

**Małgorzata Włochal,  
Michalina Nowak,  
Alina Kanikowska,  
Marian Grzymiśławski**

<sup>1</sup>Klinika i Katedra Chorób Wewnętrznych,  
Metabolicznych i Dietetyki, Uniwersytet  
Medyczny w Poznaniu

## Potrzeba rehabilitacji w chorobach metabolicznych

The need for physical activity of metabolic diseases

### STRESZCZENIE

Istotnym problemem zdrowotnym ostatnich lat jest zespół współistniejących, metabolicznych czynników ryzyka rozwoju miażdżycy, cukrzycy typu 2 oraz ich powikłań naczyniowych nazywany zespołem metabolicznym (MetS). Zalecanym postępowaniem terapeutycznym u chorych z MetS jest modyfikacja stylu życia obejmująca stopniową redukcję masy ciała oraz zwiększenie aktywności fizycznej. Rehabilitacja ruchowa jako jeden z elementów nefarmakologicznego leczenia pacjentów z różnymi schorzeniami została zarekomendowana po raz pierwszy ponad 2600 lat temu przez indyjskiego lekarza Sushruta. Systematyczna aktywność fizyczna może być skutecznym narzędziem w zapobieganiu i leczeniu wielu składowych MetS. Regularna aktywność fizyczna poprawia takie parametry jak insulinowrażliwość (zarówno w mięśniach, jak i wątrobie), wychwyt glukozy przez mięśnie szkieletowe oraz ogólną gospodarkę glukozy w organizmie. Stosowanie systematycznego treningu obniża masę ciała i zawartość tkanki tłuszczowej, poprawia profil lipidowy (obniża stężenie cholesterolu całkowitego, cholesterolu frakcji LDL oraz triglicerydów i jednocześnie podwyższa stężenie cholesterolu frakcji HDL), redukuje nadciśnienie tętnicze oraz zmniejsza ryzyko rozwoju chorób sercowo-naczyniowych. W niniejszej pracy omówiono wpływ różnych rodzajów i intensywności rehabilitacji ruchowej (trening oporowy, aerobowy, wysiłek umiarkowany, wysiłek intensywny) na poprawę parametrów metabolicznych pacjentów z MetS.

(*Forum Zaburzeń Metabolicznych* 2015, tom 6, nr 2, 64–73)

**Słowa kluczowe:** zespół metaboliczny, rehabilitacja ruchowa, wysiłek oporowy, wysiłek aerobowy

### ABSTRACT

An important health problem is actually a metabolic syndrome (MetS) — cluster of coexisting, metabolic risk factors for atherosclerosis, diabetes type 2 and cardiovascular diseases like: increased cholesterol level, high serum glucose level, excess visceral fat and abnormal blood pressure. The recommended therapeutic management of patients with the MetS is a lifestyle modification including body weight reduction and everyday physical activity. The role of physical activity in prevention and treatment of metabolic diseases was described for the first time over 2,600 years ago by an Indian surgeon Sushruta. Regular physical activity can be an effective tool of non-pharmacological treatment of many components of the Mets. It improves

#### Adres do korespondencji:

mgr Małgorzata Włochal  
Katedra i Klinika Chorób Wewnętrznych,  
Metabolicznych i Dietetyki UM  
ul. Przybyszewskiego 49  
60 – 355 Poznań  
tel. 61 869 16 73.

Copyright © 2015 Via Medica  
ISSN 2081–2450

parameters such as insulin resistance (both muscle and liver), glucose uptake, body weight and body fat, lipid profile (reduces total cholesterol, LDL cholesterol and triglycerides, increased HDL cholesterol) and hypertension. In this paper we review the influence of different types of physical activity (e.g. resistance training, aerobic exercise, moderately intense exercise) on improving metabolic profile in patients with Mets.

(Forum Zaburzeń Metabolicznych 2015, tom 6, nr 2, 64–73)

**Key words:** metabolic syndrome, physical rehabilitation, aerobic physical activity, resistance physical activity

## WSTĘP

Początek badań nad składowymi zespołu metabolicznego (MetS) datuje się na wiek XVII. Istotne znaczenie w historii MetS mieli niemieccy badacze, Henefeld i Leonhardt, którzy w 1981 roku jako pierwsi użyli terminu „zespół metaboliczny”, mający polegać na współistnieniu otyłości, cukrzycy, hiperlipidemii, nadciśnienia tętniczego oraz dny moczanowej [1]. W 1988 roku Gerald Reaven, wskazywał na istnienie kompleksu czynników ryzyka sercowo-naczyniowego (nadciśnienia tętniczego, dyslipidemii, insulinooporności, hiperinsulinemii, upośledzonej tolerancji glukozy), nazywanego „zespołem X”. Zauważył również, że insulinooporność i towarzysząca jej kompensacyjna hiperinsulinemia wraz z upośledzoną tolerancją glukozy lub pełnoobjawową cukrzycą stanowią niezależne czynniki ryzyka chorób sercowo-naczyniowych, które są również czynnikami etiologicznymi pozostałych elementów opisywanego przez siebie zespołu. Należy zauważyć, że mimo wskazywanych wcześniej związków otyłości z insulinoopornością, w skład zdefiniowanego przez Reavena zespołu X nie włączono otyłości — badacz ten zaobserwował występowanie zespołu X także u osób o prawidłowej masie ciała [2]. Na otyłość zwrócił uwagę Kaplan, który wspólne zestawienie otyłości wisceralnej, upośledzonej tolerancji glukozy, hipertriglicydemii oraz nadciśnienia tętniczego

określił jako tak zwany śmiertelny kwartet (*deadly quartet*) [3]. Obecnie „zespół metaboliczny” jest definiowany jako wiele wzajemnie powiązanych czynników o charakterze metabolicznym, których współwystępowanie zwiększa ryzyko rozwoju chorób układu sercowo-naczyniowego o podłożu miażdżycowym oraz cukrzycy typu 2 [4]. Do tej pory występują niejasności w zakresie patogenezy tego zespołu. Uważa się, że podstawowymi przyczynami MetS są insulinooporność oraz otyłość brzuszna. Jako czynniki ryzyka MetS wymienia się także uwarunkowania genetyczne (polimorfizmy i mutacje genów) i czynniki środowiskowe, w tym: wysokokaloryczną, aterogenną dietę oraz niską aktywność fizyczną [4].

