



Available online at  
**ScienceDirect**  
[www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

Elsevier Masson France  
**EM|consulte**  
[www.em-consulte.com](http://www.em-consulte.com)

Annals of Physical and Rehabilitation Medicine 57 (2014) 105–113



Original article / Article original

## Effect of cardiac rehabilitation on left atrial functions in patients with acute myocardial infarction

*Évaluation des effets de la réadaptation cardiaque sur le fonctionnement de l'oreillette gauche dans des cas d'infarctus aigu du myocarde*

R. Deniz Acar<sup>\*</sup>, M. Bulut, S. Ergün, M. Yesin, G. Alici, M. Akçakoyun

*Kartal Kosuyolu Education and Research Hospital, Cardiology Department,  
 Mevlanakapi Mah. Dingil Sok. No: 23/5, Sehremini/Fatih, Istanbul, Turkey*

Received 27 August 2013; accepted 16 January 2014

### Abstract

**Background.** – The objective of this study was to analyze the effects of cardiac rehabilitation (CR) on the atrial function of patients with acute myocardial infarction (AMI) who had been successfully revascularized through percutaneous coronary intervention (PCI).

**Methods.** – Forty-two AMI patients having undergone CR were enrolled in this observational study. Assessments were performed before and after 6 weeks of CR. Left atrial strain analysis was carried out by two-dimensional speckle tracking echocardiography. Left ventricular ejection fraction (LVEF) was measured by the biplane Simpson's method. Pulsed-wave Doppler at the tip of mitral valve leaflets enabled us to measure early (E) and late (A) diastolic filling velocities, deceleration time (DT) of early filling velocity and isovolumic relaxation time (IVRT). Left ventricle tissue velocity was measured by tissue Doppler imaging of the lateral mitral annulus ( $e'$ ) and  $E/e'$  was subsequently calculated. Ratio of  $E/e'$  to left atrium (LA) peak strain was used to estimate LA stiffness.

**Results.** – Following CR, LVEF ( $P = 0.010$ ), LA strain ( $P < 0.001$ ) and LA stiffness ( $P = 0.013$ ) all showed improvement, while other parameters remained unchanged.

**Conclusion.** – Post-AMI cardiac rehabilitation and revascularization by PCI might have favourable effects on LA function.

© 2014 Elsevier Masson SAS. Open access under [CC BY-NC-ND license](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

**Keywords:** Cardiac rehabilitation; Left atrium; Diastolic function; Acute myocardial infarction

### Résumé

**Objectif.** – Le but de cette étude consistait à observer les effets de la réadaptation cardiaque (RC) sur le fonctionnement de l'oreillette de patients victimes d'un infarctus aigu du myocarde (IAM) qui avaient été revascularisés avec succès à l'aide d'une intervention coronarienne percutanée (ICP).

**Méthodes.** – Quarante-deux patients victimes d'un IAM et bénéficiant de la RC ont participé à l'étude. L'analyse de la déformation (*strain*) de l'oreillette gauche a été effectuée par l'échocardiographie bidimensionnelle du *speckle tracking* (suivi du déplacement spatial des marqueurs acoustiques naturels). La fraction d'éjection ventriculaire gauche (FEVG) a été mesurée en utilisant la méthode de Simpson biplan. Le Doppler pulsé aux extrémités des valves de valvule mitrale nous a permis de mesurer les vitesses de remplissage diastolique précoce (P) et tardif (T), le temps de décélération (TD) de la vitesse de remplissage précoce et le temps de relaxation isovolumique (TRIV). La vélocité du tissu du ventricule gauche (VG) a été mesurée par l'imagerie Doppler tissulaire de l'anneau mitral latéral ( $e'$ ) et le ratio  $E/e'$  a été calculé. Le calcul du ratio  $E/e'$  par rapport à la déformation maximale de l'oreillette gauche (OG) a permis d'estimer la rigidité de l'OG (Rigidité<sub>déformation</sub>).

**Résultats.** – Il y avait des différences significatives dans les mesures de fraction d'éjection (FE), dont une nette amélioration a été observée ( $p = 0.010$ ) suite à la RC. Le volume du VG, par contre, est resté inchangé ( $p = 0.091$ ). Quant à la déformation de l'OG, la RC a apporté une amélioration significative ( $p = 0.000$ ). Bien qu'il n'y eût pas de changement significatif dans le ratio  $E/e'$ , une diminution significative de la rigidité de l'OG a été observée ( $p = 0.013$ ). Enfin, la RC n'apportait pas de modification du temps de décélération (TD) ou du temps de relaxation isovolumique (TRIV).

\* Corresponding author.

E-mail address: [denizacar\\_1999@yahoo.com](mailto:denizacar_1999@yahoo.com) (R. Deniz Acar).

*Conclusion.* – La réadaptation cardiaque suite à un infarctus du myocarde à la phase aiguë et la revascularisation par ICP peuvent influencer favorablement sur le fonctionnement de l'oreillette gauche. En fonction de cette réadaptation, la réduction des anomalies de l'OG est également susceptible de réduire la tachyarythmie atriale et, a fortiori, de faire baisser les taux de mortalité toutes causes confondues.

© 2014 Elsevier Masson SAS. Open access under [CC BY-NC-ND license](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

*Mots clés :* Réadaptation cardiaque ; Oreillette gauche ; Fonction diastolique ; Infarctus aigu du myocarde

## 1. English version

### 1.1. Introduction

Atherosclerotic cardiovascular disease (CVD) is now the leading cause of death worldwide; it is on the rise and has become a true pandemic that respects no borders [21]. CVD was responsible for 42% of all deaths below 75 years of age in European women and for 38% of all deaths at 75 years in men [7]. Results from the Multinational MONItoring of trends and determinants in Cardiovascular disease (MONICA) project indicated a heterogeneous trend in CVD incidence in the 1980s to the 1990s in Europe [25]. However, results from recent reports do suggest that mortality and morbidity from CVD is levelling, especially in younger adults [8,27].

There is overwhelming evidence that comprehensive cardiac rehabilitation (CR) is associated with a reduction in both cardiac mortality (26–36%) and total mortality (13–26%) [13]. CR is also associated with a reduction in morbidity, namely recurrent myocardial infarction and a 28–56% reduction in costly unplanned readmissions [3,4,12]. CR improves functional capacity and perceived quality of life whilst also supporting early return to work and the development of self-management skills [29]. These benefits make CR one of the most clinically and cost-effective therapeutic interventions in cardiovascular disease management [16–18,26].

