiaque relatif du test de PILE	16,7 ± 11,2	17,4 ± 10,5	NS
<i>Test de Sorensen (n = 110)</i>			
Sorensen (secondes)	71 ± 34	144,4 ± 60,9	0,0001
Coût cardiaque relatif du test de Sorensen	16,0 ± 9,4	18,8 ± 8,6	0,02

PILE: Progressive Isoinertial Lifting Evaluation.

3.3.3. Variation des indicateurs subjectifs d'incapacité après 4 semaines de réadaptation à l'effort

Nous avons mis en évidence une diminution statistiquement significative du score de EIFEL et de DASH après 4 semaines de réadaptation ($p = 0,0001$) (Tableau 5).

Nous avons mis en évidence une diminution significative de la perception de fatigue évaluée par l'échelle de Borg au début et à la fin du test de PILE ($p = 0,04$), au début et à la fin de l'épreuve d'effort ($p = 0,0001$) et trois minutes après la fin de l'épreuve d'effort, après les 4 semaines de réadaptation.

3.3.4. Corrélations entre variation de la VO₂max (Δ VO₂max) et la variation des paramètres objectifs et subjectifs d'incapacité

Nous n'avons mis en évidence aucune corrélation entre la variation de la VO₂max d'une part, et la variation de la masse soulevée à l'épreuve de PILE ou le temps obtenu au test de Sorensen d'autre part, après 4 semaines de réadaptation à l'effort.

Nous n'avons retrouvé aucune corrélation entre la variation de la VO₂max et les paramètres subjectifs d'incapacité (échelles d'incapacité et de perception de fatigue).

3.4. Discussion

À l'issue du programme de réadaptation à l'effort, les patients inclus ont vu une amélioration significative de leur VO₂max, et ce quelle que soit la localisation initiale des phénomènes douloureux. On note également une amélioration des indicateurs objectifs (Sorensen, PILE) et subjectifs (EIFEL,

Tableau 5
Évolution des paramètres subjectifs d'incapacité après 4 semaines de réadaptation.

	Avant réadaptation	Après réadaptation	<i>p</i>
Score d'EIFEL (<i>n</i> = 78)	9,9 ± 4,8	4,1 ± 4,5	0,0001
Score de DASH (<i>n</i> = 57)	81,6 ± 18,6	60,1 ± 20,4	0,0001
<i>Perception de fatigue évaluée par l'échelle de Borg [13]</i>			
Avant le test de PILE	4,5 ± 5,9	3,3 ± 2,3	0,04
Après le test de PILE	5,8 ± 7,6	4,3 ± 2,4	0,04
Avant l'épreuve d'effort	3,8 ± 2,3	2,2 ± 2,8	0,0001
Après l'épreuve d'effort	6,2 ± 1,9	4,8 ± 2,8	0,0001
3 minutes après la fin de l'épreuve d'effort	4,9 ± 4,8	2,9 ± 1,8	0,0003

PILE : Progressive Isoinertial Lifting Evaluation ; EIFEL : questionnaire d'évaluation de la capacité fonctionnelle.

DASH, perception de fatigue) d'incapacité, sans qu'on ait pu mettre en évidence de corrélation entre amélioration des capacités aérobies et des indicateurs objectifs et subjectifs d'incapacité.

Le programme de réadaptation proposé comporte une part importante de travail aérobique, il était donc attendu que celui-ci permette une amélioration significative de la VO₂max. Le programme comporte également un entraînement spécifique en rapport avec les tests de PILE et de Sorensen (renforcement musculaire en force et en endurance des spinaux, travail avec port de charges) : l'amélioration des résultats à ces tests étaient donc également attendue. Les patients les plus déconditionnés à l'entrée dans le service avaient des résultats plus faibles aux tests de Sorensen et de PILE [6], et nous pensions retrouver une corrélation entre la variation de la VO₂max et la variation des résultats à ces tests, ce qui n'a pas été le cas. L'amélioration des performances au PILE et au test de Sorensen est probablement plus liée à l'efficacité et l'intensité de l'entraînement spécifique suivi au cours du programme de réadaptation qu'à l'entraînement aérobique, à l'amélioration de la force et de l'endurance musculaire des muscles spinaux pour le test de Sorensen, et aux exercices avec port de charge et au renforcement musculaire segmentaire pour le test de PILE qu'à l'amélioration des capacités aérobies. Il paraît donc essentiel d'évaluer et de prendre en compte les différentes dimensions du déconditionnement (diminution des capacités aérobies, diminution des capacités de port de charges, diminution de la force et de l'endurance des muscles spinaux chez les lombalgiques chroniques) lors de l'établissement d'un programme de réadaptation pour les patients douloureux chroniques.