Celem diagnozowania zespołu metabolicznego jest identyfikacja pacjentów o zwiększonym ryzyku chorób sercowo-naczyniowych oraz objęcie ich właściwą opieką medyczną stanowiącą podstawę prewencji i leczenia możliwych powikłań [5]. Z danych Głównego Urzędu Statystycznego wynika, że podstawową przyczyną zgonów w Polsce są choroby układu krążenia [6]. Jak podaje Światowa Organizacja Zdrowia (WHO, *World Health Organization*) choroby naczyniowe zabijają więcej osób na całym świecie, niż którekolwiek z innych schorzeń [6, 7]. Na przełomie XX i XXI wieku, w celu ustalenia jednoznacznych wytycznych MetS, kryteria diagnostyczne tego schorzenia opracowywały różne organizacje (WHO, EGIR,

►► Celem diagnozowania zespołu metabolicznego jest identyfikacja pacjentów o zwiększonym ryzyku chorób sercowo-naczyniowych oraz objęcie ich właściwą opieką medyczną stanowiącą podstawę prewencji i leczenia możliwych powikłań ◀◀

**Tabela 1**

Konsensus definicji zespołu metabolicznego według *International Diabetes Federation (IDF)* oraz *American Heart Association/National Heart, Lung and Blood Institute (AHA/NHLBI)* z 2009 roku

**Rozpoznanie co najmniej 3 z wymienionych czynników**

Czynnik	Wartość
Nieprawidłowy obwód talii (zależny od grupy populacyjnej)	Populacje: — kaukaska $\geq 94$ cm (M), $\geq 80$ cm (K) — amerykańska (USA, Kanada) $\geq 102$ cm (M), $\geq 88$ cm (K) — bliskiego wschodu oraz basenu morza śródziemnego $\geq 94$ cm (M), $\geq 80$ cm (K) — azjatycka $\geq 90$ cm (M), $\geq 80$ cm (K)
Stężenie triglicerydów	$\geq 150$ mg/dl lub stosowane leczenie hipolipemizujące
Stężenie cholesterolu frakcji HDL	$< 40$ mg/dl (M), $< 50$ mg/dl (K) lub stosowane leczenie
Ciśnienie tętnicze	$\geq 130/85$ lub stosowane leczenie hipotensyjne
Glikemia	$\geq 100$ mg/dl lub stosowane leczenie hipoglikemizujące

K — kobieta; M — mężczyzna; HDL (*high-density lipoproteins*) — lipoproteiny wysokiej gęstości

▶▶ Zespół metaboliczny można zdiagnozować na podstawie 3 z 5 czynników, bez wskazywania dominującego czynnika patogenetycznego ◀◀

▶▶ U osób, które stosowały aktywność fizyczną poniżej 1 godz./tyg., MetS występował o 60% częściej niż u badanych wykonujących umiarkowany wysiłek fizyczny ( $> 4,5$  MET) w wymiarze minimum 3 godzin tygodniowo ◀◀

NCEP-ATP III, IDF, AHA, NHLBI) zgodnie przyjmując za główne składowe zespołu metabolicznego: otyłość, insulinooporność, dyslipidemię oraz nadciśnienie tętnicze, natomiast zasadnicze różnice dotyczą określenia głównych elementów zespołu metabolicznego [4, 5]. Ostatecznie konsensus w tym zakresie wydało IDF w porozumieniu z AHA/NHLBI w 2009 roku. Zespół metaboliczny można zdiagnozować na podstawie 3 z 5 czynników, bez wskazywania dominującego czynnika patogenetycznego (tab. 1) [4].

Zalecanym postępowaniem u chorych z zespołem metabolicznym jest modyfikacja stylu życia obejmująca stopniową redukcję masy ciała oraz zwiększenie aktywności fizycznej. Pacjenci z wysokim ryzykiem rozwoju chorób układu krążenia oraz osoby, u których edukacja w zakresie zdrowego stylu życia nie przynosi zamierzonych efektów wymagają zastosowania terapii skojarzonej, tj. zmiany stylu życia oraz leczenia farmakologicznego elementów zespołu metabolicznego [5].

Aktywność fizyczna jako jeden z elementów niefarmakologicznego leczenia pacjentów

z różnymi schorzeniami została zarekomendowana po raz pierwszy ponad 2600 lat temu przez indyjskiego lekarza Sushruta [8]. Jak donosi WHO, niewystarczająca aktywność fizyczna jest czwartym w kolejności czynnikiem ryzyka przedwczesnych zgonów na świecie [9]. Z badań przeprowadzonych przez CBOS w 2013 roku wynika, że dwie trzecie ankietowanych (66%) uprawiało sport bądź ćwiczenia w ciągu ostatniego roku, przy czym 40% podejmowało aktywność fizyczną regularnie, zaś 26% sporadycznie [10].

W badaniu (KIHD) *KuopioIschemic Heart Disease Risk Factor Study* na grupie 1069 mężczyzn w średnim wieku wykazano, że u osób, które stosowały aktywność fizyczną poniżej 1 godz./tyg. MetS występował o 60% częściej niż u badanych wykonujących umiarkowany wysiłek fizyczny ( $> 4,5$  MET) w wymiarze minimum 3 godzin tygodniowo. 1 MET (*Metabolic Equivalent*) odpowiadał absorpcji tlenu na poziomie 3,5 ml  $O_2$ /kg [11].