Atrial fibrillation (AF) is the most common arrhythmia treated in clinical practice and approximately 33% of arrhythmia related hospitalizations are for AF. It is associated with a five-fold increase in the risk of stroke and two-fold increase in the risk of all cause of mortality [14]. Patients with left atrial abnormalities have a higher paroxysmal atrial tachyarrhythmias incidence than normal, including AF [5]. Because the left atrium (LA) size or volume is a powerful predictor of cardiovascular outcomes, it can be used as a biomarker in various cardiac diseases [2,24].

Atrial infarction can be seen in up to 10% of patients with acute myocardial infarction and it is frequently accompanied by atrial arrhythmias [23]. Electrical remodelling of the atria appears to be a key determinant for maintenance of atrial tachyarrhythmias. Normal LA function is important in maintaining adequate cardiac performance.

The aim of this study was to observe the effect of CR on the left atrial function of patients with acute myocardial infarction (AMI) and successfully revascularized by percutaneous coronary intervention (PCI) which predicts the risk of atrial arrhythmias, therefore, cardiovascular outcomes.

### 1.2. Study design

The lower-risk patients following an AMI were enrolled this study. Individuals with AMI and successfully revascularized by PCI participated in CR program four weeks after the event. Echocardiography was performed to all patients before and after CR. The high risk individuals have: exercise test limited to less than 5 metabolic equivalents (METs), marked exercise-induced ischemia, severely depressed left ventricular (LV) function (ejection fraction [EF] less than 30%), decrease in systolic blood pressure of greater than 15 mmHg with exercise, survivor of sudden cardiac arrest, patients with severe ventricular arrhythmias and uncontrolled supraventricular arrhythmias, patients with devices such as pacemakers and defibrillators, patients with unstable concomitant medical problems such as diabetes prone to hypoglycemia were not included in the study.

Every attempt was made to recognize the potential effects of the factors: age, precardiac event, physical capacity, LV dysfunction, residual myocardial ischemia, skeletal muscle performance, non-cardiac illness, autonomic function such as diabetic neuropathy, peripheral vascular status, pulmonary status, other systemic illnesses, especially orthopedic problems limiting flexibility and locomotion on functional capacity in order to minimize risk of the individualized reconditioning program.

This study complied with the Declaration of Helsinki, was approved by the ethics committee of the Kartal Kosuyolu Education and Research Hospital, and each patient gave written consent before CR.

### 1.3. Cardiac rehabilitation

Exercise training is the principal component of CR, since it results in increased peak exercise capacity, which is usually expressed in METs (metabolic equivalents). CR programme was performed to the participants with an integrated multidisciplinary team consisting of qualified and competent practitioners, led by a clinical coordinator. Phase 2 of a cardiac rehabilitation program was initiated based on the result of the exercise testing, and the exercise prescription was individualized. The minimum frequency for exercising to improve cardiovascular fitness was 5 times weekly during the 6 weeks. Patients allowed 30–60 minutes for each session, which includes a warm-up of at least 10 minutes. The final 10 minutes of cool-down period involved muscular stretching. The cool-down period is very important. Gradual cool-down prevents ventricular arrhythmias, which may

occur in patients with coronary disease on abrupt cessation of exercise.

The intensity prescribed is in relation to one's target heart rate. Aerobic conditioning was emphasized in the first few weeks of exercise. Strength training was introduced later. The Borg Scale of Rate of Perceived Exertion (RPE) was used; patients exercised at an RPE of 13–15. In addition to exercise, counseling, and education about stress management, smoking cessation, nutrition, and weight loss were also incorporated into this phase. Lifestyle changes encouraged and supported where appropriate: weight reduction, smoking cessation, retraining with a view to returning to work.

#### 1.4. Echocardiography

A Vivid 7 ultrasound system (GE Vingmed Ultrasound, Horten, Norway) was used and all images and measurements were acquired from the standard views, according to the guidelines of the American Society of Echocardiography. LA maximum antero-posterior diameter (D1) was measured in the parasternal long-axis views. LV ejection fraction was calculated by the Simpson's method by apical 4-chamber view. Also, LA superior-inferior diameter (D2) was measured from the mitral annular plane to the posterior wall of the LA and medial-lateral diameter (D3) was measured in the same view (LA volume was calculated with the formula;  $D1 \times D2 \times D3 \times 0.523$ ). Pulsed-wave Doppler at the tip of mitral valve leaflets allowed us to measure the early (E) and late (A) diastolic filling velocities, deceleration time (DT) of early filling velocity and isovolumic relaxation time (IVRT). The LV tissue velocity was measured by tissue Doppler imaging of the lateral mitral annulus ( $e'$ ) and  $E/e'$  was calculated. The peak systolic longitudinal left atrial strain was measured by 2-dimensional speckle tracking echocardiography. Gray scale image of apical 4-chamber views were obtained with the frame rates of 50–80 Hz. Recordings were processed with software (EchoPAC, GE Healthcare, Horten, Norway), allowing off-line analyses. The ratio of  $E/e'$  to LA peak strain was used to estimate the LA stiffness (stiffness strain).

#### 1.5. Statistical analyses

Statistical analysis was performed using the Statistical Package for Social Sciences (SPSS) version 15.0 software for Windows (IBM, Armonk, NY). Categorical data are expressed as frequencies. Continuous variables were presented as the mean  $\pm$  standard deviation.  $\chi^2$  test was applied to compare the influence of the categorical variables. Continuous variables were analyzed with Kolmogorov-Smirnov for testing normal distribution. The variances between the groups were compared with Student's *t* test. Associations between the demographic properties of patients and left atrial parameters were analysed by linear regression methods. *P*-values of  $<0.05$  were regarded as significant. The two-dimensional speckle tracking strain data measurements were repeated after 1 week by the same echocardiographer to assess intraobserver reproducibility. Intraobserver reproducibility were analyzed using Spearman's

correlation analysis ( $r = 0.867$ ,  $P = 0.000$ ). Data were analysed using SPSS version 15 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) and considered significant if  $P < 0.05$ .

#### 1.6. Results

Table 1 lists the characteristics of the 42 AMI patients included to our study. Successful coronary patency was achieved in each case. There were significant differences in ejection fraction (EF) measurements before and after CR. EF was improved significantly with CR ( $P = 0.010$ ). The LA volume remain unchanged ( $P = 0.091$ ). However, LA strain was improved significantly with CR ( $P = 0.000$ ). When we analysed the diastolic parameters, there were significant differences between the measurements before and after CR.  $E/A$  and septal  $e'$  ( $P = 0.048$  vs  $P = 0.006$ , respectively) were improved significantly, but the difference in  $E/e'$  measurements between groups were not statistically significant ( $P = 0.138$ ). Also, DT and IVRT were not changed with CR (Fig. 1).

