

David C. Wright, Pamela D. Swan

Optymalny wysiłek fizyczny u chorych z upośledzoną tolerancją glukozy

Optimal exercise intensity for individuals with impaired glucose tolerance

Przedrukowano za zgodą z: *Diabetes Spectrum* 2001, 14, 2, 93–97

STRESZCZENIE

Upośledzona tolerancja glukozy (IGT, *impaired glucose tolerance*) jest stanem przejściowym między normoglikemią a cukrzycą. U co trzeciego nielezonego chorego z powyższym zaburzeniem metabolicznym w ciągu 10 lat rozwinie się cukrzyca typu 2. U pacjentów z IGT uzasadnionym postępowaniem wydaje się wdrażanie metod mających na celu przywrócenie normoglikemii lub hamowanie postępu cukrzycy.

Opublikowane w ostatnim czasie zalecenia *Centers for Disease Control and Prevention* oraz *American College of Sports Medicine* sugerują, że systematyczny wysiłek fizyczny o umiarkowanym natężeniu korzystnie wpływa na stan zdrowia chorych z IGT. Zdaniem autorów powyższych zaleceń każdy Amerykanin w ciągu doby powinien wykonywać wysiłek o umiarkowanym nasileniu trwający w sumie 30 minut. Obecnie obowiązujące zalecenia oparte są głównie na danych epidemiologicznych. Istnieje niewiele danych pochodzących z badań klinicznych, świadczących, że właśnie taki wysiłek istotnie obniża stężenie glukozy. Wydaje się, że konieczny byłby intensywniejszy wysiłek, aby poprawić tolerancję glukozy oraz działanie insuliny. Mimo że wysiłek o większym nasileniu wydaje się kluczem do poprawy homeostazy glukozy, to jednak mógłby powodować mechaniczne i oksydacyjne uszkodzenie prowadzące do przejściowego upośledzenia działania insuliny i tolerancji glukozy. Dlatego też u chorych z IGT optymalny wysiłek fizyczny oznacza wysiłek o wyważonej intensywności.

Copyright © 2001 by *American Diabetes Association, Inc.*
American Diabetes Association nie odpowiada za poprawność tłumaczenia z języka angielskiego.

Diabetologia Praktyczna 2002, tom 3, nr 2, 103–108
 Tłumaczenie: lek. med. Adam Grzybowski
 Wydanie polskie: Via Medica

Słowa kluczowe: wysiłek fizyczny, upośledzona tolerancja glukozy, cukrzyca

ABSTRACT

Impaired glucose tolerance (IGT) is a transitory state between normoglycemia and frank diabetes. One in three individuals with IGT will develop type 2 diabetes within 10 years if left untreated. A strong rationale exists for the implementation of strategies designed to reverse or stabilize the deterioration in glucose homeostasis in individuals with IGT.

Recent physical activity guidelines from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine have suggested that intermittent moderate-intensity exercise is beneficial and can improve the health status of these individuals. Specifically, the guidelines recommend that every American should accumulate 30 min of moderate-intensity physical activity per day.

The current guidelines are based predominantly on epidemiological data, and very little clinical evidence exists that this level of physical activity can significantly improve glycemic status. More intense exercise prescriptions would appear to be needed to improve glucose tolerance and insulin action. Although higher exercise intensity is a key determinant for improvements in glucose homeostasis, it may produce mechanical and oxidative damage that can result in transitory impairments in insulin action and glucose tolerance. Therefore, the optimal exercise intensity for an individual with IGT appears to lie between these two extremes.

Key words: physical activity, impaired glucose tolerance, diabetes

Patogeneza cukrzycy typu 2 nie została w pełni poznana. Wydaje się, że należy wyszczególnić fazy przejściowe między normoglikemią a cukrzycą typu 2. Wspomnianą fazę przejściową określa się mianem upośledzonej tolerancji glukozy (IGT, *impaired glucose tolerance*). Według stanowiska klinicystów z *American Diabetes Association* (ADA) upośledzoną tolerancję glukozy rozpoznaje się, gdy stężenie glukozy na czczo zawiera się pomiędzy 6–7 mmol/l lub 110–125 mg/dl [1].

