

**Zaangażowanie Autorów**

- A – Przygotowanie projektu badawczego  
 B – Zbieranie danych  
 C – Analiza statystyczna  
 D – Interpretacja danych  
 E – Przygotowanie manuskryptu  
 F – Opracowanie piśmiennictwa  
 G – Pozyskanie funduszy

**Author's Contribution**

- A – Study Design  
 B – Data Collection  
 C – Statistical Analysis  
 D – Data Interpretation  
 E – Manuscript Preparation  
 F – Literature Search  
 G – Funds Collection

**Paulina Głowacka<sup>(A,B,C,D,E,F,G)</sup>, Katarzyna Mizia-Stec<sup>(C,D)</sup>,  
 Zbigniew Gąsior<sup>(A)</sup>**

Katedra i Klinika Kardiologii Śląskiego Uniwersytetu Medycznego, Katowice  
 Department of Cardiology, Silesian Medical University, Katowice

## **Cukrzyca typu 2 a rehabilitacja pacjentów po zawale mięśnia sercowego**

### *Type 2 diabetes mellitus and rehabilitation after myocardial infarction*

**Słowa kluczowe:** cukrzyca, zawał mięśnia sercowego, wczesna poszpitalna rehabilitacja kardiologiczna

**Key words:** diabetes mellitus, myocardial infarction, phase II of cardiac rehabilitation

### **STRESZCZENIE**

**Wstęp.** Celem naszej pracy była ocena wpływu kilkutygodniowej rehabilitacji kardiologicznej i współwystępującej cukrzycy na wydolność fizyczną i hemodynamiczną pacjentów po przebytych zawale mięśnia sercowego.

**Materiał i metody.** Badaniu poddanych zostało 47 pacjentów po przebytych zawale serca, tym: 21 z cukrzycą typu 2 – grupa I i 26 pacjentów bez cukrzycy – grupa II. Analizie poddano objawy kliniczne oraz wyniki testu wysiłkowego wg zmodyfikowanego protokołu Bruce'a, przeprowadzone na początku i po 3-tygodniach rehabilitacji. Oceniano odpowiednio odpowiedź tętna i ciśnienia na wysiłek, wydatek metaboliczny, czas trwania wysiłku.

**Wyniki.** W grupie I i II obserwowano podobną częstość występowania czynników obciążających tj.: nadciśnienie tętnicze (w gr. I 76% i 73% w gr. II), zaburzeń lipidowych (67% vs 76%). Otyłość wystąpiła jedynie w gr. II – 36%. W obu grupach stwierdzono przebyty STEMI (gr. I 75% vs gr. II 69%) i brak powikłań pozawałowych. Po przebytej rehabilitacji stwierdzono istotny wzrost wydolności fizycznej mierzonej w jednostkach MET o 15%, w jednostkach WAT o 20%, czas testu o 13% w grupie I i odpowiednio o 17%, 28% i 16% w grupie II.

**Wnioski.** Wczesna, poszpitalna rehabilitacja kardiologiczna wpływa korzystnie na wzrost wydolności fizycznej. U chorych po zawale serca, cukrzyca typu 2 jest czynnikiem zmniejszającym korzystne efekty rehabilitacji.

### **SUMMARY**

**Background.** This paper assesses the impact of type 2 diabetes mellitus (T2DM) on the effects of early post-discharge (Phase II) cardiac rehabilitation in post-myocardial infarction patients.

**Material and methods.** The study involved 47 post-MI patients, of whom 21 had T2DM (Group I) and 26 did not have diabetes (Group II). Clinical symptoms and exercise test results according to the modified Bruce protocol were analysed at baseline and after 3 weeks of rehabilitation. HR and BP responses to exercise were evaluated along with metabolic expense and exercise duration.

**Results.** Both groups had a similar frequency of significant co-morbidities: arterial hypertension (76% in Group I and 73% in Group II) and lipid disorders (67% vs. 76%). Obesity was only found in Group II (36%). Both groups included patients after STEMI (75% in Group I vs. 69% in Group II) with no post-MI complications. The rehabilitation resulted in a significant improvement of exercise tolerance, which rose by 15% in METs, 20% in Watts, with test duration increasing by 13% in Group I, compared to 17%, 28%, and 16%, respectively, in Group II.

**Conclusions.** Early post-discharge cardiac rehabilitation had a beneficial effect on exercise tolerance. In post-MI patients, type 2 diabetes diminishes the beneficial effects of rehabilitation.

Liczba słów/Word count: 4827

Tabele/Tables: 2

Ryciny/Figures: 4

Piśmiennictwo/References: 7

Adres do korespondencji / Address for correspondence

Paulina Głowacka  
 Katedra i Klinika Kardiologii Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach  
 29-105 Bukowa, ul. Szkolna 2/29, tel/fax: (32) 359-88-84, e-mail: glowackapaulina@wp.pl

Otrzymano / Received 05.07.2009 r.  
 Zaakceptowano / Accepted 15.11.2010 r.

## WSTĘP

Cukrzyca stanowi jeden z głównych i narastających problemów zdrowotnych; dotyczy ludzi w każdym w wieku i we wszystkich krajach. Konsekwencją jej występowania jest przewlekłe uszkodzenie stanu zdrowia i skrócenie czasu życia chorych. Późno zdiagnozowana cukrzyca typu 2 powoduje 2-4-krotny wzrost ryzyka rozwoju choroby wieńcowej. U chorych z T2DM, którzy przebyli zawał serca, ryzyko wystąpienia kolejnego ostrego incydentu wieńcowego jest blisko 7 razy większe, niż u osób bez zawału serca w wywiadzie.