Although the  $E/e'$  was not significantly changed, significant improvement in stiffness of LA was observed ( $P = 0.013$ ) (Table 2). When the LA volume, LA strain and LA stiffness were analysed according to infarct-related artery, we did not find any significant differences, ( $P = 0.389$ ,  $P = 0.632$  and  $P = 0.534$ , respectively). According to the linear regression analyses, there were not any significant associations between left atrial measurements including LA volume, LA strain and LA stiffness and demographic properties of patients including gender, hypertension, diabetes mellitus and smoking (Fig. 2).

#### 1.7. Discussion

In this study, the left atrial function was improved after exercise-based CR. Despite the lacking of gross improvement in diastolic functional parameters, atrial contraction was better after CR. Atrial mechanical cycle is consisted of three phases: reservoir phase during LV systole, conduit phase during early and mid-period of the ventricular diastole, and pump phase

Table 1  
It shows the patients' demographics and clinical characteristics.

	Patients ( $n = 42$ )
Age (years)	$57.1 \pm 7$
Gender	32 males 10 females
Diabetes ( $n$ )	17
Hypertension ( $n$ )	26
Hyperlipidemia ( $n$ )	20
Smoking ( $n$ )	16
IRA ( $n$ )	
LAD	16
CX	11
RCA	15

CR: cardiac rehabilitation; *n*: number; IRA: infarct-related artery; LAD: left anterior descending; Cx: circumflex; RCA: right coronary artery.

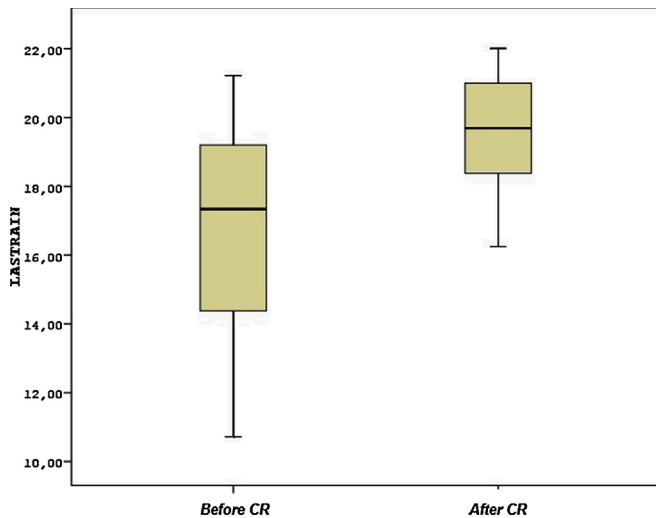


Fig. 1. It shows the improvement of left atrium (LA) strain before and after cardiac rehabilitation (CR). LA strain increased from  $16 \pm 2$  to  $19 \pm 2$  com/s after CR ( $P = 0.000$ ).

which enhance LV filling during late diastole [19,22,28]. LA function can be estimated by two-dimensional echocardiography, Doppler analysis of transmitral flow, tissue Doppler assessment of LA myocardial velocities and speckle tracking echocardiography. We measured the pump phase with atrial peak systolic strain analyses and conduit phase by calculating the stiffness. Despite the lack of significant changes in left atrial volume, atrial peak systolic strain was increased and stiffness was decreased, which means CR may provides better atrial conduit and pump phases. It has been shown that LA stiffness increases with atrial remodeling and reflects a deteriorated reservoir function [11,15]. Patients with left atrial abnormalities have a higher paroxysmal atrial tachyarrhythmias incidence than normal, including AF [5]. This study also suggests that CR may decrease atrial tachyarrhythmias by means of improved atrial remodelling.

The benefit of exercise training has been shown in many clinical trials before. The exercise training in diastolic heart

Table 2

The echocardiographic parameters of the patients. The EF was increased and E/A was improved with CR. LA volume remain unchanged, LA strain increased and LA stiffness decreased significantly.

<i>n</i> = 42	Before CR (mean $\pm$ S.D.)	After CR (mean $\pm$ S.D.)	<i>P</i> -value
EF (%)	49 $\pm$ 8	54 $\pm$ 9	0.010
LA volume (mL)	35 $\pm$ 1.5	31 $\pm$ 1.2	0.091
LA strain (cm/s)	16 $\pm$ 2	19 $\pm$ 2	0.000
LA stiffness	0.4 $\pm$ 0.1	0.3 $\pm$ 0.1	0.013
E/A ratio	1.0 $\pm$ 0.2	1.1 $\pm$ 0.2	0.048
E/e' ratio	6.9 $\pm$ 1	6.3 $\pm$ 1	0.138
IVRT (ms)	69 $\pm$ 11	64 $\pm$ 12	0.168
DT (ms)	203 $\pm$ 30	192 $\pm$ 27	0.192
Septal e' (mm/s)	9 $\pm$ 2	10 $\pm$ 2	0.006
Lateral e' (mm/s)	11 $\pm$ 3	12 $\pm$ 2	0.278

CR: cardiac rehabilitation; *n*: number; EF: ejection fraction; AP: pulmonary A wave duration; IVRT: isovolumic relaxation time; DT: deceleration time; LA: left atrium; LAV: LA volume.