U 1/3 osób z IGT cukrzyca typu 2 rozwinie się w ciągu 10 lat. Dlatego też uzasadnionym postępowaniem u chorych z powyższym zaburzeniem metabolicznym jest wdrażanie metod poprawiających lub stabilizujących metabolizm węglowodanów. Mimo że dotąd nie wprowadzono szczegółowych zaleceń, wysiłek fizyczny jest często stosowaną metodą leczenia podwyższonej glikemii w początkowym okresie terapii. W ostatnim czasie opublikowano stanowisko *American College of Sports Medicine* (ACSM), *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC) oraz *Surgeon General* (SG) dotyczące częstości i intensywności ćwiczeń fizycznych stosowanych w celu poprawy stanu zdrowia [2]. Szczególnie podkreślano, że każdy Amerykanin powinien przez większość dni w tygodniu, a najlepiej codziennie, w ciągu doby wykonywać wysiłek fizyczny o umiarkowanym nasileniu przynajmniej przez 30 minut. Za wysiłek o umiarkowanym nasileniu uznano na przykład szybki marsz z prędkością 5–7 km/h, pracę w ogrodzie oraz ogólne prace domowe. Z klinicznego punktu widzenia, według powyższych nowych zaleceń umiarkowany wysiłek definiowany jest jako wysiłek, podczas którego zużycie tlenu wynosi 3–6 METS (*metabolic equivalents*), czyli około 11–21 ml O₂/kg/min. Zalecenia te opierają się przede wszystkim na danych epidemiologicznych sugerujących, że u osób stosujących 30-minutowy umiarkowany wysiłek w ciągu dnia wskaźniki chorobowości i umieralności są niższe niż w grupie osób z nieaktywnym trybem życia. Leon i wsp. [3] zbadali związek między aktywnością fizyczną w czasie wolnym od pracy a ryzykiem zgonu z powodu choroby wieńcowej oraz śmiertelnością ogólną u mężczyzn w wieku średnim. Po 7-letniej obserwacji stwierdzono, że częstość zgonu z powodu choroby wieńcowej oraz zgonu bez względu na przyczynę w grupie osób z umiarkowaną aktywnością fizyczną stanowiły odpowiednio 63% i 70% w odniesieniu do grupy z niskim poziomem aktywności. Wykazano, że aktywność fizyczna w sposób naturalny miała charakter przerywany. W pracy Leona i wsp. [3–6] przedstawiono odwrotną liniową zależność między aktywnością fizyczną a chorobowością.

Wiele danych epidemiologicznych potwierdza celowość zalecania umiarkowanej, przerywanej aktywności fizycznej. Jednak istnieje niewiele danych klinicznych potwierdzających korzystny wpływ umiarkowanego wysiłku fizycznego na normalizację glikemii. Wydaje się, że wysiłek fizyczny intensywniejszy niż zalecany przez powyżej wymienione towarzystwa, przynosi pacjentom z IGT większe korzyści. Zjawisko to wynika częściowo ze zwiększonej utylizacji glukozy. Im intensywniejszy wysiłek fizyczny, tym większe zużycie glikogenu mięśniowego jako źródła energii [7].

W badaniach przeprowadzonych zarówno na modelach zwierzęcych, jak i wśród ludzi wykazano, że zwiększone zużycie glikogenu jest jednym z istotnych czynników zwiększających działanie insuliny po zakończeniu ćwiczeń [8–12]. Powysiłkowe nasilenie działania insuliny jest konieczne do odtworzenia glikogenu mięśniowego.

Za powysiłkowe zwiększenie siły działania insuliny odpowiadają prawdopodobnie zmiany w obrębie białka GLUT 4 — białka wewnątrzkomórkowego, które przemieszcza się w kierunku błony komórkowej pod wpływem insuliny oraz bodźców nieinsulinowych, takich jak hipoksja lub aktywność skurczowa komórki. Białko to umożliwia transport bierny glukozy do wnętrza komórki przez tak zwaną dyfuzję ułatwioną [8]. Wysiłek zwiększa prawdopodobnie nie tylko liczbę cząstek GLUT 4 w błonie komórkowej, ale również jego wewnętrzną aktywność. Im większy wykonywany wysiłek fizyczny, tym większe zużycie glikogenu mięśniowego oraz w efekcie większe powysiłkowe stężenie GLUT 4. Prowadzi to do aktywacji transportu przezbłonowego, wzrostu siły działania insuliny i poprawy tolerancji glukozy.