Czterostopniowy program leczenia cukrzycy obejmuje leczenie dietetyczne, wysiłek fizyczny, leczenie farmakologiczne i edukację terapeutyczną. Regularne ćwiczenia fizyczne stanowią istotny element niefarmakologicznego leczenia zaburzeń gospodarki węglowodanowej. Programy rehabilitacji chorych z cukrzycą powinny być uwzględniane w realizacji kompleksowej profilaktyki i stanowić integralną część leczenia cukrzycy, także u chorych po zawale serca.

Celem naszej pracy była ocena wpływu kilkutygodniowej rehabilitacji kardiologicznej i współwystępującej cukrzycy na wydolność fizyczną i hemodynamiczną pacjentów po przebytych zawałach mięśnia sercowego.

## MATERIAŁ I METODY

Badaniu poddanych zostało 47 pacjentów po przebytych zawałach mięśnia sercowego, którzy uczestniczyli w 3-tygodniowej, wczesnej, szpitalnej rehabilitacji kardiologicznej prowadzonej w trybie stacjonarnym w Śląskim Centrum Rehabilitacji w Ustroniu. Chorzy ci stanowili dwie grupy (Tab. 1): I – 21 chorych ze stwierdzoną i leczoną cukrzycą typu 2 (wiek  $64 \pm 9,2$ , BMI  $29,1 \pm 2,8$ , WHR  $0,96 \pm 0,07$ , kobiety-9%, mężczyźni-91%) i II – 26 chorych (wiek  $59 \pm 9,9$ , BMI  $28 \pm 4,3$ , WHR  $0,95 \pm 0,2$ , kobiety-12%, mężczyźni-88%), u których nie stwierdzono zaburzeń gospodarki węglowodanowej.

Tab. 1. Protokół Bruce'a zmodyfikowany

Tab. 1. The modified Bruce protocol

Stopień Stage	Czas fazy/Stage duration [min]	Prędkość V / Velocity V [mph]*	Prędkość V / Velocity V [km/h]	Nachylenie/Slope [%]	Wartość obliczona pośrednio/ Indirect calculation	
					VO2 [ml/min-1/kg-1]	MET
1	3	1.7	2.7	0	8.1	2.3
2	3	1.7	2.7	5	12.2	3.5
3	3	1.7	2.7	10.0	16.3	4.6
4	3	2.5	4.0	12.0	24.7	7.1
5	3	3.4	5.5	14.0	35.6	10.2
6	3	4.2	6.8	16.0	47.2	13.5
7	3	5.0	8.0	18.0	60.3	17.2

\*V [mph] — prędkość wyrażona w milach na godzinę / velocity in miles per hour

## BACKGROUND

Diabetes mellitus is a major and growing health problem, affecting people of all ages and from every country. The consequences of DM are chronic deterioration of health and shortened lifespan. A late diagnosis of type 2 diabetes mellitus (T2DM) is associated with a 2-4-fold increased risk of coronary heart disease. In post-myocardial infarction patients with T2DM the risk of another acute coronary event is almost 7 times higher than in patients with no history of myocardial infarction.

A four-stage diabetes treatment programme is based on dietary modification, exercise, pharmacotherapy and therapeutic education. Regular physical activity is a very important element in nonpharmacological treatment of impaired glucose metabolism. Rehabilitation programmes for diabetic patients should be an integral part of comprehensive diabetes prevention and treatment, also among patients after myocardial infarction.

The aim of our study was to assess the influence of 3-week cardiac rehabilitation and concomitant diabetes on exercise tolerance and haemodynamic response in post-myocardial infarction patients.

## MATERIAL AND METHODS

The study involved 47 post-MI patients who received 3 weeks of early post-discharge stationary cardiac rehabilitation at the Silesian Rehabilitation Centre in Ustron. The patients were divided into two groups (Table 1): Group I of 21 patients with known and treated T2DM (mean age  $64 \pm 9.2$ , BMI  $29.1 \pm 2.8$ , WHR  $0.96 \pm 0.07$ , women – 9%, men – 91%) and Group II – 26 patients (mean age  $59 \pm 9.9$ , BMI  $28 \pm 4.3$ , WHR  $0.95 \pm 0.2$ , women – 12%, men – 88%) without impaired glucose metabolism.

All patients completed a clinical evaluation questionnaire (age, gender, weight, height, concomitant diseases,

Tab. 2. Porównanie badanych grup pod względem cech klinicznych  
 Tab. 2. *Clinical characteristics of the groups*

	GRUPA I/ GROUP I	GRUPA II/ GROUP II
WIEK/ (AGE)	64 ± 9.2 lat/years	59 ± 9.9 lat/years
K/M (F/M)	9% / 91% (2 / 19)	12% / 88% (3 / 23)
BMI	29.1 ± 2.8 kg/m <sup>2</sup>	28 ± 4.3 kg/m <sup>2</sup>
OTYŁOŚĆ BRZUSZNA/ ABDOMINAL OBESITY K/F(>80cm) / M/M(>94cm)	1 / 9	2 / 16
NADCIŚNIENIE TĘTNICZE/ ARTERIAL HYPERTENSION	76%	73%
ZABURZENIA LIPIDOWE/ LIPID DISORDERS	67%	76%
STEMI	75%	69%
NSTEMI	25%	31%

U wszystkich przeprowadzono ankietową ocenę stanu klinicznego, która uwzględniała wiek, płeć, masę ciała, wzrost, choroby współistniejące, zaburzenia metaboliczne, leczenie.