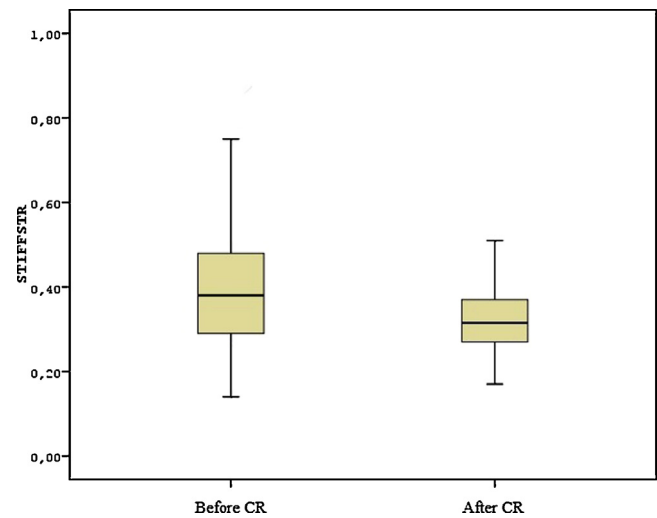


Fig. 2. It shows the significant difference in left atrium (LA) stiffness before and after cardiac rehabilitation (CR). LA stiffness decreased significantly with CR ( $0.4 \pm 0.1$  vs  $0.3 \pm 0.1$ ,  $P = 0.013$ ).

failure (Ex-DHF) pilot study ( $n = 64$ ) demonstrated functional improvement, echocardiographic evidence of reverse left atrial remodeling and significantly improved left ventricular diastolic function as assessed by E/e' measurement. Patients with diastolic heart failure represent an important group in whom exercise training can potentially improve clinical outcomes [6]. Distinctly, in our study, the E/e' did not changed but this result may be due to the accompanying left ventricular systolic dysfunction. There is no clear evidence that E/A solely indicates the mortality benefit, but in our study, E/A was improved that may facilitated the improvement of LA function.

The amount of exercise in the year before cardiac surgery has been linked to the incidence of postoperative atrial fibrillation during rehabilitation according to a study by Giaccardi et al. [9]. The incidence of atrial fibrillation during rehabilitation was significantly higher in patients who performed low-intensity physical exercise the year before surgery compared with those who performed moderate-intensity exercise. The occurrence of atrial fibrillation during the patients' hospital stay, a larger left atrial volume, and a lower left atrial emptying fraction were independent predictors of atrial fibrillation during rehabilitation. Whereas the core components and goals of cardiac rehabilitation are standardized, the structure and type of cardiac rehabilitation units vary in different countries. Cardiac rehabilitation after a cardiac event is a class I recommendation from the ESC, the AHA, and the American College of Cardiology [1,10,20]. It is the responsibility of every cardiologist and surgeon to recommend cardiac rehabilitation to all eligible patients as part of their treatment plan.

To date, there has been strong evidence supporting the contribution of cardiac rehabilitation to reduced mortality. Our study suggests that CR after acute myocardial infarction and revascularization by PCI may have favourable influence on LA function. Thus, by CR, improvement in left atrial remodelling may reduce the atrial tachyarrhythmias therefore, all cause mortality.

### 1.8. Limitations

At first, the most important limitation of this study is the absence of the control group. Second, the mean LVEF of the subjects was relatively favoured. Third, the number of subjects in this study was low and female subjects were too few. A long-term prospective study would be ideal to assess the effects of reverse atrial modeling on strain and stiffness. Studies with larger sample size with group analysis of CR would be beneficial in further evaluating role of CR as a protector from atrial arrhythmias.

### 1.9. Conclusion

Cardiac rehabilitation may protect patients also from atrial arrhythmias, which increases the risk of stroke and all cause mortality after acute myocardial infarction. This result may be a part of the mortality benefit of cardiac rehabilitation in patients after acute myocardial infarction.

### Disclosure of interest

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

## 2. Version française

### 2.1. Introduction

Les maladies cardiovasculaires athérosclérotiques (MCV) constituent actuellement la cause de mortalité la plus répandue à l'échelle mondiale ; il s'agit d'une pandémie qui fait fi des frontières [21]. Selon des statistiques publiées en 2008, les MCV est à l'origine de 42% des décès des femmes européennes âgées de moins de 75 ans et de 38% des décès des hommes à 75 ans [7]. Les résultats du projet MONICA (Multinational MONitoring of trends and determinants in Cardiovascular disease) ont montré qu'en Europe pendant les années 1980 et 1990, l'incidence des MCV avait évolué de manière hétérogène [25], mais les résultats de rapports plus récents semblent témoigner du plafonnement de la mortalité et de la morbidité liées à ces maladies, surtout chez des adultes relativement jeunes [8,27].

Il est devenu de plus en plus évident que les programmes exhaustifs de réadaptation cardiaque (RC) s'accompagnent d'une réduction tant de mortalité cardiaque (26–36%) que de mortalité tout court (13–26%) [13]. La RC est également associée à la fois à la réduction de morbidité, c'est-à-dire des infarctus du myocarde récurrents, et à une réduction de 28 à 56% du pourcentage de réadmissions hospitalières imprévues (et particulièrement coûteuses) [3,4,12]. La RC apporte une amélioration des capacités fonctionnelles et de la perception de la qualité de vie tout en facilitant le retour rapide au travail du patient et le développement de ses aptitudes à l'autogestion [29]. En apportant de tels bénéfices dans le cadre de la prise en charge des maladies cardiovasculaires, la RC est devenue l'une

des interventions thérapeutiques les plus économes et efficaces [16–18,26].

La fibrillation auriculaire (FA) est le type d'arythmie le plus fréquemment traité dans la pratique clinique ; environ 33% des hospitalisations ayant trait à l'arythmie sont dues à la FA, qui est par ailleurs associée à une multiplication par cinq du risque d'accident cérébrovasculaire et à l'augmentation par deux du risque de mortalité, toutes causes confondues [14]. Des patients souffrant d'anomalies dans l'oreillette gauche (OG) connaissent une incidence au-dessus de la moyenne de tachyarythmies paroxystiques, dont notamment la FA [5]. Puisque la taille ou le volume de l'OG est un indicateur puissant des résultats sur le plan cardiovasculaire, ce type de précision peut servir de biomarqueur de différentes maladies cardiaques [2,24].

L'infarctus de l'oreillette est observé dans jusqu'à 10% des victimes d'un infarctus aigu du myocarde et s'accompagne souvent d'arythmie auriculaire [23]. Le remodelage électrique des oreillettes semble avoir un rôle déterminant dans le maintien de tachyarythmies auriculaires. Le fonctionnement normal de l'OG est essentiel au rendement cardiaque.

L'objectif de cette étude consistait à observer les effets de la RC sur le fonctionnement de l'oreillette gauche des patients ayant eu un infarctus aigu du myocarde (IAM) et qui ont été revascularisés avec succès par l'intermédiaire d'une intervention coronarienne percutanée (ICP), laquelle permet de prédire le risque d'arythmie auriculaire et, a fortiori, des résultats cardiovasculaires.