Krótkotrwały wysiłek fizyczny

Wcześniej uważano, że poprawa glikemii podczas terapii wysiłkiem i dietą wiąże się z indukowanym przez trening zmniejszeniem masy ciała oraz zwiększeniem przemiany tlenowej. Wykazano jednak, że już po tygodniu trwania treningu pojawia się niezależna od zmniejszania masy ciała poprawa tolerancji glukozy.

Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że przynajmniej część korzystnych zmian w powysiłkowym metabolizmie glukozy wynika z kumulacji efektów działania niedawno odbytych sesji treningowych. W ostatnim czasie kilku badaczom udało się wykazać, że w populacji osób otyłych i z IGT wysiłek trwający dłużej niż 50 minut na poziomie około 70–75% rezerwy tętna maksymalnego (MHRR, *maximum heart rate reserve*) przez 7 kolejnych dni może poprawić wrażliwość tkanek na insulinę i tolerancję glukozy o 35% [13–15].

Niepublikowane wyniki badań przeprowadzonych w laboratorium autorów (*Arizona State University*) wskazują, że wysiłek fizyczny jest kluczowym czynnikiem poprawiającym działanie insuliny, określonym na podstawie zmodyfikowanego testu tolerancji glukozy. W grupie pacjentów z IGT wykonywanie ćwiczeń fizycznych na poziomie 70–75% MHRR, trwających 30 minut, przez 7 kolejnych dni zaowocowało 36-procentową poprawą działania insuliny. Trwająca również tydzień sesja ćwiczeń o umiarkowanym nasileniu nie przyniosła jednak tak dobrych rezultatów.

Kolejne dowody na znaczenie intensywności wysiłku dostarczyły badania Kanga i wsp. [14]. W pracach tych porównano korzyści wynikające ze stosowania wysiłku intensywnego oraz mało intensywnego w warunkach jednakowego kosztu energetycznego obu rodzajów wysiłku (wysiłek eukaloryczny).

Stwierdzono, że poprawa działania insuliny była istotnie większa po zastosowaniu intensywnego wysiłku. Wysiłek mniej intensywny, chociaż trwający dłużej i w efekcie prowadzący do identycznego obciążenia energetycznego, nie spowodował równie istotnej poprawy metabolizmu glukozy u osób otyłych. Zatem intensywniejszy wysiłek wykonywany systematycznie w krótkim czasie korzystnie wpływa na działanie insuliny oraz tolerancję glukozy. Wydaje się, że model ćwiczeń fizycznych zgodny z aktualnymi zaleceniami nie przynosi istotnych korzyści pod względem metabolizmu glukozy po pierwszym tygodniu ćwiczeń. Obecnie obowiązujących zaleceń nie opracowano, aby radykalnie wpływać na czynniki patofizjologiczne związane z homeostazą glukozy. Powyższe zalecenia mają znaczenie w działaniu prewencyjnym. Długookresowe stosowanie przerywanego wysiłku o umiarkowanym nasileniu może zmniejszyć częstość cukrzycy, otyłości oraz innych schorzeń związanych z niewłaściwym trybem życia.

Długotrwały wysiłek fizyczny

W wielu badaniach, w których wysiłek stosowano w długim czasie, wykazano istotne zmniejszenie masy ciała oraz poprawę homeostazy glukozy [16–18]. Celem powyższych badań nie była jednak odpowiedź na pytanie, czy poprawa stanu metabolizmu glukozy jest wynikiem bezpośredniego wpływu ćwiczeń fizycznych, czy też raczej uzyskanego spadku masy ciała. Innymi słowy, nie wiadomo do tychczas, czy to wysiłek jest czynnikiem sprawczym stwierdzanej poprawy, czy „produkt pośredni”, czyli zmniejszenie masy ciała. Efekt hipoglikemiczny niezwiązany z redukcją masy ciała, uzyskany podczas wykonywania krótkotrwałego, intensywnego wysił-

ku fizycznego może sugerować, że podczas długotrwałych wysiłków początkowa poprawa działania insuliny jest wynikiem wywołanej wysiłkiem adaptacji niezależnej od redukcji masy ciała, a efekt długoterminowy jest sumą wspomnianej adaptacji oraz redukcji masy ciała.