Badani poddani zostali ocenie wydolności fizycznej i hemodynamicznej, przeprowadzonej na początku oraz na końcu 3-tygodniowej rehabilitacji kardiologicznej, prowadzonej w trybie stacjonarnym na oddziale kardiologicznym. Istotą badań było określenie wydolności fizycznej na podstawie próby wysiłkowej na bieżni ruchomej wg zmodyfikowanego protokołu Bruce'a (Tab. 1). W czasie próby wysiłkowej pacjent był monitorowany przez 12-odprowadzeniowy system zapisu EKG. Powodem zakończenia, przerwania obu prób wysiłkowych były:

- prośba chorego o przerwanie badania;
- narastający ból ławicowy;
- objawy ze strony ośrodkowego układu nerwowego (zawroty głowy, zasłabnięcie, ataksja);
- sinica lub bledność skóry;
- osiągnięcie założonego stopnia zmęczenia (nie więcej niż 15–16 pkt w skali Borga);
- osiągnięcie limitu tętna obliczonego ze wzoru  $LT = 208 - 0,7 \times \text{wiek}$ ;
- wzrost wartości ciśnienia skurczowego > 230 mm Hg i/lub rozkurczowego > 120 mm Hg;
- spadek wartości ciśnienia skurczowego > 10 mm Hg w stosunku do ciśnienia przy poprzednim obciążeniu;
- groźne zaburzenia rytmu serca – częstoskurcz komorowy, wieloogniskowe pobudzenia przedwczesne komorowe lub pobudzenia jednoogniskowe gromadne  $\geq 3$ , częstoskurcz nadkomorowy;

metabolic disorders, treatments). The patients' exercise tolerance and hemodynamic response was evaluated before and after the completion of 3 weeks of cardiac rehabilitation during their stay in the Cardiology Department. The aim was to assess exercise tolerance on the basis of a treadmill test according to the modified Bruce protocol (Table 1). A 12-lead ECG trace was continuously recorded throughout the exercise test. On both occasions, tests were interrupted or terminated for the following reasons:

- patient's request to stop the exercise;
- increasing anginal pain;
- CNS symptoms (dizziness, faintness, ataxia);
- cyanosis or pallor of the skin;
- reaching the maximum effort level (no more than 15-16 points on the Borg scale);
- reaching the heart rate limit calculated according to the equation:  $HRL = 208 - 0.7 \times \text{age}$ ;
- increase in SBP >230mmHg and/or increase in DBP >120mmHg;
- decrease in SBP >10mmHg compared to the value obtained during the previous load level;
- dangerous cardiac dysrhythmia – ventricular tachycardia, multifocal ventricular premature beats or unifocal salvos  $\geq 3$ , supraventricular tachycardia;
- atrioventricular block and/or other bradyarrhythmias or bundle branch block;
- ST-segment elevation >1mm without pathological q-waves (except in leads V1 and aVR);
- horizontal or down-sloping ST-segment depression >2mm.

Basing on the results of the baseline test, patients received individualised 3-week individual ergometer training

- blok przedsionkowo-komorowy i/lub inna bradyarytmia lub blok odnogi pęczka Hisa;
- uniesienie odcinka ST > 1 mm w odprowadzeniach bez patologicznego załamka Q (z wyjątkiem odprowadzeń V1 i aVR);
- obniżenie odcinka ST poziomego lub skośnego w dół > 2 mm.

Na podstawie uzyskanych wyników w próbie wyjściowej, ustalono indywidualny 3-tygodniowy trening na ergometrze wg zmodyfikowanego protokołu Bruce'a, prowadzony wg modelu B wczesnej rehabilitacji kardiologicznej w szpitalu uzdrowskim, z tętnem docelowym 60-80% tętna uzyskanego w czasie próby wysiłkowej.

W czasie rehabilitacji kardiologicznej zajęcia odbywały się 5 razy w tygodniu, co łącznie dało 15 sesji treningowych obejmujących jednorazowo: trening na ergometrze rowerowym pod kontrolą HR, gimnastykę ogólnokondycyjną, psychoedukację, psychoterapię indywidualną i grupową oraz muzykoterapię.

## WYNIKI

### Charakterystyka kliniczna pacjentów

Na podstawie badania ankietowego dokonano klinicznej charakterystyki grup. Grupę I stanowili chorzy z cukrzycą typu 2 leczoną od 2-5 lat (17%), 6-10 lat (33%), 11-15 lat (11%) i >15 lat (33%). Jako metodę leczenia 100% chorych stosowało dietę, 38% stosowało aktywność fizyczną, gdzie 24% z nich poświęcało na to 10-30 min ćwiczeń, spacerów przez 3-5 razy w tygodniu (28%). Farmakologiczne leczenie stosowało 100% badanych, z czego 67% stosowało doustne środki hipoglikemizujące, 18% stosowało insulinę, a 24% badanych stosowało terapię skojarzoną. Wśród powikłań cukrzycy 100% stanowiły powikłania makroangiopatyczne, których skutkiem był zawał u całej badanej grupy pacjentów (STEMI-75% i NSTEMI-25%). Do leków przyjmowanych przez pacjentów grupy I należały: kwas acetylosalicylowy-100%, beta-adrenolityki – 86%, statyny – 76%, inhibitory konwertazy angiotensyny – 48%, kłopidogrel – 48%. 65% z nich miało wykonaną PCI, 35% – CABG. U 75% nie wystąpiły pozawałowe powikłania, u 5% były to zaburzenia rytmu, przewodzenia i obrzęk płuc, 10% stanowiły inne powikłania. Wczesnej, pozawałowej rehabilitacji poddanych było 87% pacjentów z T2DM.

W grupie kontrolnej 74% pacjentów stosowało jako metodę leczenia zawału wysiłek fizyczny, w tym 24% było aktywnych fizycznie przez 3-5 dni w tygodniu, a 32% poświęcało na to 10-30 min dziennie. Przeważającym typem zawału był zawał z uniesieniem odcinka ST – 69%, 31% stanowili pacjenci bez uniesienia odcinka ST. Formą leczenia zastosowaną w tej grupie pacjentów były: kwas acetylosalicylowy – 96%, beta-adrenolityki – 85%, statyny – 81%, inhibitory konwertazy angiotensyny – 73%, kłopidogrel – 5%, azotany – 4%. 65% miało wykonaną PCI, 8% – CABG, u 27% chorych nie znano rodzaju przeprowadzonego zabiegu. U 85% nie wystąpiły pozawałowe powikłania, 8% – inne, 4% stanowiły wstrząs i udar mózgu. Wczesnej, pozawałowej rehabilitacji poddanych było 89% pacjentów z przeżytym zawałem mięśnia sercowego.

according to the modified Bruce protocol and complying with model B of early cardiac rehabilitation in a health resort with maximum HR at 60-80% of the HR reached in the treadmill test.