### 2.2. Conception de l'étude

Les patients à risque moins élevé suite à l'IAM ont été intégrés à l'étude. Ayant été revascularisés avec succès à l'aide d'une ICP, leur participation au programme de RC a commencé quatre semaines après la survenue de l'infarctus. Tous les patients ont été soumis à une échocardiographie avant et après la RC. Quant aux personnes présentant davantage de risques et dont le test d'effort a été limité à moins de 5 minutes-MET (ou équivalent métabolique), elles se signalaient par la symptomatologie suivante, qui motivait leur exclusion de l'étude : ischémie induite par l'effort, fonctionnement du ventricule gauche sévèrement diminué (fraction d'éjection inférieure à 30%), diminution de la tension artérielle systolique de plus de 15 mmHg avec des exercices, survie suite à un arrêt cardiaque subit, des arythmies ventriculaires sévères et des arythmies supraventriculaires incontrôlées, le port d'appareils dont des stimulateurs cardiaques et des défibrillateurs, des problèmes médicaux concomitants dont le diabète avec la susceptibilité à l'hypoglycémie.

Tout a été mis en œuvre afin de reconnaître les effets potentiels des facteurs suivants : l'âge, la pré-crise cardiaque, les capacités physiques, le dysfonctionnement du ventricule gauche (VG), l'ischémie myocardique résiduelle, le rendement du muscle squelettique, des maladies non cardiaques, les fonctions autonomes (neuropathie diabétique...), la condition vasculaire périphérique, la condition pulmonaire, d'autres maladies systémiques dont notamment des difficultés orthopédiques restreignant la flexibilité et limitant la capacité

fonctionnelle locomotrice. Il fallait tenir compte de tous ces facteurs afin de minimiser les risques éventuellement encourus au cours des programmes individualisés de remise en état.

L'étude était en conformité avec la déclaration d'Helsinki et a été approuvée par le comité d'éthique du Kartal Kosuyolu Education and Research Hospital. Avant le début de la RC, tous les patients ont donné leur consentement écrit.

### 2.3. La réadaptation cardiaque

La partie principale de la RC, c'est l'entraînement à l'exercice dont le résultat, c'est l'augmentation de la capacité d'effort maximal, qui s'exprime généralement en MET (équivalent métabolique). Le programme de RC a été mis en œuvre par une équipe multidisciplinaire intégrée composée de praticiens qualifiés encadrés par le coordonnateur clinique. La deuxième phase du programme de réadaptation cardiaque a été initiée à partir des résultats du test d'effort et a été axée sur la personnalisation de la prescription d'exercice. Dans le but d'améliorer la condition cardiovasculaire des sujets, il fallait prévoir au moins cinq séances hebdomadaires pendant les six semaines d'entraînement. La durée d'une séance d'échelonnait de 30 à 60 minutes, y compris une phase d'échauffement de 10 minutes minimum. Les 10 dernières minutes de la période de « refroidissement » comportaient des étirements musculaires. Cette phase de récupération revêt une grande importance et son caractère progressif permet de prévenir les arythmies ventriculaires qui peuvent survenir dans des patients coronariens qui mettraient brusquement fin à une séance d'exercice.

Le degré d'intensité est prescrit en fonction de la fréquence cardiaque cible. Lors des premières semaines d'exercice l'équipe d'entraînement met l'accent sur la capacité aérobie, alors que le développement de la force musculaire n'est entamé que dans un deuxième temps. L'échelle de Borg de perception de l'effort (Rate of Perceived Exertion) a été utilisée ; le taux d'effort devait se situer entre 13 et 15. Cette phase comprenait non seulement des exercices, mais aussi des conseils et des démarches éducatives sur la gestion du stress, l'arrêt du tabac, les bonnes habitudes nutritionnelles et la perte de poids. Dans des cas appropriés, des changements de mode de vie étaient encouragés et soutenus : réduction du poids, cessation de tabagisme et recyclage professionnel éventuel.

### 2.4. L'échocardiographie

Un système ultrason Vivid 7 (GE Vingmed Ultrasound, Horten, Norvège) a été utilisé et toutes les images et mesures étaient acquises à partir des visualisations standard répertoriées dans les directives de la Société américaine d'échocardiographie. Le diamètre antéropostérieur maximum de l'OG (D1) était mesuré par vue parasternale grand axe. La fraction d'éjection du VG était calculée selon la méthode de Simpson par vue apicale « 4 cavités ». Le diamètre supérieur-inférieur de l'OG (D2) était mesuré à partir de l'anneau mitral jusqu'au mur postérieur de l'OG et le diamètre médial-latéral était mesuré pareillement ; quant au volume de l'OG, il était calculé selon la formule  $D1 \times D2 \times D3 \times 0.523$ . Le Doppler pulsé à

l'extrémité des valves de valvule mitrale a permis de mesurer les vitesses de remplissage diastolique précoce (P) et tardif (T), le temps de décélération (TD) de la vitesse de remplissage précoce et le temps de relaxation isovolumique (TRIV). La vitesse du tissu du ventricule gauche (VG) a été mesurée par échographie Doppler tissulaire de l'anneau mitral latéral (e') et le ratio E/e' a été calculé. La déformation maximale longitudinale en systole de l'OG a été mesurée par l'échographie bidimensionnelle du *speckle tracking* (suivi du déplacement spatial des marqueurs acoustiques naturels). Des images en échelle de gris des vues apicales « 4 cavités » étaient obtenues avec des fréquences de trames de 50–80 Hz. Les enregistrements étaient traités avec le logiciel EchoPAC (GE Healthcare, Horten, Norvège), ce qui rendait possibles des analyses hors ligne. Le calcul du ratio E/e' par rapport à la déformation maximale de l'oreillette gauche a concouru à l'estimation de la rigidité de l'OG (Rigidité<sub>déformation</sub>).

### 2.5. Les analyses statistiques

Les analyses statistiques étaient effectuées à l'aide du Statistical Package for Social Sciences (SPSS), Windows version 15.0 (IBM, Armonk, New York). Les données catégoriques étaient exprimées comme fréquences. Les variables continues étaient présentées en tant que moyenne  $\pm$  écart-type et le test  $\chi^2$  était appliqué afin de comparer l'influence respective des variables catégoriques. Les variables continues ont été analysées par la méthode de Kolmogorov-Smirnov afin d'évaluer la distribution normale. Les variances inter-groupes ont été comparées avec le test de Student *t*. Les associations entre les propriétés démographiques des patients et les paramètres de leur oreillette gauche ont été analysées en appliquant des méthodes de régression linéaire. Une valeur  $p < 0,05$  était considérée comme significative. Les mesures de déformations effectuées par un seul et même échocardiographe par échocardiographie bidimensionnelle avaient lieu de nouveau à l'issue d'une semaine afin de tester la reproductibilité intra-observateur. La reproductibilité intra-observateur était analysée en utilisant la corrélation de Spearman ( $r = 0,867$  ;  $p = 0,000$ ). L'analyse des données a été assurée avec le SPSS version 15 (SPSS Inc., Chicago, IL, États-Unis) ; le seuil de significativité avait été fixé à  $p < 0,05$  (Fig. 1).