Systematyczna aktywność fizyczna może być skutecznym narzędziem w zapobieganiu i leczeniu niewydolności serca. Istotne

znaczenie odgrywa tu śródbłonek naczyń, wydzielający prozapalne cytokiny i markery stresu oksydacyjnego. Miokiny — należące do grupy cytokin, wydzielane z włókien mięśniowych pod wpływem wysiłku odgrywają znaczącą rolę w poprawie metabolizmu mięśni szkieletowych, mobilizacji zasobów energii, oraz wzroście masy mięśniowej i angiogenezie. Kompensacyjne mechanizmy, w tym zmiany funkcjonalne i strukturalne, prowadzą do przebudowy i przyrostu masy mięśniowej serca, przyspieszenia rytmu serca i centralizacji krążenia krwi. Korzystny wpływ wysiłku fizycznego na poprawę tolerancji wysiłku i jakości życia wynika z wpływu na układ autonomiczny, mechanizmy neurohormonalne i metabolizm mięśni. Jednocześnie większa masa i siła mięśni jest związana z niższą częstością występowania zespołu metabolicznego [12]. Regularna aktywność fizyczna poprawia insulinowrażliwość (zarówno w mięśniach, jak i wątrobie), wychwyty glukozy przez mięśnie szkieletowe oraz ogólną gospodarkę glukozy w organizmie. Ponadto, obniża masę ciała i zawartość tkanki tłuszczowej, poprawia profil lipidowy (obniża stężenie cholesterolu całkowitego, cholesterolu frakcji LDL [*low-density lipoproteins*] oraz triglicerydów, i jednocześnie podwyższa stężenie cholesterolu frakcji HDL), redukuje nadciśnienie tętnicze i zmniejsza ryzyko rozwoju chorób sercowo-naczyniowych. Korzystne działanie wysiłku fizycznego przypisuje się w znacznym stopniu aktywacji kinazy białkowej aktywowanej przez AMP (AMPK, *5'AMP-activated protein kinase*) zachodzącej w mięśniach szkieletowych, wątrobie i tkance tłuszczowej. U pacjentów z cukrzycą typu 2 poprawa kontroli glikemii podczas aktywności fizycznej jest związana zarówno z hamowaniem glukoneogenezy w wątrobie, jak i zwiększonym pobieraniem glukozy przez mięśnie. Jednocześnie stymulowana wysiłkiem fizycznym aktywacja AMPK u diabetyków przebiega w sposób

prawidłowy, taki jak u osób bez zaburzeń gospodarki węglowodanowej. Regularny wysiłek fizyczny usprawnia działanie szlaku sygnałowego insuliny u osób z otyłością i insulinoopornością prowadząc do zwiększenia pojemności oksydacyjnej mięśni szkieletowych dzięki wzmożonemu utlenianiu kwasów tłuszczowych i zwiększeniu ekspresji białek odpowiedzialnych za biogenezę mitochondriów. Oba mechanizmy są związane z aktywacją AMPK, która odgrywa istotną rolę w adaptacji metabolicznej do wysiłku fizycznego [13, 14].

#### REHABILITACJA RUCHOWA A REDUKCJA MASY CIAŁA

Aktywność fizyczna może być prowadzona na wiele różnych sposobów. Analiza badań nad preferowanym rodzajem fizjoterapii pozwalającej na uzyskanie trwałej redukcji masy ciała (głównie tkanki tłuszczowej) u osób otyłych i/lub z MetS wykazała skuteczność regularnego, areobowego treningu fizycznego o umiarkowanym lub wysokim natężeniu (ok. 55–85% HRmax). Efektem tego typu wysiłku, po początkowym wykorzystywaniu glikogenu mięśniowego i upływie co najmniej 30 minut aktywności fizycznej, jest redukcja tkanki tłuszczowej. Przeprowadzona metaanaliza siedmiu badań obejmujących 208 osób z MetS, wykonujących przez 4 tygodnie ćwiczenia fizyczne w postaci dynamicznego treningu wytrzymałościowego bądź oporowego wykazała istotny statystycznie wpływ dynamicznego treningu wytrzymałościowego na parametry antropometryczne i metaboliczne, w porównaniu z grupą kontrolną. Stwierdzono spadek obwodu talii –3,4 (–4,9 v. –1,8) cm, spadek ciśnienia tętniczego –7,1 (–9,03 v. –5,2) mm Hg oraz wzrost stężenia cholesterolu frakcji HDL +0,06 (+0,09 v. +0,03) mmol/l [15].

Ciąża sprzyja przybieraniu masy ciała z przyczyn hormonalnych, ale również w wyniku stylu życia ciężarnych. Spożywa-

▶▶ Regularna aktywność fizyczna poprawia insulinowrażliwość (zarówno w mięśniach, jak i wątrobie), wychwyty glukozy przez mięśnie szkieletowe oraz ogólną gospodarkę glukozy w organizmie ◀◀

▶▶ Analiza badań nad preferowanym rodzajem fizjoterapii pozwalającej na uzyskanie trwałej redukcji masy ciała (głównie tkanki tłuszczowej) u osób otyłych i/lub z MetS wykazała skuteczność regularnego, areobowego treningu fizycznego o umiarkowanym lub wysokim natężeniu (ok. 55–85% HRmax) ◀◀

nie dużej ilości pokarmów jest przychylnie odbierane przez otoczenie, podczas gdy uprawianie sportu często uważa się za zachowanie ryzykowne dla zdrowia dziecka. Metaanaliza różnych badań dotycząca tej grupy pacjentek wykazała, że okres ciąży sprzyja wyuczeniu i wdrożeniu pozytywnych zachowań, tj. regularnej aktywności fizycznej i odpowiedniej diety, które mogą być kontynuowane w okresie połogu. Inicjowanie tych samych zachowań po porodzie jest o wiele mniej skuteczne i rzadziej kontynuowane. Kobiety, które podlegały kontroli lub jakimkolwiek nadzorowi w trakcie redukcji masy ciała, szybciej osiągały pożądane efekty w porównaniu z grupą bez takiej kontroli. Postuluje się, że jednym z obiecujących form monitorowania i motywowania pacjentek są różnego rodzaju aplikacje na osobiste telefony komórkowe, obecnie coraz bardziej popularne i dobrze odbierane wśród użytkowników [16].