The cardiac rehabilitation sessions took place 5 times a week, for a total of 15 training sessions, including on each occasion: cycloergometer training with HR monitoring, general exercise, psychoeducation, individual and group psychotherapy as well as music therapy.

## RESULTS

### Clinical characteristics of the patients

Clinical characteristics of the two patient groups were determined on the basis of the questionnaire. Group I consisted of T2DM patients treated for 2-5 years (17%); 6-10 years (33%); 11-5 years (11%) and > 15 years (33%). Their treatment involved dietary modification (100%); physical activity (38%), where 24% exercised for 10-30 minutes; and walking 3-5 times a week (28%). All (100%) patients took medication, where 67% used oral hypoglycemic drugs, 18% used insulin and 24% used combination therapy. All (100%) complications of diabetes were classified as macroangiopathy, which resulted in myocardial infarction in all group members (STEMI 75% and NSTEMI 25%). Patients took the following types of drugs: acetylsalicylic acid (100%), beta-adrenolytics (86%), statins (76%), ACE inhibitors (48%), and clopidogrel (48%). PCI had been performed in 65% of the patients, and CABG in 35%. 75% of the patients were free of post-MI complications, 5% had dysrhythmias, conduction disorders and pulmonary oedema, and 10% had other complications. Early post-MI cardiac rehabilitation was given to 87% of the patients with T2DM.

In the control group, physical activity as a MI treatment was used by 74% of the patients, among whom 24% were physically active 3-5 days a week and 32% spent 10-30 minutes a day exercising. Most MIs had been ST-segment elevation MI (69%), while 31% of the patients had had MI without ST-segment elevation. Pharmacotherapy administered in this group consisted of: acetylsalicylic acid (96%), beta-adrenolytics (85%), statins (81%), ACE inhibitors (73%), clopidogrel (5%), and nitrates (4%). PCI had been performed in 65% of the patients, CABG in 8%, and 27% of the patients had undergone an unidentified procedure. No post-MI complications occurred in 85%, while 8% had complications classified as 'other', while 4% had experienced shock and cerebral stroke. Early post-MI cardiac rehabilitation was applied to 89% of the patients.

### Charakterystyka wydolności fizycznej i hemodynamicznej pacjentów

Na podstawie wyników próby wyjściowej i końcowej, wykonanej przed- i po zakończonej rehabilitacji, dokonano zestawienia i interpretacji wyników uzyskanych w obu grupach.

W obu grupach stwierdzono istotnie wyższe obciążenia maksymalne mierzone w WAT-ach w teście końcowym, w porównaniu z testem początkowym. Uzyskane wyjściowe i końcowe wartości obciążenia w grupie II były wyższe w porównaniu z wartościami w grupie pacjentów z cukrzycą, przy czym zmiany te nie były znamienne statystycznie. W grupie I przyrost wartości obciążenia pomiędzy testem początkowym (TP) a testem końcowym (TK) wyniósł 12 WAT-ów (26%), w grupie II przyrost ten wyniósł 17 WAT-ów (28%).

Podobnie w obu grupach obserwowano wyższe wartości równoważnika metabolicznego mierzone w METs w teście końcowym. Grupę II charakteryzowały wyższe wartości równoważnika metabolicznego w TP i TK (6,8 vs 8,2). Znamienne statystycznie przyrost wartości równoważnika metabolicznego pomiędzy TP a TK w grupie I wyniósł 0,9 METs (15%), w grupie II – 1,4 METs (17%) ( $p < 0,05$  dla obu grup) – Ryc. 1.

Podobną zależność obserwowano w odniesieniu do czasu treningu, który w obu grupach uległ poprawie po 3-tygodniowej rehabilitacji kardiologicznej ( $p < 0,05$ ). Pacjenci nie obciążeni cukrzycą z grupy II uzyskali dłuższy czas testu zarówno w TP jak i w TK. W grupie pacjentów bez cukrzycy przyrost ten wyniósł 16%, w grupie z cukrzycą 13% – Ryc. 2.

Obserwowano porównywalne wartości tętna spoczynkowego w grupie pacjentów z cukrzycą i bez cukrzycy. Maksymalne wartości HR w teście wyjściowym i końcowym były istotnie wyższe w grupie chorych bez cukrzycy 120 vs 121; w grupie chorych z cukrzycą wynosiły 107 vs 110 ( $p < 0,05$  dla każdej badanej grupy) – Ryc. 3.

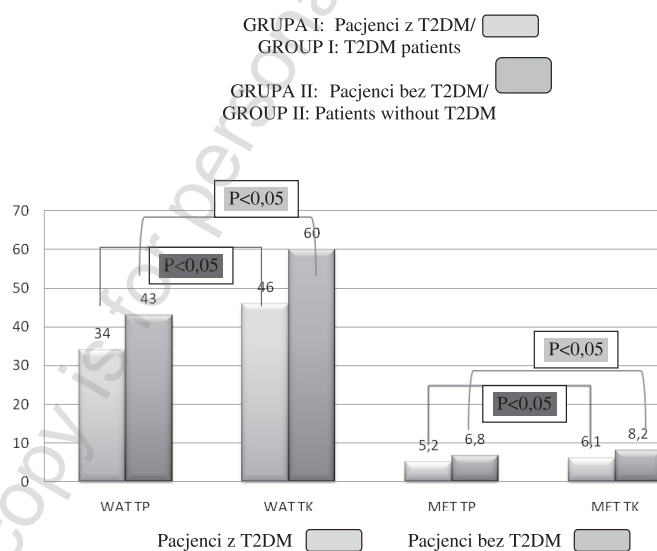
### Exercise tolerance and hemodynamic response of the patients