Wysiłek fizyczny to często stosowana metoda obniżenia masy ciała. Im bardziej intensywny wysiłek, tym większy jego koszt energetyczny. Ponadto, wraz ze wzrostem intensywności wysiłku rośnie również powysiłkowa przemiana materii. Po zaprzestaniu wykonywania wysiłku poziom przemian metabolicznych pozostaje zatem podwyższony, co zwiększa wydatek energetyczny. Zwiększając intensywność wysiłku, można zatem podnieść wydatek energetyczny również po jego zaprzestaniu. Dzięki wyżej wymienionym mechanizmom wysiłek wpływa na stan glikemii organizmu zarówno w sposób „ostry”, czyli niezależnie od redukcji masy ciała, jak i „przewlekły”, czyli przez zwiększenie dobowego wydatku energetycznego i następcze zmniejszenie masy ciała obecną przy ujemnym bilansie energetycznym.

Aktualnie ACSM, CDC i SG stoją na stanowisku, że przy wysiłku fizycznym o umiarkowanym nasileniu trwającym w sumie 30 minut w ciągu doby, dobowy wydatek energetyczny ulega zwiększeniu o 150–200 kcal. Nie wydaje się, aby wykonywanie wysiłku o takim natężeniu przez dłuższy czas mogło zaowocować istotnym zmniejszeniem masy ciała, jeżeli nie towarzyszą mu zmiany w stosowanej diecie.

Jak dotąd przeprowadzono niewiele badań oceniających wpływ długoterminowego, przerywanego wysiłku o umiarkowanej intensywności na tolerancję glukozy i wrażliwość na insulinę. Snyder i wsp. [19] donieśli, że po 32-tygodniowym stosowaniu przerywanego wysiłku o umiarkowanej intensywności (po 10 min ćwiczeń 3 × dziennie przez 5 dni w tygodniu, 50–65% MHRR) stężenie glukozy oraz insuliny na czczo nie ulegają istotnej zmianie. Donnelly i wsp. [20] wykazali, że u kobiet z umiarkowaną otyłością oraz podwyższonym w niewielkim stopniu stężeniem glukozy na czczo, po 18-miesięcznym programie ćwiczeń fizycznych (2 × dziennie po 15 min przez 5 dni w tygodniu, 50–65% MHRR) pole pod krzywą insuliny w doustnym teście tolerancji glukozy (OGTT, *oral glucose tolerance test*) zmniejszyło się istotnie. Zgodnie z oczekiwaniami po 18-miesięcznym treningu nie doszło do istotnych zmian masy ciała, co sugeruje, że poprawa działania insuliny wystąpiła niezależnie od zmiany tego parametru.

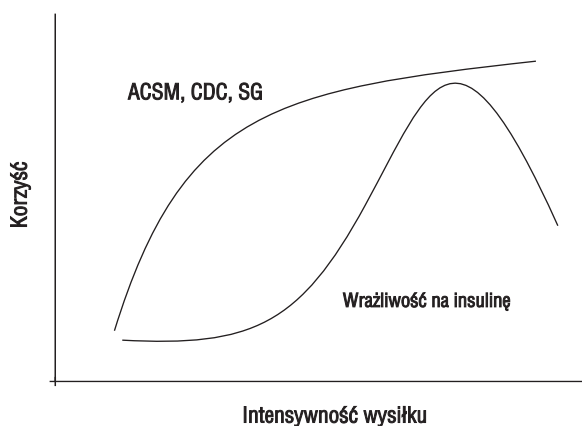
Powyższe wyniki wskazują, że stosowanie się do zaleceń ACSM oraz CDC może prowadzić do

poprawy działania insuliny. Należy jednak zauważyć, że w badaniu Donnelly'ego i wsp. [20] wysiłek był znacznie intensywniejszy niż podawany w aktualnych zaleceniach.

Niewielki materiał naukowy wskazuje na prawdziwość tezy, że przerywany wysiłek o umiarkowanym nasileniu jest optymalny do poprawy homeostazy stężenia glukozy. Zanim zostanie opublikowane nowe, obowiązujące stanowisko dotyczące skuteczności poszczególnych form wysiłku fizycznego u chorych z IGT, należy zakończyć prowadzone długoterminowe badania, w których zastosowano nowe schematy treningu określone przez ACSM, CDC oraz inne organizacje.

Badania przeprowadzone z zastosowaniem zarówno krótko-, jak i długoterminowego wysiłku fizycznego wskazują, że pierwotnym czynnikiem wpływającym na zmiany działania insuliny jest intensywność wysiłku. Im bardziej nasilony bodziec wysiłkowy, tym większy efekt krótkoterminowy. Ponadto intensywniejszy wysiłek owocuje zwiększeniem wydatku energetycznego, co zwiększa prawdopodobieństwo zmniejszenia masy ciała w dłuższym okresie. Związek między intensywnością wysiłku a wynikającymi z jego stosowania korzyściami można przedstawić w postaci krzywej (ryc. 1).