Metaanaliza 11 badań dotyczących efektywności utraty masy ciała u kobiet ( $n = 769$ ) z nadmiernym przyrostem masy ciała w trakcie ciąży i po porodzie, poddanych interwencji ruchowej i dietetycznej ( $n = 409$ ) lub stosujących tylko restrykcje dietetyczne ( $n = 360$ ) pokazała różnicę spadku masy ciała (2,57 kg, 95% CI  $-3,66$  do  $-1,47$ ) między grupą poddaną interwencji a kontrolną. Najskuteczniejsza terapia obejmowała programy o obiektywnie określonych celach z wykorzystaniem aparatów kontroli rytmu serca i edometrów [17].

Na podstawie doświadczeń zdobytych podczas programu *Healthy Lifestyle De Feo* i wsp. rekomendują osobom z MetS program ćwiczeń o umiarkowanej intensywności ( $50\% \text{VO}_{2\text{max}}$ ), którego natężenie należy zwiększać stopniowo (średnio o 5%) co 6 sesji treningowych, aż do osiągnięcia intensywności  $65\%$  maksymalnej mocy [18]. Po minimum 3 miesiącach prowadzonej interwencji ruchowej, gdy pacjenci poprawią swoją wydolność i sprawność fizyczną,

w wybranych i uzasadnionych przypadkach, można wprowadzić wysiłek interwałowy o submaksymalnej intensywności, wykonywany pod nadzorem fizjoterapeuty. Wysoka intensywność ćwiczeń pozwala efektywniej tracić tkankę tłuszczową na drodze nasilonego utleniania lipidów (trwającego także po zakończonych ćwiczeniach) i zwiększenia całkowitej przemiany materii. Mimo to, wielu pacjentów otyłych nie czuje się pewnie podczas wykonywania intensywnych ćwiczeń i chętniej poddaje się rehabilitacji ruchowej o umiarkowanym charakterze [18, 19]. Należy mieć także na względzie, że ruch o dużej intensywności może być postrzegana przez osoby otyłe prowadzące dotychczas siedzący tryb życia jako niemożliwy do wykonania. Dodatkowo, jest on powikłany większym ryzykiem obrażeń lub ostrych incydentów sercowo-naczyniowych. Z drugiej strony, dla niektórych pacjentów wprowadzanie ćwiczeń interwałowych o maksymalnej intensywności może stanowić psychiczny bodziec i atrakcyjną alternatywę minimalizującą znudzenie konwencjonalnym i bardziej jednostajnym programem ćwiczeń [20].

#### WYSIŁEK AEROBOWY A OPOROWY W REDUKCJI MASY CIAŁA

Trening aerobowy wpływa na zmniejszenie sztywności ścian tętnic. Wpływ ćwiczeń aerobowych nie jest jednak taki sam dla wszystkich osób. W przypadku osób otyłych wykonywanie forsownego treningu aerobowego z obciążeniem, na przykład bieg, szybkie chodzenie, powoduje nadmierny wzrost ciśnienia tętniczego i stanowi dodatkowy czynnik stresowy dla śródbłonna naczyń, podczas gdy ćwiczenia w odciążeniu, jak na przykład jazda na rowerze, powodują mniejszą aktywację układu współczulnego i wzrost ciśnienia tętniczego. Wydaje się, że na początkowym etapie odchudzania wysiłek w odciążeniu, o małym natężeniu jest korzystniejszy w odniesieniu do wpływu na sztywność naczyń niż intensywne ćwiczenia [21].

Ćwiczenia oporowe są również skuteczne w redukcji masy ciała i chętnie wykorzystywane w programach treningowych. Mężczyźni z nadwagą lub otyłością ( $n = 28$ ) przez 12 tygodni wykonywali trening oporowy, polegający na przeprowadzeniu trzech sesji ćwiczeń oporowych z ciężarkami na tydzień (przysiady, skłony, wykroki, zginanie ramion i przedramion). Stwierdzono wzrost insulinowrażliwości mięśni oraz poprawę kontroli glikemii, wzrost beztłuszczowej masy ciała oraz zwiększenie siły mięśniowej po zakończeniu treningu. Nie zaobserwowano wpływu ćwiczeń oporowych na stężenie adiponektyny i leptyny we krwi, a także na stopień insulinowrażliwości [22]. W przypadku wykonywania treningu oporowego istotna jest kontrola fizjoterapeuty nad wykonywanymi ćwiczeniami, ponieważ pacjenci pozostawieni bez nadzoru często wykonują je nieprawidłowo, obniżając ich skuteczność i narażając się na ryzyko urazu [23].

W jednym z badań porównano efekt wykonywania ćwiczeń oporowych w stosunku do aerobowych na skład ciała oraz stopień insulinoooporności. Mężczyźni z otyłością ( $BMI > 30 \text{ kg/m}^2$ ) dwa dni w tygodniu, przez sześć miesięcy wykonywali dwa rodzaje ćwiczeń. Zaobserwowano podobny wpływ obu aktywności na spadek insulinoooporności, o około 20–25%. W przebiegu treningu oporowego u ćwiczących stwierdzono wzrost masy ciała, głównie poprzez wzrost beztłuszczowej masy ciała, natomiast trening aerobowy spowodował spadek masy ciała [24].