### 2.6. Résultats

Le **Tableau 1** présente les caractéristiques des 42 patients IAM inclus dans notre étude. La perméabilité coronarienne a été menée à bien dans tous les cas. Il y avait des différences significatives en matière de fraction d'éjection (FE) avant et après la RC ; en effet, l'amélioration de la FE à l'issue de la RC était significative ( $p = 0,010$ ). Quant au volume de l'OG, il est resté inchangé ( $p = 0,091$ ). Cela dit, la RC a été associée avec une amélioration significative au niveau de la déformation de l'OG ( $p = 0,000$ ). Et concernant nos analyses des paramètres diastoliques, il y avait des différences également significatives entre les mesures effectuées avant et après la RC. Les indices E/A et e' septal (respectivement  $p = 0,048$  et  $0,006$ ) faisaient

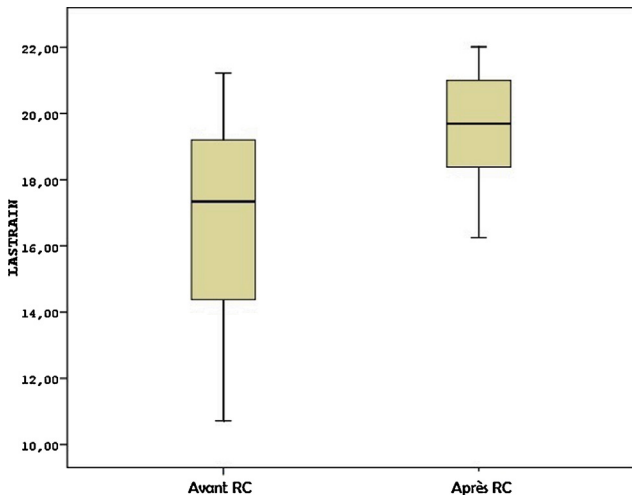


Fig. 1. Cette image fait ressortir l'amélioration de la déformation de l'oreillette gauche (OG) avant et après la réadaptation cardiaque (RC). La déformation de l'OG augmentée de  $16 \pm 2$  à  $19 \pm 2$  cm/s après la RC ( $p = 0,000$ ).

ressortir une amélioration significative, mais la différence entre les groupes évaluée avec le ratio E/e' n'était pas statistiquement significative ( $p = 0,138$ ). D'autre part, la RC n'a pas suscité de modification du TD et du TRIV.

Bien que le ratio E/e' n'ait pas subi de modification significative, une amélioration significative en matière de rigidité de l'OG a été observée ( $p = 0,013$ ) (Tableau 2). Lorsque le volume, la déformation et la rigidité de l'OG ont été analysés en fonction de l'artère responsable de l'infarctus, nous n'avons pas retrouvé de différences significatives (respectivement  $p = 0,389$ ,  $p = 0,632$  et  $p = 0,534$ ). Et d'après les analyses de régression linéaire, il n'existait pas d'association significative entre, d'une part, les mesures de l'OG dont le volume, la déformation et la rigidité, et, d'autre part, les propriétés démographiques des patients dont le sexe, l'hypertension, le diabète sucré et le tabagisme (Fig. 2).

Tableau 1  
Démographie et caractéristiques cliniques des patients.

	Patients (n = 42)
Âge (ans)	$57,1 \pm 7$
Sexe	32 hommes 10 femmes
Diabète (n)	17
Hypertension (n)	26
Hyperlipidémie (n)	20
Tabagisme (n)	16
AI (n)	
AIA	16
CX	11
ARD	15

RC : réadaptation cardiaque ; AI : artère responsable de l'infarctus ; AIA : artère interventriculaire antérieure ; CX : artère circonflexe ; ARD : artère coronaire droite.

Tableau 2

Les paramètres échocardiographiques des patients. La FE a augmenté et l'indice E/A s'est amélioré avec la RC. Le volume de l'OG est resté inchangé. La déformation de l'OG a grandi et la rigidité de l'OG a diminué de manière significative.

n = 42	Avant RC (moyenne $\pm$ écart-type)	Après RC (moyenne $\pm$ écart-type)	Valeur de p
FE (%)	$49 \pm 8$	$54 \pm 9$	0,010
Volume OG (mL)	$35 \pm 1,5$	$31 \pm 1,2$	0,091
Déformation OG (cm/s)	$16 \pm 2$	$19 \pm 2$	0,000
Rigidité OG	$0,4 \pm 0,1$	$0,3 \pm 0,1$	0,013
Ratio E/A	$1,0 \pm 0,2$	$1,1 \pm 0,2$	0,048
Ratio E/e'	$6,9 \pm 1$	$6,3 \pm 1$	0,138
TRIV (ms)	$69 \pm 11$	$64 \pm 12$	0,168
TD (ms)	$203 \pm 30$	$192 \pm 27$	0,192
e' septal (mm/s)	$9 \pm 2$	$10 \pm 2$	0,006
e' latéral (mm/s)	$11 \pm 3$	$12 \pm 2$	0,278

RC : réadaptation cardiaque ; FE : fraction d'éjection ; AP : durée de l'onde A pulmonaire ; TRIV : temps de relaxation isovolémique ; TD : temps de décélération ; OG : oreillette gauche ; VOG : volume de l'OG.