Według stanowiska ACSM oraz CDC największe względne korzyści zdrowotne można osiągnąć, rezygnując z biernego trybu życia na rzecz umiarkowanej aktywności fizycznej. Według najnowszych doniesień u chorych z IGT wdrożenie schematu treningowego z intensywniejszym wysiłkiem może znacznie zwiększyć siłę działania insuliny.



Rycina 1. Krzywa obrazująca związek pomiędzy intensywnością wysiłku a korzyściami zdrowotnymi według ACSM, CDC oraz SG oraz hipotetyczna krzywa opisująca relację między intensywnością wysiłku a siłą działania insuliny u chorych z upośledzoną tolerancją glukozy

Przeciwwskazania

Badania naukowe nad zastosowaniem zarówno krótko-, jak i długoterminowego wysiłku fizycznego u chorych z zaburzonym metabolizmem węglowodanów wykazały, że zastosowanie ćwiczeń fizycznych o stosunkowo dużej intensywności poprawia siłę działania insuliny oraz tolerancję glukozy. Wdrożenie intensywniejszych ćwiczeń ($> 75\% \text{VO}_{2\text{max}}$) może jednak prowadzić do przejściowego zaburzenia działania insuliny.

Zdaniem niektórych badaczy, za wspomniane powysiłkowe osłabienie działania insuliny może odpowiadać kilka mechanizmów. King i wsp. [21] wykazali, że po zakończeniu 5-dniowego cyklu treningowego (45 min dziennie, $73\% \text{VO}_{2\text{max}}$) w teście OGTT, przeprowadzonym bezpośrednio po zakończeniu wysiłku, stężenia glukozy i insuliny były podwyższone w stosunku do wartości wyjściowych. Według autorów zjawisko osłabienia tolerancji glukozy mogło wynikać ze zwiększenia stężenia hormonów działających antagonistycznie względem insuliny (katecholamin). Stężenie wolnych kwasów tłuszczowych, oznaczone równocześnie z OGTT bezpośrednio po zakończeniu wysiłku, było istotnie wyższe niż stężenie zmierzone następnego dnia. Wyniki te sugerują, że środowisko hormonalne powstające po intensywnym wysiłku fizycznym przyczynia się do zmniejszenia tolerancji glukozy.

Organizm ludzki w warunkach fizjologicznych produkuje wolne rodniki tlenowe (O_2^- , NO^- itp.), które są produktami metabolizmu tlenowego. Są to wysoce reaktywne molekuły lub części molekuł, które intensywnie utleniają różne rodzaje tkanek, zwłaszcza lipidy błon komórkowych [22]. Utlenienie lipidów błon komórkowych prowadzi do serii reakcji, zachodzących w obrębie błony, nazywanych peroksydacją lipidów. W efekcie w błonie komórkowej dochodzi do zmian strukturalnych, mogących hamować funkcję komórki.

Podczas intensywnego wysiłku powstaje duża liczba wolnych rodników tlenowych, co może prowadzić do oksydacyjnego uszkodzenia tkanek. Badania przeprowadzone w laboratorium autorów wykazały, że suplementacja antyoksydacyjnej witaminy E redukuje zaburzenia tolerancji glukozy spowodowane intensywnymi ćwiczeniami fizycznymi (dane niepublikowane).

Udostępniono materiał naukowy wskazujący, że przejściowe IGT wywołane intensywnym wysiłkiem jest wynikiem zarówno wzrostu stężenia hormonów działających antagonistycznie w stosunku do insuliny, jak i nasilenia tworzenia wolnych rodników tlenowych. Według niektórych źródeł, upośledzona tolerancja glukozy występująca po inten-

sywnym wysiłku może się wiązać z ekcentrycznymi skurczami mięśni, czyli skurczami wywołanymi rozciąganiem obciążonego mięśnia. W przypadku zbiegania ze wzniesienia [23] i treningu wytrzymałościowego [24] wykazano spadek wrażliwości tkanek na insulinę bezpośrednio po wysiłku oraz wzrost stężenia kinazy kreatynowej — wskaźnika uszkodzenia mięśni. Schell i wsp. [25] wykazali, że odpowiedź insuliny po obciążeniu glukozą była istotnie większa po pojedynczej sesji treningu wytrzymałościowego niż po pojedynczej sesji biegania na bieżni. Powyższe wyniki wskazują, że uszkodzenie ekcentryczne mięśni, związane z treningiem wytrzymałościowym, prowadzi do osłabienia działania insuliny.