#### REHABILITACJA RUCHOWA W PRZYPADKU CUKRZYCY — REKOMENDACJE

Korzystny wpływ aktywności fizycznej u pacjentów z cukrzycą typu 2 doceniany był już w starożytności, za sprawą Arystotelesa, który zauważył, że pod wpływem wysiłku symptomy cukrzycy ulegają znacznej poprawie [25]. Także dziś dostrzega

się, że rehabilitacja ruchowa stanowi integralny element leczenia pacjentów z zaburzeniami gospodarki węglowodanowej, wpływający na poprawę insulinoooporności i lepszą kontrolę metaboliczną, zwiększenie wykorzystania glukozy, redukcję masy ciała oraz przeciwdziałanie sercowo-naczyniowym powikłaniom cukrzycy. Ponadto, aktywność fizyczna poprawia elastyczność i siłę mięśni, ma korzystny wpływ na stan psychiczny (poprawia samoocenę, zmniejsza ryzyko wystąpienia depresji) istotnie zwiększa jakość i długość życia pacjentów [25]. Zdaniem LaMonte i wsp. codzienna 30-minutowa, umiarkowana aktywność fizyczna pozwala osobom prowadzącym dotychczas „osiadły” tryb życia zmniejszyć ryzyko rozwinięcia się cukrzycy typu 2 oraz innych chorób przewlekłych, w tym choroby wieńcowej, udaru mózgu i raka jelita grubego o co najmniej 30% [26]. Wykazano ponadto, że ryzyko cukrzycy u chorych z upośledzoną tolerancją glukozy (IGT, *impaired glucose tolerance*) zmniejszyło się w ciągu 6 lat o 31% pod wpływem diety, o 46% przy zastosowaniu terapii ruchowej oraz o 42%, gdy pacjenci zastosowali się do zaleceń dietetycznych połączonych z aktywnością fizyczną [27]. *Diabetes Prevention Program Research Group* podaje, że zmiana stylu życia w większym stopniu hamuje progresję cukrzycy niż doustne środki hipoglikemiczne, na przykład metformina (odpowiednio 58% v. 31%) [28].

Ćwiczenia fizyczne promują wykorzystanie glukozy oraz kwasów tłuszczowych, dzięki czemu wpływają na lepszą kontrolę glikemii u pacjentów z cukrzycą. Wyniki badań Sato i wsp. sugerują, że aktywność fizyczna poprawia efektywność insuliny poprzez wpływ na GLUT-4, IRS1 i kinazę TOR [29]. Ponadto, rehabilitacja ruchowa w połączeniu z ograniczeniami dietetycznymi wpływa na zmniejszenie poziomu trzewnej tkanki tłuszczowej, obniża stężenie triglicerydów oraz zwiększa stężenie lipoprotein o wyso-

►► Ćwiczenia oporowe są również skuteczne w redukcji masy ciała i chętnie wykorzystywane w programach treningowych ◀◀

►► Ważnym zagadnieniem, które należy rozważyć, planując terapię ruchową u diabetyków, jest wybór strategii aktywności minimalizujących ryzyko wystąpienia hipoglikemii, dobór odpowiednich ćwiczeń fizycznych dla pacjentów z neuropatią obwodową oraz efektywne motywowanie do przestrzegania rekomendacji aktywności ruchowej ◀◀

kiej gęstości (HDL), przez co obniża ryzyko powstawania miażdżycy tętnic związanej z opornością na insulinę [31].

Ważnym zagadnieniem, które należy rozważyć, planując terapię ruchową u diabetyków, jest wybór strategii aktywności minimalizujących ryzyko wystąpienia hipoglikemii, dobór odpowiednich ćwiczeń fizycznych dla pacjentów z neuropatią obwodową oraz efektywne motywowanie do przestrzegania rekomendacji aktywności ruchowej [30]. Podstawowymi zasadami skutecznego programu ćwiczeń są odpowiedni dobór ich intensywności, czasu trwania, częstotliwości ćwiczeń oraz środowiska [25]. Decyzja ta musi być podjęta indywidualnie dla każdego pacjenta z uwzględnieniem takich parametrów, jak: historia choroby, faza rehabilitacji, stan funkcjonalny, poziomu glukozy, typ i wielkość spożytego posiłku przed ćwiczeniami, rodzaj stosowanego leczenia (w tym rodzaj przyjmowanej insuliny). Wytyczne i rekomendacje w zakresie rehabilitacji ruchowej pacjentów chorujących na cukrzycę ewoluowały, co zainicjowało powstanie pytania, który z proponowanych programów i rodzajów wysiłku fizycznego jest najlepszy.

#### TRENING AEROBOWY A OPOROWY W PRZYPADKU CUKRZYCY

Wykazano, że zarówno aerobowa, jak i oporowa aktywność fizyczna efektywnie poprawia insulinowrażliwość, prowadzi do lepszej kontroli glikemii oraz poprawia sprawność układu sercowo-naczyniowego, dane z ostatnich lat podkreślają jednak primat aktywności anaerobowej nad aerobową [32–34]. Jednym z najważniejszych odkryć w tym zakresie jest stwierdzenie, że trening oporowy powoduje łagodniejszy spadek glikemii niż ćwiczenia aerobowe (zmniejszenie ryzyka hipoglikemii). Gdy oba typy ćwiczeń są wykonywane w tej samej sesji, wykonanie ćwiczeń oporowych przed aerobowymi wpływa znacząco na lepsze wyrów-

nianie glikemii zarówno w czasie, jak i po zakończeniu wysiłku. Dwa artykuły autorstwa Yardley i wsp. podkreśliły korzyści zdrowotne płynące z prowadzenia programu ćwiczeń oporowych (podnoszenie ciężarów) i interwałowych ćwiczeń anaerobowych o wysokiej intensywności u pacjentów z cukrzycą typu 1. Podają oni, że interwałowy wysiłek o wysokiej intensywności ćwiczeń przyczynia się do lepszej kontroli gospodarki węglowodanowej wyrażonej niższym stężeniem HbA1c. Jedną z teorii tłumaczy ten mechanizm tym, iż pacjenci nie boją się wystąpienia hipoglikemii, w związku z tym nie dojadają nadmiernej ilości węglowodanów przed wysiłkiem oraz nie zmniejszają agresywnie dawek insuliny.