## 2.7. Discussion

Dans cette étude, le fonctionnement de l'oreillette gauche a connu une réelle amélioration suite au programme de réadaptation cardiaque axé sur des exercices. Malgré l'absence d'amélioration globale dans les paramètres de fonctionnement diastolique, les contractions de l'oreillette bénéficiaient nettement de la RC. Le cycle mécanique atrial est composé de trois phases : la phase « réservoir » pendant la systole du ventricule gauche, la phase « conduit » au début et au milieu de la diastole ventriculaire et finalement la phase « pompe » qui contribue au remplissage du VG vers la fin de la diastole [19,22,28]. Le fonctionnement de l'OG peut donner lieu à des estimations à l'aide de l'échocardiographie bidimensionnelle, de l'imagerie Doppler du flux transmitral, de l'imagerie Doppler tissulaire qui évalue les vitesses myocardiques et de

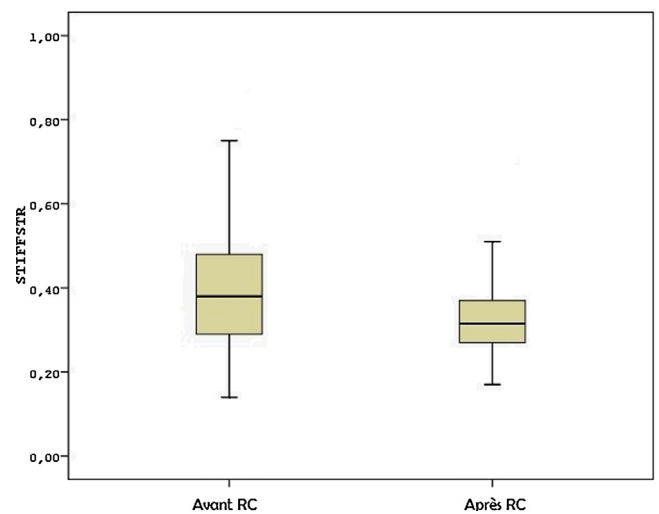


Fig. 2. Cette image fait ressortir la différence en matière de rigidité de l'oreillette gauche (OG) avant et après la réadaptation cardiaque (RC). La rigidité de l'OG a diminué de manière significative avec la RC ( $p = 0,013$ ).

l'échocardiographie en *speckle tracking*. Nous avons mesuré la phase « pompe » avec des analyses du pic systolique de déformation atriale ; quant à la phase « conduit », nous avons procédé à des calculs de rigidité. Malgré l'absence de modifications significatives du volume de l'OG, le pic de déformation a augmenté alors que la rigidité a diminué, ce qui signifie que la RC donnerait lieu à des phases de conduite et de pompe atriales améliorées. D'autres chercheurs ont déjà montré que la rigidité de l'OG s'aggrave pendant le remodelage atrial, ce qui reflète la détérioration de la fonction « réservoir » [11,15]. Les patients en proie à des anomalies de l'OG ont une incidence plus élevée que la moyenne de tachyarythmie atriale paroxystique, dont la fibrillation [5]. Cette étude suggère également que la RC est susceptible de contribuer à la diminution de la tachyarythmie atriale en améliorant le remodelage atrial.

Les bénéfices apportés par l'entraînement à l'exercice ont déjà été détaillés dans de nombreux essais cliniques. Une étude pilote ( $n = 64$ ) sur l'entraînement à l'exercice en cas d'insuffisance cardiaque diastolique (Ex-ICD) a fait état d'une réelle amélioration fonctionnelle démontrée par des preuves échocardiographiques de remodelage inverse de l'OG et par une amélioration significative du fonctionnement diastolique du ventricule gauche d'après les mesures du ratio  $E/e'$ . Des patients dont l'insuffisance cardiaque est diastolique constituent un groupe important auprès duquel, l'entraînement à l'exercice pourrait éventuellement donner des résultats cliniques favorables [6]. Il est vrai que dans notre étude, le ratio  $E/e'$  n'a pas été modifié, ce qui est peut-être dû au dysfonctionnement systolique du ventricule gauche. Bien qu'il n'existe pas de preuve que la stabilisation du flux mitral ( $E/A$ ) signifie un avantage sur le plan de la mortalité, l'amélioration signalée dans notre étude par cet indice signale peut-être la facilitation du fonctionnement de l'oreillette gauche.

D'après l'étude de Giaccardi et al. [9], la quantité d'activité physique effectuée dans l'année qui précède l'intervention cardiaque a été associée à l'incidence de fibrillation atriale postopératoire pendant la réadaptation. En effet, cette incidence en pleine réhabilitation a été significativement plus élevée chez les patients ayant fait des exercices peu intenses lors de l'année avant l'opération que chez les patients ayant fait des exercices modérément intenses. La survenue de fibrillation atriale pendant le séjour hospitalier, le volume plus élevé de l'OG et une fraction de vidange OG moins élevée représentaient des prédicteurs indépendants de la fibrillation atriale pendant le programme de réadaptation cardiaque.

Alors que les éléments de base et des buts généraux de la réadaptation cardiaque ont été standardisés, la nature et la structure des unités de réadaptation cardiaque peuvent différer en fonction du pays d'installation. La réadaptation à la suite d'une crise cardiaque figure comme recommandation de classe I de l'ESC, de l'AHA et de l'American College of Cardiology [1,10,20]. Il incombe à chaque cardiologue de la préconiser à tous les patients éligibles dans le cadre de leur plan de traitement.

La contribution de la réadaptation cardiaque à la réduction de taux de mortalité a déjà été l'objet d'études qui le mettent en

évidence. Quant à notre étude, elle amène à croire que la RC suite à un infarctus aigu du myocarde et à la revascularisation par ICP peut exercer une influence favorable sur le fonctionnement de l'OG. La RC peut conduire à une amélioration du remodelage de l'OG susceptible de faire diminuer les tachyarythmies atriales et, par conséquent, le taux de mortalité toutes causes confondues.

## 2.8. Limitations de l'étude

Tout d'abord, l'absence de groupe témoin constitue une limitation. Deuxièmement, la FEVH moyenne des sujets de l'étude a été relativement favorisée. Troisièmement, le nombre de sujets était peu élevé et il n'y avait pas assez de femmes incluses. Une étude prospective à long terme contribuerait grandement à l'évaluation du remodelage inverse de l'OG par rapport à la déformation et à la rigidité. Des études incluant davantage de sujets et conduisant à une analyse groupée des résultats de la RC faciliteraient l'évaluation de son rôle en tant que protecteur contre les arythmies atriales.

## 2.9. Conclusion

La réadaptation cardiaque est susceptible de diminuer l'incidence d'arythmies atriales, lesquelles aggravent le risque d'accident vasculaire cérébral et de mortalité toutes causes confondues consécutivement à un infarctus aigu du myocarde. Ce résultat ferait partie des bénéfices vitaux des programmes de réadaptation cardiaque à la suite de ce type d'infarctus.