The results of the baseline and final test results (before and after rehabilitation) in both groups were compared and interpreted. In both groups, the maximum workloads measured in WATs were significantly higher in the final test compared to the initial test values. The initial and final workload values in Group II were higher than in the diabetic group; the differences were not statistically significant. In Group I the workload increment between the baseline and final test (BT vs. FT) was 12 WATs (26%), compared to 17 WATs in Group II (28%)

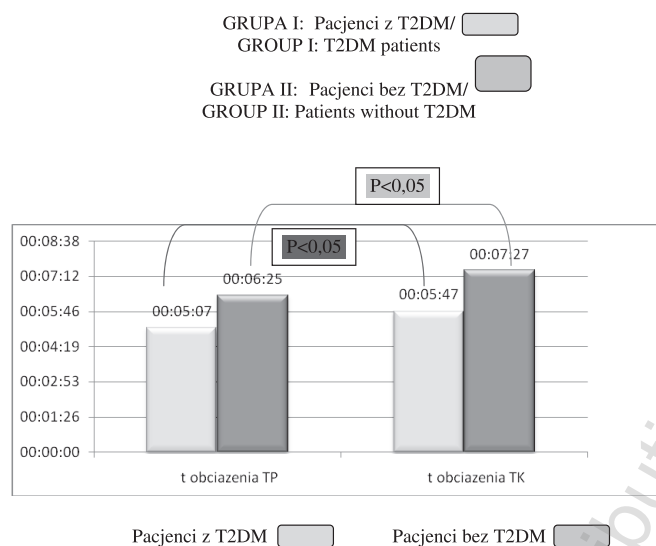
Similarly, the metabolic equivalent values measured in METs were higher in both groups in the final test. Group II achieved higher metabolic equivalent values in BT and FT (6.8 vs. 8.2). Statistically significant increases in the metabolic equivalent value between BT and FT were 0.9 METs (15%) in Group I and 1.4 METs (17%) in Group II ( $p < 0.05$  in both groups, see Figure 1).

A similar correlation was observed with regard to training duration, which improved in both groups after the 3-week cardiac rehabilitation ( $p < 0.05$ ). The DM-free patients from Group II achieved longer test duration in both baseline and final tests. The improvement was 16% in the non-diabetic group and 13% in the diabetic group (Fig. 2).

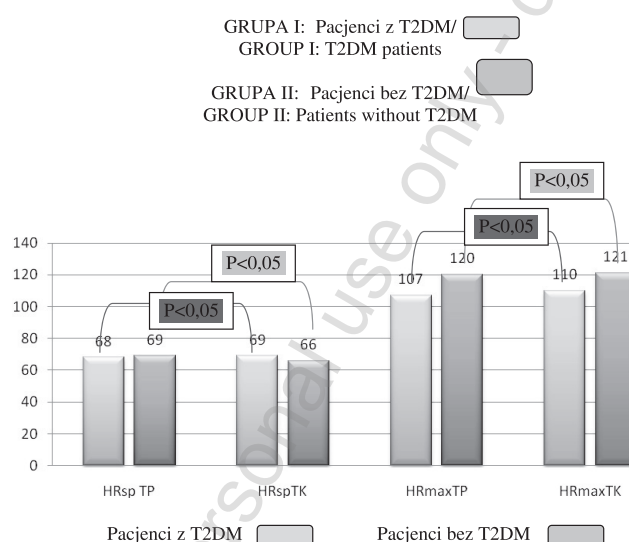
The diabetic and non-diabetic patients had similar resting HR. The maximum heart rate in the baseline and final tests were significantly higher in the non-diabetic group (120 vs. 121); in the diabetic patients group they were 107 vs. 110 ( $p < 0.05$  in both groups, see Fig. 3). Resting SBP and DBP was comparable and not significantly different between groups neither in the baseline or final test (Fig. 4).



Ryc. 1. Obciążenie mierzone w WAT-ach w teście początkowym (TP) i końcowym (TK) w grupach badanych. Wartość równoważnika metabolicznego wyrażonego w METs w teście początkowym (TP) i końcowym (TK) w grupach badanych  
 Fig. 1. Workload measured in WATs in the baseline (BT) and final (FT) tests in both groups. Metabolic equivalent value in METs for BT and FT in both groups



Ryc. 2. Czas (t) w teście początkowym (TP) i końcowym (TK) w grupach badanych  
 Fig. 2. Load time (t) in the baseline (BT) and final test (FT) in both groups



Ryc. 3. Wartości tętna spoczynkowego w teście początkowym (TP) i końcowym (TK) w grupach badanych. Wartości tętna maksymalnego mierzonego na szczycie wysiłku w teście początkowym (TP) i końcowym (TK) w grupach badanych  
 Fig. 3. Resting heart rate in BT and FT in both groups. Maximum heart rate during peak effort in BT and FT in both groups