Wynik indyjskiego badania w grupie 30 pacjentów z cukrzycą typu 2 wykazał, że 12-tygodniowy kontrolowany progresywny oporowy wysiłek fizyczny (*supervised progressive resistance-exercise training*) znacząco zmniejsza insulinooporność (z  $1,22 \pm 0,73$  do  $2,13 \pm 0,75$ ;  $p < 0,0001$ ), poprawia kontrolę glikemii i pozytywnie wpływa na gospodarkę lipidową [35]. Poziom glukozy na czczo, HbA1C u pacjentów objętych programem treningowym zmalał znacząco odpowiednio o ( $2,7 \pm 2,2$  mmol/l,  $p < 0,001$ ) i ( $0,54 \pm 0,4\%$ ,  $p < 0,001$ ). Ponadto, uzyskano obniżenie stężenia cholesterolu całkowitego i triglicerydów odpowiednio o ( $0,39 \pm 0,7$  mmol/l,  $p = 0,003$ ) i ( $0,39 \pm 0,5$  mmol/l,  $p < 0,001$ ), oraz pozytywny wpływ na skład podskórnej tkanki tłuszczowej (SCAT, *subcutaneous adipose tissue compartments*) ( $p < 0,001$ ) [35]. Argumentem przemawiającym na korzyść wysiłku oporowego jest jego atrakcyjność. Wykazano, że zalecenia ćwiczeń oporowych lub trening łączony, składający się z aktywności oporowej wykonywanej na przemian z ćwiczeniami aerobowymi, cieszą się lepszym zainteresowaniem i dłuższym stosowaniem. Ponadto, u osób wykonujących program ćwiczeń oporowych

odnotowano większe poczucie przyjemności i lepsze wsparcie ze strony trenerów, co może wyjaśniać lepsze przestrzeganie zaleceń [31, 36].

W badaniu DiPietro przeprowadzonym w grupie 25 kobiet w podeszłym wieku (średnia wieku  $73 \pm 10$  lat) zastosowano trzy programy treningowe, przez okres 9 miesięcy, cztery dni w tygodniu (po 45–65 min). Wysiłek o wysokiej intensywności ( $80\% \text{Vo}_{2\text{max}}$ ), spowodował zwiększenie insulinowrażliwości o 21%, umiarkowany wysiłek ( $65\% \text{Vo}_{2\text{max}}$ ) o 16%, a trening o niskiej intensywności ( $50\% \text{Vo}_{2\text{max}}$ ) tylko o 8%, przy braku wpływu tych treningów na skład ciała pacjentek. Autorzy postulują, że najlepsze efekty w trwałym zwiększaniu insulinowrażliwości ma wysiłek o dużej intensywności wykonywany przez dłuższy czas [37].

Z drugiej strony należy pamiętać, że trening interwałowy o wysokiej intensywności (HIT, *high-intensity interval training*) dla wielu pacjentów jest zbyt męczący, co wiąże się z mniejszą efektywnością zaleconych ćwiczeń. Metcalfe i wsp. wykazali w grupie 29 zdrowych młodych mężczyzn i kobiet prowadzących dotychczas siedzący tryb życia, że pomimo relatywnie niskiej intensywności wysiłku (*reduced-exertion HIT*), insulinowrażliwość u pacjentów poddanych interwencji ruchowej zwiększyła się o 28% ( $p < 0,05$ ). W badaniu tym pacjentów losowo podzielono na dwie grupy: 1) poddanych 6-tygodniowej terapii ruchowej o częstotliwości 3 sesji w tygodniu i 2) kontrolną — bez interwencji ruchowej. Sesje treningowe składały się z jazdy rowerem (10 minut, niska intensywność, 60 W) oraz krótkich sprintów o stopniowo wydłużanym czasie trwania (10 s w 1 tygodniu, 15 s w tygodniach 2–3 i 20 s w tygodniach 4–6). Ponadto, wykazano pozytywny wpływ aktywności fizycznej o niewielkiej intensywności, ale dostosowanej do możliwości pacjenta na zdrowie metaboliczne oraz wydolność

tlenową, co sugeruje, że może on stanowić alternatywę dla intensywnych programów aktywności fizycznej [38].

Jest prawdopodobne, że z powodu różnych mechanizmów działania, dodanie ćwiczeń oporowych do treningu aerobowego może pomóc osiągnąć cele w krótszym czasie niż osiągane wyłącznie przez pojedyncze ćwiczenia aerobowe. Połączenie tych schematów treningowych wydaje się najlepszym wyborem prowadzącym do poprawy wrażliwości na insulinę oraz kontroli glikemii [36].

Zgodnie z obowiązującymi rekomendacjami osobom cierpiącym na cukrzycę zaleca się minimum 150 min aerobowych ćwiczeń o umiarkowanej intensywności lub 75 min o wysokiej intensywności w tygodniu (spacer, jogging, jazda na rowerze stacjonarnym, pływanie) oraz 2–3 razy/dobę po posiłkach wysiłek trwający około 10–30 min. Pod pojęciem umiarkowanej intensywności rozumie się natężenie wysiłku na poziomie  $50\% \text{Vo}_{2\text{max}}$ , wykonywane z częstością serca: 120/min dla osób  $< 50$ . rż. i 100/min dla osób  $> 60$ . rż. Pacjentom zaleca się ponadto ćwiczenia oporowe podejmowane 3–5 razy w tygodniu [25, 39]. Dla starszych pacjentów z tendencją do zaników mięśni polecany jest trening aerobowy przeplatany treningiem oporowym z ciężarkami. Dbanie o regularność w przestrzeganiu zaleceń ruchowych jest tak bardzo istotna, gdyż wpływ ćwiczeń na insulinowrażliwość stopniowo zmniejsza się w ciągu 3 dni po treningu i całkowicie zanika po upływie tygodnia.