## Déclaration d'intérêts

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

## References

- [1] Antman EM, Anbe DT, Armstrong PW, Bates ER, Green LA, Hand M, et al. ACC/AHA guidelines for the management of patients with ST-elevation myocardial infarction – executive summary. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (writing committee to revise the 1999 guidelines for the management of patients with acute myocardial infarction). *J Am Coll Cardiol* 2004;44:671–719.
- [2] Casaclang-Verzosa G, Gersh BJ, Tsang TS. Structural and functional remodeling of the left atrium: clinical and therapeutic implications for atrial fibrillation. *J Am Coll Cardiol* 2008;51:1–11.
- [3] Clark AM, Hartling L, Vandermeer B, McAlister F. Meta-analysis: secondary prevention programs for patients with coronary artery disease. *Ann Intern Med* 2005;143:659–72.
- [4] Davies EJ, Moxham T, Rees K, Singh S, Coats AJ, Ebrahim S, et al. Exercise training for systolic heart failure: Cochrane systematic review and meta-analysis. *Eur J Heart Fail* 2010;12:706–15.
- [5] De Bacquer D, Willekins J, De Backer G. Long-term prognostic value of P-wav characteristics for the development of atrial fibrillation in subjects aged 55–74 years at baseline. *Am J Cardiol* 2007;100:850.
- [6] Edelmann F, Gelbrich G, Dungen HD, Frohling S, Wachter R, Stahrenberg R, et al. Exercise training improves exercise capacity and diastolic function in patients with heart failure with preserved ejection fraction: results of the EX-DHF (exercise training in diastolic heart failure) pilot study. *J Am Coll Cardiol* 2011;58:1780–91.



- [7] European Heart Network. European cardiovascular disease statistics; 2008.
- [8] Ford ES, Capewell S. Coronary heart disease mortality among young adults in the U.S. from 1980 through 2002: concealed leveling of mortality rates. *J Am Coll Cardiol* 2007;50:2128–32.
- [9] Giaccardi M, Macchi C, Colella A, Polcaro P, Zipoli R, et al. Postacute rehabilitation after coronary surgery: the effect of preoperative physical activity on the incidence of paroxysmal atrial fibrillation. *Am J Phys Med Rehabil* 2011;90:308–15.
- [10] Gibbons RJ, Abrams J, Chatterjee K, Daley J, Deedwania PC, Douglas JS, et al. ACC/AHA 2002 guideline update for the management of patients with chronic stable angina—summary article: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee on the management of Patients With Chronic Stable Angina). *Circulation* 2003;107:149–58.
- [11] Kurt M, Wang J, Torre-Amione G, Nagueh SF. Left atrial function in diastolic heart failure. *Circ Cardiovasc Imaging* 2009;2:10–5.
- [12] Lam G, Snow R, Shaffer L, LaLonde M, Spencer K, Caulin-Glaser T. The effect of a comprehensive cardiac rehabilitation program on 60-day hospital readmissions after an acute myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol* 2011;57:597.
- [13] 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; 162:571–84.
- [14] Lloyd-Jones D, Adams RJ, Brown TM, Carnethon M, Dai S, De Simone G, et al. Heart disease and stroke statistics – A report from the American Heart Association statistics committee and Stroke statistics committee. *Circulation* 2009;119:e21.
- [15] Machino-Ohtsuka T, Seo Y, Tada H, Ishizu T, Machino T, et al. Left atrial stiffness relates to left ventricular diastolic dysfunction and recurrence after pulmonary vein isolation for atrial fibrillation. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2011;22:999–1006.
- [16] National Institute for Health and Clinical Excellence. NICE CG48. Secondary prevention in primary and secondary care for patients following a myocardial infarction. London: NICE; 2007.
- [17] National Institute for Health and Clinical Excellence. NICE CG94. Unstable Angina and NSTEMI: the early management of unstable angina and non-ST-segment elevation myocardial infarction. London: NICE; 2010.
- [18] National Institute for Health and Clinical Excellence. Commissioning a cardiac rehabilitation service. London: NICE; 2011.
- [19] Pagel PS, Kehl F, Gare M, Hettrick DA, Kersten JR, Warltier DC. Mechanical function of the left atrium: new insights based on analysis of pressure-volume relations and Doppler echocardiography. *Anesthesiology* 2003;98:975–94.
- [20] Piepoli MF, Corra U, Benzer W, Bjarnason-Wehrens B, Dendale P, Gaita D, et al. Secondary prevention through cardiac rehabilitation: from knowledge to implementation. A position paper from the Cardiac Rehabilitation Section of the European Association of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2010;17:1–17.
- [21] Schunemann HJ, Oxman AD, Brozek J, Glasziou P, Jaeschke R, Vist GE, et al. Grading quality of evidence and strength of recommendations for diagnostic tests and strategies. *BMJ* 2008;336:1106–10.
- [22] Sirbu C, Herbots JL, D’hooge P, Claus A, Marciniak T, Langeland B, et al. Feasibility of strain and strain rate imaging for the assessment of regional left atrial deformation: a study in normal subjects. *Eur J Echocardiogr* 2006;7:199–208.
- [23] Tjandrawidjaja MC, Fu Y, Kim DH, Burton JR, Lindholm L, Armstrong PW, et al. Compromised atrial coronary anatomy is associated with atrial arrhythmias and atrioventricular block complicating acute myocardial infarction. *J Electrocardiol* 2005;38:271.
- [24] Tsang TS, Abhayaratna WP, Barnes ME, Miyasaka Y, Gersh BJ, Bailey KR, et al. Prediction of cardiovascular outcomes with left atrial size: is volume superior to area or diameter? *J Am Coll Cardiol* 2006;47:1018–23.
- [25] Tunstall-Pedoe H, World Health Organization. MONICA monograph and multimedia sourcebook; 2003.
- [26] Unal B, Critchley JA, Fidan D, Capewell S. Life-years gained from modern cardiological treatments and population risk factor changes in England and Wales, 1981–2000. *Am J Public Health* 2005;95:103–8.
- [27] Vander Stichele C, De Bacquer D, De Henauw S, Vannoote P, Gevaert S, Populier N, et al. Is the decline in coronary attack rates leveling off in Flanders? *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2008;15(Suppl. 1):S1–31.
- [28] Yılmaz M, Açıklık M, Gürlertop Y, Eröl MK, Bozkurt E, Alp N. Romatizmal kronik mitral yetersizliğinde sol atriyal mekanik fonksiyonlar. *Türk Kardiyol Dern Ars* 2003;31:371–7.
- [29] Yohannes AM, Doherty P, Bundy C, Yalfani A. The long-term benefits of cardiac rehabilitation on depression, anxiety, physical activity and quality of life. *J Clin Nurs* 2010;19:2806–13.