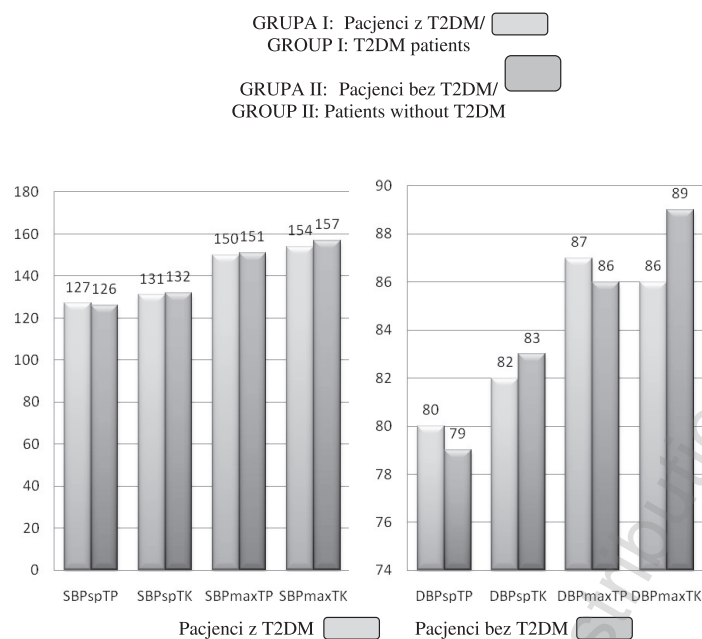
Spoczynkowe wartości ciśnienia skurczowego i rozkurczowego były porównywalne i nie różniły się znamienne w teście wyjściowym ani końcowym między grupami badanymi – Ryc. 4

## DYSKUSJA

Cukrzyca powoduje pierwotne uszkodzenie serca spowodowane zmianami komórkowymi i molekularnymi komórek mięśnia sercowego, nazwane kardiomiopatią cukrzycową. Do głównych mechanizmów powodujących uszkodzenie funkcji i struktury kardiomiocytów należą toksyczne

## DISCUSSION

Diabetes mellitus is responsible for primary cardiac injury caused by cellular and molecular changes in cardiomyocytes, a condition called diabetic cardiomyopathy. The main mechanisms underlying functional and structural damage to cardiomyocytes are the toxic effects of hyper-



Ryc. 4. Wartości ciśnienia tętniczego w tęście początkowym (TP) i końcowym (TK) w grupach badanych  
Fig. 4. Blood pressure in BT and FT in both groups

działanie hiperglikemii i glikacja białek serca. Wywołany przez cukrzycę wzrost stężenia wolnych kwasów tłuszczowych i ciał ketonowych w osoczu, powoduje znaczne zahamowanie wychwytu i utleniania glukozy oraz mleczanów, a także nasilenie wytwarzania energii na drodze  $\beta$ -oksydacji wolnych kwasów tłuszczowych. Zmniejsza się także ekspresja GLUT-1 i GLUT-4, a w konsekwencji zmniejsza się zdolność transportu glukozy do wnętrza kardiomiocytów. Hiperglikemia powoduje także wzrost stężenia wolnych rodników, uszkadzających funkcję zarówno białek kurczliwych mięśnia sercowego, jak i białek enzymatycznych. Zwiększona glikacja kolagenu jest przyczyną mechanicznej sztywności mięśnia sercowego i upośledzenia napełniania komór w rozkurczu. Cukrzyca powoduje także zwyrodnienie włóscinek serca (mikroangiopatię serca), które może wpływać na sprawność dostarczania tlenu i składników odżywczych do mięśnia sercowego. Odnierwienie serca, będące następstwem neuropatii autonomicznej, sprzyja powstawaniu kardiomiopatii cukrzycowej, ponieważ zaburza regulację czynności biochemicznych i metabolicznych kardiomiocytów [1].

Cukrzyca jest istotnym, niezależnym czynnikiem ryzyka choroby wieńcowej, powodując przyspieszony i nasilony rozwój miażdżycy tętnic wieńcowych. Hiperglikemia w istotny sposób łączy się z aterogenną dyslipidemią, endotelopatią, nadkrzepliwością i upośledzeniem fibrylizacji, hiperurycemią i hiperhomocysteinemią [2].

Obok diety i farmakoterapii, wysiłek fizyczny jest podstawowym elementem leczenia cukrzycy. Regularne ćwiczenia poprawiają zaburzoną tolerancję węglowodanów i wykorzystanie glukozy przez mięśnie, jak również obniżają insulinooporność. Trwałe zmniejszanie masy ciała wpływa na zmniejszenie tkanki tłuszczowej w obrębie brzucha,

glycemia and glycation of cardiac proteins. Diabetes-related increase in plasma free fatty acid and ketone concentrations significantly inhibits the uptake and oxidation of glucose and lactate as well as increasing generation of energy by beta-oxidation of free fatty acids. The expression of GLUT-1 and GLUT-4 is reduced, which results in decreased ability to transport glucose into cardiomyocytes. Hyperglycemia also leads to increased free radical concentration which affects the functioning of contractile myocardial proteins and enzymatic proteins. Enhanced glycation of collagen causes mechanical stiffness of the heart muscle and impairment of diastolic ventricular filling. DM also causes degeneration of cardiac capillary vessels (cardiac microangiopathy), which may affect the efficiency of oxygen and nutrient transportation to the myocardium. Cardiac denervation, resulting from autonomic neuropathy, is conducive to the development of diabetic cardiomyopathy because it disturbs the regulation of biochemical and metabolic functions of cardiomyocytes [1].

Diabetes is a significant and independent coronary disease risk factor, accelerating and intensifying coronary atherosclerosis. Hyperglycaemia is also strongly related to atherogenic dyslipidaemia, endothelopathy, hypercoagulability and impaired fibrinolysis, hyperuricaemia and hyperhomocysteinaemia [2].

Apart from diet and pharmacotherapy, physical activity is a core component of the treatment of diabetes. Regular exercise improves impaired carbohydrate tolerance and glucose metabolism in the muscles as well as decreasing insulin resistance. Permanent reduction in body mass decreases abdominal adipose tissue, which is sensitive to catecholamine-induced lipolysis.

która jest wrażliwa na działanie lipolityczne katecholamin.