Intensywność wysiłku determinuje w największym stopniu odpowiedź organizmu w zakresie metabolizmu glukozy na cykl treningu fizycznego. Jeżeli jest zbyt niska, nie udaje się uzyskać maksymalnych korzyści. Z kolei bardzo intensywny wysiłek może prowadzić do przejściowego upośledzenia tolerancji glukozy i zmniejszać korzyści uzyskane dzięki zastosowaniu aktywności fizycznej.

Zalecany wysiłek

Cukrzyca typu 2 może się wiązać z wieloma schorzeniami, które stanowią przeciwwskazanie do wykonywania ćwiczeń fizycznych. U osób z IGT schorzenia te na ogół jeszcze nie występują. Uzasadnione jest zalecanie stosunkowo intensywnego wysiłku u osób bez schorzeń współistniejących, stanowiących przeciwwskazanie.

Według hipotezy autorów 7-dniowy cykl ćwiczeń fizycznych może prowadzić do istotnego zwiększenia wrażliwości tkanek na insulinę. Jednak z punktu widzenia planowania wysiłku zalecanie wykonywania ćwiczeń codziennie, zwłaszcza w początkowym okresie, może spowodować, że pacjenci będą się do tych zaleceń stosować w niepełnym zakresie. Opracowując każdą część składową planu ćwiczeń (częstotliwość, intensywność, czas i rodzaj wysiłku), należy uwzględnić stan zdrowia, cel oraz indywidualną sytuację chorego.

Częstotliwość ćwiczeń

Na początku programu ćwiczeń, zwłaszcza w przypadku intensywnego treningu, należy uwzględnić występowanie powysiłkowych bólów mięśni. Koniecznie trzeba zapewnić wystarczające przerwy pomiędzy sesjami ćwiczeń w celu regeneracji mięśni. Jest to ważne nie tylko z fizjologicznego, ale również z psychologicznego punktu widzenia. Początkowo należy zalecać ćwiczenia 3 lub 4 razy w tygodniu z 24-godzinną przerwą między poszczególnymi sesjami.

Intensywność ćwiczeń

Jak już wspomniano wcześniej, intensywność wysiłku jest podstawowym czynnikiem determinującym poprawę wrażliwości tkanek na insulinę. Intensywność wysiłku można wyrażać w postaci procentowej wartości tętna maksymalnego lub MHRR. Należy wówczas zademonstrować choremu, jak przeprowadzić pomiar tętna spoczynkowego i wysiłkowego. Dużym, choć niekiedy zbyt drogim, ułatwieniem w obciążeniu natężenia wysiłku może być zastosowanie monitorów częstości akcji serca. Podczas wykonywania wysiłku częstość akcji serca powinna zawierać się pomiędzy 70–75% częstości maksymalnej.

Czas wysiłku

Powinna istnieć ścisła zależność między intensywnością wysiłku a czasem jego trwania. Im większe natężenie wysiłku, tym krócej powinien on trwać, i odwrotnie. Sesja powinna trwać 30–60 minut. Jeżeli chory nie może wykonywać ciągłego 30-minutowego wysiłku, należy zalecić krótką przerwę, a następnie kontynuować ćwiczenia.

Rodzaj wysiłku

Podczas wysiłku powinny pracować duże grupy mięśniowe. Dobrymi przykładami zalecanego wysiłku są: wchodzenie po schodach, spacerowanie, bieganie oraz jazda na rowerze stacjonarnym. Szczególnie przydatne są ruchome bieżnie umożliwiające kontrolę intensywności wysiłku poprzez regulację prędkości i nachylenia bieżni.