Ważnym problemem rehabilitacji ruchowej pacjentów z cukrzycą jest odpowiednia motywacja do przestrzegania aktywności fizycznej. Polikandroti ocenił, że mimo iż pacjenci z cukrzycą są w stanie wypełniać zalecenia aktywności ruchowej, większość z nich nie uczestniczy w programach ćwiczeń lub jest nieaktywna podczas ich realizacji, ze względu na brak właściwego poradnictwa fizjoterapeutycznego lub brak poczucia

► Z powodu różnych mechanizmów działania, dodanie ćwiczeń oporowych do treningu aerobowego może pomóc osiągnąć cele w krótszym czasie niż osiągane wyłącznie przez pojedyncze ćwiczenia aerobowe ◀◀



►► Konieczne jest zwiększenie nacisku na indywidualizację programów treningowych oraz poradnictwo i szkolenia w zakresie roli i technik wykonywania programów ruchowych w domu ◀◀

bezpieczeństwa przy wykonywanych programach ćwiczeń. Konieczne zatem jest zwiększenie nacisku na indywidualizację programów treningowych oraz poradnictwo i szkolenia w zakresie roli i technik wykonywania programów ruchowych w domu [25]. W motywowaniu i kontrolowaniu pacjentów pomocne może być zastosowanie krokomierza, a dane przez niego zarejestrowane należy sprawdzać podczas regularnych treningów i kontroli lekarskich. Za cel należy przyjąć 10 000 kroków/dziennie (minimum 7500 kroków) [33]. Należy pamiętać także o właściwym przygotowaniu do wysiłku fizycznego: spożyciu odpowiedniego posiłku przed rozpoczęciem sesji treningowej oraz w jego trakcie, modyfikacji dawki insuliny, wyborze wygodnego obuwia oraz konieczności dokładnego czyszczenia stóp w celu prewencji infekcji. Pacjenta należy także wyedukować w zakresie postępowania na wypadek wystąpienia hipoglikemii.

#### PODSUMOWANIE

Rehabilitacja ruchowa stanowi integralny element leczenia pacjentów z MetS, wpływający na poprawę insulinooporności i lepszą kontrolę metaboliczną. Istotnie zwiększa wykorzystanie glukozy, wpływa na redukcję masy ciała oraz przeciwdziałanie sercowo-naczyniowym powikłaniom cukrzycy. Ponadto, aktywność fizyczna poprawia elastyczność i siłę mięśni, ma korzystny wpływ na stan psychiczny (poprawia samoocenę, zmniejsza ryzyko wystąpienia depresji) oraz znacząco zwiększa jakość i długość życia pacjentów. Jak przedstawiono w niniejszej publikacji, decyzję o wyborze typu i czasu trwania rehabilitacji ruchowej należy podjąć indywidualnie, mając na względzie zarówno aktualne rekomendacje, jak i stan zdrowia i wydolności fizycznej pacjenta oraz jego motywację do zmiany stylu życia.

#### PIŚMIENNICTWO:

1. Musialik K., Strażyńska A. Zespół metaboliczny od przeszłości do przyszłości. *Now. Lek.* 2009; 78: 45–54.

2. Reaven G.M. Role of insulin resistance in human disease. *Diabetes.* 1988; 37: 1595–1607.
3. Kaplan N.M. The deadly quartet: upper-body obesity, glucose intolerance, hypertriglyceridemia and hypertension. *Arch. Intern. Med.* 1989; 149: 1514–1520.
4. Kramkowska M., Czyżewska K. Zespół metaboliczny — historia, definicje, kontrowersje. *Forum Zaburzeń Metabolicznych* 2014; 5: 6–15.
5. Pacholczyk M., Ferenc T., Kowalski J. Zespół metaboliczny. Część I: Definicje i kryteria rozpoznawania zespołu metabolicznego. *Epidemiologia oraz związek z ryzykiem chorób sercowo-naczyniowych i cukrzycy typu 2.* *Postepy Hig. Med. Dosw.* 2008; 62: 530–542.
6. Główny Urząd Statystyczny. Podstawowe informacje o sytuacji demograficznej Polski w 2011 roku. (on-line) [http://www.stat.gov.pl/cps/rde/xbcr/gus/l\\_podst\\_inf\\_o\\_syt\\_demograficznej\\_2011.pdf](http://www.stat.gov.pl/cps/rde/xbcr/gus/l_podst_inf_o_syt_demograficznej_2011.pdf); 10.03.2014.
7. Mathers C.D., Lopez A.D., Murray C.J.L. The burden of disease and mortality by condition: data, methods and results for 2001. W: Lopez A.D., Mathers C.D., Ezzati M., Murray C.J.L., Jamison D.T. (red.). *Global burden of disease and risk factors.* Oxford University Press, New York 2006: 45–240.
8. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs310/en/index2.html>; 21.12.2013.
9. Tipton C.M. Susruta of India, an unrecognized contributor to the history of exercise physiology. *J. Appl. Physiol.* 2008; 104: 1553–1556.
10. Konkluzje Rady i przedstawicieli rządów państw członkowskich zebranych w Radzie z dnia 27 listopada 2012 r. w sprawie propagowania aktywności fizycznej sprzyjającej zdrowiu (2012), DzU UE C 393/07 z 19.12.2012, s. 22. (on-line) <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ>:
11. Komunikat z badań BS/129/2013. Aktywność fizyczna Polaków (2013), CBOS, Warszawa. (on-line) [http://www.cbos.pl/SPISKOM.POL/2013/K\\_129\\_13](http://www.cbos.pl/SPISKOM.POL/2013/K_129_13).
12. Lakka T.A., Laaksonen D.E., Lakka H.M. i wsp. Sedentary lifestyle, poor cardiorespiratory fitness, and the metabolic syndrome. *Med Sci Sports Exerc.* 2003; 35: 1279–1286.
13. Głowacka P., Mizia-Stec K., Gąsior Z. Influence of physical effort on the activity of the endothelium concerning patients with chronic cardiac insufficiency. *Przegl. Lek.* 2012; 69: 34–37.
14. Grochowska E., Jarzyna R. Aktywność fizyczna w profilaktyce i leczeniu chorób cywilizacyjnych — kluczowa rola kinazy białkowej aktywowanej przez AMP (AMPK). *Postepy Hig. Med. Dosw.* 2014; 68: 1114–1128.
15. Warburton E.R.D., Nicol C.W., Bredin S.S.D. Health benefits of physical activity: the evidence. *CMAJ* 2006; 174: 801–809.
16. Pattyn N., Cornelissen V.A., Saeed R. i wsp. The Effect of exercise on the cardiovascular risk factors constituting the Metabolic Syndrome. A Meta-Analysis of Controlled Trials. *Sports Med.* 2013; 43: 121–133.
17. Choi J., Fukuoka J., Lee J.H. The effects of physical activity and physical activity plus diet interventions on bodyweight in overweight or obese women who are pregnant or in postpartum: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Preventive Medicine* 2013; 56: 351–364.