Terapeutyczne znaczenie aktywności fizycznej, związane jest ze wzrostem wrażliwości tkankowej na insulinę, obniżeniem poposiłkowego poziomu glikemii, insulinemii, oraz stężenia C-peptydu. Innym istotnym efektem działania wysiłku fizycznego jest wpływ na profil lipidowy (obniżenie stężenia całkowitego cholesterolu, obniżenie frakcji LDL i trójglicerydów, podwyższenie frakcji HDL), procesy krzepnięcia krwi i fibrynolizy [3]. Wieloletnie badania prowadzone przez Mansona i wsp. potwierdzają znaczenie aktywności fizycznej w prewencji pierwotnej cukrzycy typu 2 – niższe ryzyko wystąpienia cukrzycy stwierdzono u kobiet, które raz w tygodniu wykonywały intensywne ćwiczenia fizyczne w porównaniu do kobiet, które nie ćwiczyły. Każdy wzrost wydatku energetycznego o 500 kcal tygodniowo zmniejszał ryzyko cukrzycy o 6% [4]. Podobne stwierdzenia wysunęli Hu i wsp., którzy prowadząc badania z udziałem pielęgniarek wykazali, że ćwiczenia, by były skuteczne nie muszą być intensywne – umiarkowanie intensywnej poziomu aktywności fizycznej, taki jak spacer, wiązał się ze zmniejszeniem ryzyka wystąpienia cukrzycy typu 2 [5].

Przedstawione wyniki pokazują, że współwystępowanie cukrzycy typu 2 jest istotnym czynnikiem obciążającym i zdecydowanie zmniejszającym korzystne efekty rehabilitacji kardiologicznej, w porównaniu z grupą pacjentów, u których nie stwierdzono zaburzeń gospodarki węglowodanowej. Pomimo, iż u obu badanych grup stwierdzono korzystny wpływ prowadzonej rehabilitacji na poziom wydolności fizycznej i hemodynamicznej, to jednak pacjenci z cukrzycą typu 2 uzyskiwali gorsze wyniki zarówno wyjściowe jak i końcowe. W dużej mierze wynikało to z faktu, że duża liczba chorych nie była zdolna do ukończenia treningu lub go nie wykonywano z powodu niekardiologicznych ograniczeń, takich jak: zapalenie stawów kończyn dolnych, urazy stóp, choroby naczyniowe, ciężka retinopatia lub takich czynników, jak łatwa męczliwość czy brak kondycji fizycznej, które mogą być przynajmniej częściowo wywołane przyczynami kardiologicznymi.

Oceniając grupę pacjentów obciążonych cukrzycą należy uwzględnić również poziom wyrównania metabolizmu glukozy, niezbędny do przeprowadzenia treningu i odpowiedzialny za prawidłową odpowiedź metaboliczną na wysiłek. Ryzyko niekorzystnych efektów wysiłku fizycznego łączy się przede wszystkim z patologicznym przebiegiem adaptacji, związanej np. z niedoborem insuliny lub też zbyt wysokim, niereaktywnym jej stężeniem w płynach ustrojowych, zależnym tylko od tempa wchłaniania z miejsca wstrzyknięcia. Ponadto łączy się ono z obecnością przewlekłych powikłań cukrzycy, chorób współistniejących i stosowaniem złożonej farmakoterapii.

Według zaleceń American Diabetes Association, konieczne jest monitorowanie stężenia glukozy przed i po ćwiczeniach; 1–2 godziny przed wysiłkiem należy spożyć posiłek; przed wysiłkiem należy zmniejszyć dawkę insuliny/pochodnych sulfonilomocznika /inhibitorów alfa-glukozydaz (akarboza); wysiłek należy podejmować nie wcześniej niż 1–2 godziny od podania insuliny; przy długotrwałym wysiłku należy spożywać dodatkowe ilości węglowodanów, kolejną dawkę insuliny należy opóźnić o 1–2 godziny po wysiłku [6].

The therapeutic value of physical activity is connected with increased tissue sensitivity to insulin, lowering postprandial glycaemia, insulinaemia and C-peptide levels. Another important result of physical activity is its influence on the lipid profile (reduction of total cholesterol, LDL and triglycerides, increased HDL), coagulation and fibrinolysis [3]. Many years of research by Manson et al. confirmed the value of physical activity in T2DM prevention, with lower risk of T2DM in women who had intense physical exercises once a week compared to women who had no exercise at all. Every 500 kcal increase in weekly energy expenditure reduced diabetes risk by 6% [4]. Similar conclusions were reached by Hu et al., whose study among nurses showed that efficient exercises do not have to be intensive, with moderate activities such as walking also reducing T2DM risk [5].

Our results show that concomitant type 2 diabetes mellitus is an important co-morbidity and it significantly reduces the beneficial effects of cardiac rehabilitation as compared to patients without impaired glucose metabolism. Even though both groups benefited from cardiac rehabilitation in terms of improved exercise tolerance and hemodynamic response, the T2DM patients achieved worse results in both baseline and final tests. This was mostly due to the fact that a large proportion of the participants were not able to complete the training or exercises were not performed due to non-cardiac limitations such as arthritis of the lower limbs, foot injuries, vascular diseases, severe retinopathy, or such factors as easy fatigability or lack of physical fitness, which can, at least partly, be attributable to cardiac causes.

An evaluation of the diabetic patients group should take into consideration the level of glycaemic control, which is essential for training ability and responsible for appropriate metabolic response to exercise. The risk of exercise-induced adverse effects is mainly related to pathological adaptation, connected with such factors as insulin deficiency or too high non-reactive insulin concentrations in body fluids, which solely depends on the absorption rate from the site of injection. Moreover, it is associated with the presence of chronic complications of diabetes, co-morbidities and the use of complex multidrug therapy regimens.

According to the American Diabetes Association's recommendations, it is necessary to monitor glucose levels before and after exercise; the patient should eat a meal 1-2 hours prior to activity, the dose of insulin/sulphonylurea derivatives/alpha-glucosidase inhibitors (acarbose) should be reduced before exercising; exercise should begin 2 hours or more after administering insulin; prolonged exercise requires additional carbohydrate intake, and the next insulin dose should be postponed for 1-2 hours after exercising [6].