L'analyse de la littérature nous montre que la prescription d'exercice physique dans la lombalgie chronique a montré son efficacité sur l'amélioration de la gestion des phénomènes douloureux, la perception d'incapacité, le retour au travail et aux activités quotidiennes [3,5,12,21,22], et sur les capacités aérobies [3,5]. Dans un récent essai randomisé contrôlé, Chan et al. [3] ont montré que l'association d'un entraînement aérobique à la prise en charge rééducative classique permet une amélioration de la VO₂max et une diminution de l'IMC qui n'est pas observé dans le groupe témoin (rééducation classique seule). Dans les deux groupes, on observe une amélioration des scores d'incapacité et une diminution de l'intensité de la douleur. Plusieurs auteurs se sont également intéressés à

l'intérêt de l'exercice physique dans la prise en charge de la fibromyalgie, caractérisé par des phénomènes douloureux multifocaux. Harden et al. [11] ont montré qu'un programme de réentraînement aérobique à raison de 30 minutes par jour à 80 % de la fréquence cardiaque maximale théorique, permettait une amélioration des phénomènes douloureux, une diminution des symptômes anxieux et une amélioration des capacités aérobies, chez les patientes fibromyalgiques capables de suivre le programme. Les patientes ayant interrompu le programme avaient un niveau de douleur et d'incapacité perçue plus élevés au début du programme. Valim et al. [20] ont comparé un programme d'étirements à la pratique d'exercice aérobique. Ce dernier était plus efficace sur l'amélioration de la VO₂max et du seuil ventilatoire anaérobie mais également sur la diminution des symptômes anxiodépressifs et l'amélioration des scores « santé mentale » et « rôle émotionnel » de la SF-36, sans pour autant qu'il existe de corrélation entre amélioration de la capacité aérobique et l'amélioration des phénomènes douloureux, du score FIQ et du score à la SF-36. Dans notre étude, nous n'avons pas mis non plus en évidence de corrélation entre amélioration des capacités aérobies et de la perception d'incapacité mesurée par les scores EIFEL et DASH. L'amélioration des dimensions subjectives, émotionnelles, psychologiques et d'incapacité perçue, observée après un programme de réadaptation à l'effort, chez les patients douloureux chroniques, ne semble pas liée à l'augmentation de la capacité aérobique.

La principale limite méthodologique de ce travail est le choix de la méthode de mesure de la VO₂max, que nous avons déjà longuement discuté lors d'une précédente publication [6]. D'autre part, le programme de réadaptation permet une amélioration significative de la VO₂max, mais celle-ci reste perturbée à la sortie du service (Tableau 3) : en effet, à l'entrée dans le service, tous les patients sont classés dans les catégories 5 (faible), 6 (pauvre) ou 7 (très pauvre) de Shvartz, alors qu'à la sortie seul un patient a une VO₂max au-dessus de la moyenne pour son âge. La répartition des patients selon les catégories de Shvartz est cependant meilleure (42 patients en catégorie 7 versus 89 à l'entrée, 61 patients en catégorie 6 versus 24 à l'entrée, 18 patients en catégorie 5 versus 9 à l'entrée). Ces résultats nous rappellent qu'il est absolument indispensable que les patients poursuivent une activité aérobique régulière et d'intensité suffisante à la sortie du service afin que leur capacité

aérobie continue de s'améliorer, en espérant atteindre des valeurs de $VO_2\text{max}$ normales pour l'âge et le sexe.

3.5. Conclusion

Nous avons lors d'une précédente publication [6], montré que les patients douloureux chroniques, quelle que soit la localisation des phénomènes douloureux, avaient un déconditionnement aérobie objectif, corroborant la théorie du déconditionnement développée par Mayer et al. [15]. Il semblait donc licite d'appliquer la théorie du syndrome de déconditionnement aux douleurs musculo-squelettiques autres que lombaires, et de proposer aux patients douloureux chroniques des programmes multidisciplinaires de réadaptation à l'effort. Cette étude complémentaire nous a permis de confirmer notre hypothèse selon laquelle une prise en charge intensive en réadaptation, associant renforcement musculaire, étirements, et exercice aérobie, a permis chez des patients douloureux chroniques, quelle que soit la localisation des phénomènes douloureux, une amélioration de la $VO_2\text{max}$, des tests objectifs d'incapacité test de Sorensen et le PILE, et de la perception d'incapacité (évaluée par les questionnaires DASH et EIFEL).

Déclaration d'intérêts

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

Remerciements

Remerciements aux masseurs-kinésithérapeutes, éducateurs sportifs, ergothérapeutes et infirmières du service de médecine physique et réadaptation de l'hôpital de Château-Renault pour leur participation à la réalisation de cette étude.