18. Nascimento S.L., Pudwell J., Surita F.G. i wsp. The effect of physical exercise strategies on weight loss in postpartum women: a systematic review and meta-analysis. *Int. J. Obes.* 2013; 38: 626–635.
19. De Feo P., Fatone C., Burani P. i wsp. An innovative model for changing the lifestyles of persons with obesity and/or type 2 diabetes mellitus. *J. Endocrinol. Invest.* 2011; 34: 349–354.
20. Perri M.G., Anton S.D., Durning P.E. i wsp. Adherence to exercise prescriptions: effects of prescribing moderate vs higher levels of intensity and frequency. *Health Psychol.* 2002; 21: 452–458.
21. Bartlett J.D., Close G.L., MacLaren D.P. i wsp. High-intensity interval running is perceived to be more enjoyable than moderate-intensity continuous exercise: implications for exercise adherence. *J. Sports Sci.* 2011; 29: 547–553.
22. Montero D., Roberts C.K., Vine A. Arterial stiffness in obese populations: Is it reduced by aerobic training? *Int. J. Cardiol.* 2014; 176: 280–281.
23. Croymans D., Pappas E., Lee M. i wsp. Resistance training improves indices of muscle insulin sensitivity and Beta cell function in overweight/obese sedentary young men. *J. Appl. Physiol.* 2013; 115: 1245–1253.
24. Gordon B.A., Benson A.C., Bird S.R. i wsp. Resistance training improves metabolic health in type 2 diabetes: A systematic review. *Diabetes. Res. Clin. Pract.* 2009; 83: 157–175.
25. Roberts C.K., Hevener A. L., Barnard R.J. Metabolic Syndrome and Insulin Resistance: Underlying Causes and Modification by Exercise Training. *Compr. Physiol.* Jan. 2013; 3: 1–58.
26. Polikandrioti M., Dokoutsidou H. The role of exercise and nutrition in type II diabetes mellitus management. *Health Science Journal* 2009; 3: 216–220.
27. LaMonte M., Blair St., Church T. Physical activity and diabetes prevention. *J. Appl. Physiol.* 2005; 99: 1205–1213.
28. Pan X.R., Li G.W., Hu Y.H. i wsp. Effects of diet and exercise in preventing NIDDM in people with impaired glucose tolerance. The Da Qing IGT and Diabetes Study. *Diab. Care.* 1997; 20: 537–544.
29. Knowler W.C., Barrett-Connor E., Fowler S.E. Reduction in the incidence of type 2 diabetes with lifestyle intervention or metformin. *N. Engl. J. Med.* 2002; 346: 393–403.
30. Sato Y., Nagasaki M., Kubota M. i wsp. Clinical aspects of physical exercise for diabetes/metabolic syndrome. *Diabetes Res. Clin. Pract.* 2007; 77 (supl. 1): 87–91.
31. Sato Y. Practical aspects of exercise therapy for obesity. *JMAJ.* 2005; 48: 59–63.
32. Riddell M.C., Sigal R.J. Physical Activity, Exercise and Diabetes. *Canadian Journal of Diabetes* 2013; 37: 359–360.
33. De Feo P. Is high-intensity exercise better than moderate-intensity exercise for weight loss? *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.* 2013; 23: 1037–1042.
34. Sato Y. Diabetes and life-styles: role of physical exercise for primary prevention. *Br. J. Nutr.* 2000; 84: 187–S190.
35. Cauza E., Hanusch-Enserer U., Strasser B. i wsp. The relative benefits of endurance and strength training on the metabolic factors and muscle function of people with type 2 diabetes mellitus. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 2005; 86: 1527–1533.
36. Misra A., Alappan N.K., Vikram N.K. i wsp. Effect of supervised progressive resistance-exercise training protocol on insulin sensitivity, glycemia, lipids, and body composition in Asian Indians with type 2 diabetes. *Diabetes Care.* 2008; 31: 1282–1287.
37. Sigal R.J., Kenny G.P., Boule N.G. i wsp. Effects of aerobic training, resistance training, or both on glycemic control in type 2 diabetes: a randomized trial. *Ann. Intern. Med.* 2007; 147: 357–369.
38. Di Pietro L., Dziura J., Yeckel C.W. i wsp. Exercise and improved insulin sensitivity in older women: Evidence of the enduring benefits of higher intensity training. *J Appl. Physiol.* 2006; 100: 142–149.
39. Metcalfe R.S., Babraj J.A., Fawcner S.G. i wsp. Towards the minimal amount of exercise for improving metabolic health: beneficial effects of reduced-exertion high-intensity interval training. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2012; 112: 2767–2775.
40. Kujawska-Łuczak M., Pupek-Musialik D. Zasady wysiłku fizycznego w cukrzycy. W: *Rehabilitacja w onkologii i chorobach wewnętrznych.* Akademia Wychowania Fizycznego, Poznań 2012; 72–79.