The particular importance of physical activity in diabetes is also confirmed by the recommendations of the American College of Sport Medicine. According to these recommendations, all diabetic patients should perform aerobic activities at least 3-5 times a week for 20-60 min with an intensity equal to 40-85% VO<sub>2</sub>R (oxygen uptake reserve) or 55-90% of the maximum heart rate (12-16 points on the Borg scale) in the form of continuous rhythmical exercises engaging large muscle groups of arm and leg muscles [7].



O tym, że aktywność fizyczna ma w cukrzycy szczególne znaczenie przekonują zalecenia American College of Sport Medicine. Według tych zaleceń wszyscy chorzy na cukrzycę powinni przynajmniej 3-5 razy w tygodniu, przez 20-60 min, wykonywać ćwiczenia aerobowe na poziomie 40-85% rezerwy wychwytu tlenu (VO<sub>2</sub>R) lub na poziomie 55-90% maksymalnej czynności serca, w skali Borga rzędu 12-16 pkt, jako ćwiczenia ciągle, rytmiczne, angażujące duże grupy mięśni ramion i/lub nóg. [7]. Zaleca się również trening wytrzymałościowy lub obciążeniowy, polegający na wykonywaniu 2-3 razy w tygodniu zestawu 8-10 różnych ćwiczeń fizycznych z 8-12 powtórzeniami. Dodatkowo należy włączać ćwiczenia rozciągające, niezwykle istotne w ograniczeniu glikolizacji struktur stawowych sprzyjającej wzrostowi ich giętkości.

Poszczególne formy aktywności fizycznej mają różnoraki wpływ na stężenie glukozy w surowicy. Ćwiczenia anaerobowe (wykorzystywanym materiałem energetycznym jest ATP i fosforan kreatyny) prowadzone np w cyklicznym treningu siłowym, przyczyniają się do wzrostu wrażliwości na insulinę, związanego ze zwiększeniem gromadzenia glikogenu. Ćwiczenia aerobowe prowadzone systematycznie ze wzrastającą intensywnością pozwalają oszczędzić zapasy w mięśniach glikogen oraz rozpuszczoną we krwi glukozę, umożliwiając choremu na skuteczniejsze utrzymywanie bezpiecznego stężenia glukozy we krwi podczas ćwiczeń wytrzymałościowych.

## WNIOSKI

Wczesna poszpitalna rehabilitacja kardiologiczna po incydencie zawału serca wpływa korzystnie na wzrost wydolności fizycznej bez względu na współistniejące zaburzenia gospodarki węglowodanowej.

Współistnienie cukrzycy typu 2 u chorych z zawałem serca wiąże się jednak z istotnie gorszą wyjściową wydolnością fizyczną i ostatecznie gorszymi wynikami rehabilitacji.

## PODZIĘKOWANIA

Wyrazy wdzięczności składam Dyrektorowi Śląskiego Centrum Rehabilitacji w Ustroniu, Panu dr n. med. Zbigniewowi Eysymonttowi za możliwość przeprowadzenia badań do niniejszej pracy.

## PIŚMIENNICTWO / REFERENCES

1. Markuszewski L, Pietruszyński R, Okoński P. i wsp. Wpływ cukrzycy na czynność lewej komory serca u pacjentów z pozawałową niewydolnością serca. Gdańsk: Diabetologia Doświadczalna i Kliniczna Via Medica Wyd. Medyczne 2005; 5: 6.
2. Anna Czech. Diabetologia Praktyczna. Gdańsk: Wyd. Medyczne Via Medica 2004; 5: 4.
3. Ponikowska I. Trening fizyczny – jedna z podstawowych metod nefarmakologicznego leczenia cukrzycy typu 2 – program edukacyjny PTD. Zeszyt 2. Gdańsk: Wyd. Medyczne Via Medica; 2000.
4. Manson JE, Rimm EB, Stampfer MJ. Physical activity and incidence of non-insulin-depend diabetes mellitus in women. Lancet 1991; 338(8770): 774-778.
5. Hu FB, Sigal RJ, Rich-Edwards JW. Walking compared with vigorous physical activity and risk of type 2 diabetes in women. JAMA 1999; 282(15):1433-1439.
6. Am Diab Ass: Clinical Practice Recommendations 2000, Diabetes mellitus and Exercise. Diab Care 2000; 23(suppl. 1): 50-54.
7. Pollack ML, Gaesser GA, Butcher JD, et al: to recommended quality and quality of Exercise and developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness and flexibility in health adults. Med Sci Sports Exc 1998; 30(6):975-991.

Endurance, or loading, exercises are also recommended: 8-12 repetitions of a set of 8-10 different exercises performed 2-3 times a week. Stretching exercises should also be included as they are very important in limiting articular structure glycation and increase their flexibility.

Different forms of physical activity have a different impact on serum glucose levels. Aerobic activities (with ATP and phosphocreatine as energy sources), such as those performed during cyclic strength training, contribute to enhanced insulin sensitivity caused by increased glycogen accumulation. Systematic aerobic exercises of increasing intensity spare muscle glycogen and blood glucose, which enables more effective blood glucose control during endurance training.

## CONCLUSIONS

Early post-discharge cardiac rehabilitation in post-MI patients has a beneficial effect on exercise tolerance irrespective of the presence of concomitant impaired glucose metabolism. Post MI-patients with concomitant type 2 diabetes mellitus have significantly poorer baseline exercise tolerance and inferior final results of the rehabilitation.

## ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to express my gratitude to Zbigniew Eysymontt, PhD, the Head of the Silesian Rehabilitation Centre in Ustroń, for allowing me to carry out the research for this study.

- This copy is for personal use only - distribution prohibited.

- This copy is for personal use only - distribution prohibited.

- This copy is for personal use only - distribution prohibited.

- This copy is for personal use only - distribution prohibited.

*This copy is for personal use only - distribution prohibited.*