References

- [1] Borg G. A category scale with ratio properties for intermodal and interindividual comparisons. In: Geissler HG, Petzold P, editors. *Psychophysical judgement and the process of perception*. Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften; 1982. p. 25–34.
- [2] Brox JI, Storheim K, Holm I, Friis A, Reikerås O. Disability, pain, psychological factors and physical performance in healthy controls, patients with sub-acute and chronic low back pain: a case-control study. *J Rehabil Med* 2005;37:95–9.
- [3] Chan C, Mok N, Yeung E. Aerobic exercise training in addition to conventional physiotherapy for chronic low back pain: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil* 2011;92:1681–5.
- [4] Coste J, Le Parc JM, Berge E, Delecoeuillerie G, Paolaggi JB. French validation of a disability rating scale for the evaluation of low back pain (EIFEL questionnaire). *Rev Rhum (Ed Fr)* 1993;60(5):335–41.
- [5] Demoulin C, Grosdent S, Capron L, Tomasella M, Somville R, Crielaard JM, et al. Effectiveness of a semi-intensive multidisciplinary outpatient rehabilitation program in chronic low back pain. *Joint Bone Spine* 2010;77:58–63.
- [6] Doury Panchout F, Métivier JC, Borie-Malavieille MJ, Fouquet B. $VO_2\text{max}$ in patients with chronic pain: comparative analysis with objective and subjective indicators of disability. *Ann Phys Rehab Med* 2012;55:294–311.
- [7] Dubert T, Voche P, Dumontier C, Dinh A. Le questionnaire DASH. Adaptation française d'un outil d'évaluation international. *Chir Main* 2001;20(4):294–302.
- [8] Duque I, Parra JH, Duvallet A. Aerobic fitness and limiting factors of maximal performance in chronic low back pain patients. *J Back Musculoskelet Rehabil* 2009;22(2):113–9.
- [9] Duque I, Parra JH, Duvallet A. Maximal aerobic power in patients with chronic low back pain: a comparison with healthy subjects. *Eur Spine J* 2011;20(1):87–93.
- [10] Duque I, Parra JH, Duvallet A. Physical deconditioning in chronic low back pain. *J Rehabil Med* 2009;41:262–6.
- [11] Harden RN, Song S, Fazen J, Saltz SL, Nampiaparampil D, Vo A, et al. Jome-based aerobic conditioning for management of symptoms of fibromyalgia: a pilot study. *Pain Med* 2012;13(6):8335–42.
- [12] Hayden JA, van Tulder MW, Malmivaara AV, Koes BW. Meta-analysis: exercise therapy for non-specific low back pain. *Ann Intern Med* 2005;142(9):765–75.
- [13] Hoch AZ, Young J, Press J. Aerobic fitness with chronic discogenic non radicular low back pain. *Am J Phys Med Rehabil* 2006;85(7):607–13.
- [14] Hodselmans AP, Dijkstra PU, Geertzen JH, van der Schans CP. Nonspecific chronic low back pain patients are deconditioned and have an increased body fat percentage. *Int J Rehabil Res* 2010;33(3):268–70.
- [15] Mayer TG, Barnes D, Kishino ND, Nichols G, Gatchel RJ, Mayer H, et al. Progressive isoinertial lifting evaluation. I. A standardized protocol and normative database. *Spine* 1988;13(9):993–7.
- [16] Moreau CE, Green BN, Johnson CD, Moreau SR. Isometric back extension endurance tests: a review of the literature. *J Manipulative Physiol Ther* 2001;24:110–22.
- [17] Robert JJ, Blide RW, McWorter K, Coursey C. The effects of a work hardening program on cardiovascular fitness and muscular strength. *Spine* 1995;20(10):1187–93.
- [18] Shvartz E, Reibold RC. Aerobic fitness norms for males and females aged 6 to 75 years: a review. *Aviat Space Environ Med* 1990;61(1):3–11.
- [19] Smeets RJ, Wittink H, Hidding A, Knottnerus JA. Do patients with chronic low back pain have a lower level of aerobic fitness than healthy control? Are pain, disability, fear of injury, working status, or level of leisure time activity associated with the difference in aerobic fitness level? *Spine* 2006;31(1):90–7.
- [20] Valim V, Oliveira L, Suda A, Silva L, de Assis T, Barros Neto T, et al. Aerobic fitness effects in fibromyalgia. *J Rheumatol* 2003;30(5):1060–9.
- [21] van der Velde G, Mierau D. The effect of exercise on percentile rank aerobic capacity, pain, and self-rated disability in patients with chronic low back pain: a retrospective chart review. *Arch Phys Med Rehabil* 2000;81(11):1457–63.
- [22] Van Tulder M, Malmivaara AV, Esmail R, Koes BW. Exercise therapy for low back pain: a systematic review within the framework of the Cochrane Collaboration back review group. *Spine* 2000;25(21):2784–96.
- [23] Verbunt JA, Seelen HA, Vlaeyen JW, van der Heijden GJ, Heuts PH, Pons K, et al. Disuse and deconditioning in chronic low back pain: concepts and hypotheses on contributing mechanisms. *Eur J Pain* 2003;7(1):9–21.
- [24] Verbunt JA, Seelen HA, Vlaeyen JW, van der Heijden GJ, Knottnerus JA. Fear of injury and physical deconditioning in patients with chronic low back pain. *Arch Phys Med Rehabil* 2003;84(8):1227–32.