Sugestie dotyczące aspektów praktycznych i motywacji

Niektóre osoby z IGT, rozpoczynając program ćwiczeń, mogą być onieśmiałe lub odczuwać lęk. Stosuje się kilka technik, które mogą podnieść motywację i utrzymać zainteresowanie programem ćwiczeń. Wzrost wrażliwości na insulinę oraz poprawa tolerancji glukozy występują bardzo szybko i są niezależne od redukcji masy ciała. Chory niemal na samym początku programu może otrzymać pozytywnie motywujący impuls. Wykonanie OGTT lub innych badań oceniających tolerancję glukozy oraz wrażliwość na insulinę może być zbyt czasochłonne. Wystarczy dokonać pomiaru glukozy na czczo z krwi pobranej z palca, aby chory otrzymał bodziec motywujący. Kolejnym narzędziem, stosowanym w celu podniesienia motywacji oraz utrzymania zainteresowania treningiem, jest umożliwienie wyboru pomiędzy kilkoma rodzajami ćwiczeń fizycznych. Im więcej dostępnych form treningu, tym większe prawdopodobieństwo, że pacjent znajdzie tę, która mu odpowiada.

Podsumowanie

W zaleceniach CDC, ACSM oraz SG propagują zastosowanie przerywanego wysiłku o umiarkowanym nasileniu, co uzasadniają wyniki badań epidemiologicznych. U osób podejmujących umiarkowany wysiłek w sumie przez 30 minut dziennie, przez większość lub wszystkie dni w tygodniu, wskaźniki umieralności i zachorowalności są niższe niż u osób nieaktywnych. Jeżeli powyższe zalecenia będą spełniane długoterminowo od odpowiednio młodego wieku, pacjenci będą odnosić korzyści związane z profilaktycznym wpływem aktywności fizycznej.

Przeprowadzone badania kliniczne z zastosowaniem wysiłku długo- i stosunkowo krótkotrwałego nie potwierdziły skuteczności powyższych zaleceń jako narzędzia rehabilitacyjnego. Wykazano, że długo- i stosunkowo krótkotrwały wysiłek, powodujący przyspieszenie tętna do wartości przekraczającej 70% tętna maksymalnego, zwiększa wrażliwość tkanek na insulinę bardziej niż zalecana przerywana aktywność fizyczna o umiarkowanej intensywności.

U chorych na cukrzycę typu 2 intensywny wysiłek może być przeciwwskazany z uwagi na współistnienie wielu schorzeń. U pacjentów z IGT zwykle nie ma przeciwwskazań i w takiej sytuacji zaleca się wdrożenie intensywnego programu ćwiczeń.

PIŚMIENICTWO

- American Diabetes Association: Diabetes Facts and Figures, 1997. The Dangerous Toll of Diabetes. Online: <http://www.diabetes.org/ada/c20f.asp>
- Pate R.R., Pratt M., Blair S.N. i wsp.: Physical activity and public health: a recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. *JAMA* 1995; 273: 402–407.
- Leon A.S., Connett J., Jacobs D.R., Rauramaa R.: Leisure time physical activity levels and risk of coronary heart disease and death: the Multiple Risk Factor Intervention Trial. *JAMA* 1987; 258: 2388–2395.
- Lee I.M., Paffenbarger R.S., Hsieh C.C.: Physical activity and risk of developing colorectal cancer among college alumni. *J. Natl. Cancer. Inst.* 1991; 83: 1324–1329.
- Mayer-Davis E.J., D'Agostino R., Karter A.J. i wsp.: Intensity and amount of physical activity in relation to insulin sensitivity: The Insulin Resistance Atherosclerosis Study. *JAMA* 1998; 279: 669–674.
- Paffenbarger R.S., Hyde R.T., Wing A.L., Hsieh C.C.: Physical activity, all cause mortality, and longevity of college alumni. *N. Engl. J. Med.* 1986; 314: 605–613.
- Romijn J.A., Coyle E.F., Sidossis L.S. i wsp.: Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity and duration. *Am. J. Physiol.* 1993; 265: E380–E390.
- Douen A.G., Ramlal T., Cartee G.D., Klip A.: Exercise modulates the insulin-induced translocation of glucose transporters in rat skeletal muscle. *FEBS Lett* 1990; 261: 256–260.
- Garetto L.P., Richter E.A., Goodman M.N., Ruderman N.B.: Enhanced muscle glucose metabolism after exercise in the rat: the two phases. *Am. J. Physiol.* 1984; 246: E471–E475.
- Hayashi T., Wojtaszewski J.F.P., Goodyear L.J.: Exercise regulation of glucose transport in skeletal muscle. *Am. J. Physiol.* 1997; 273: E1039–E1051.
- Wojtaszewski J.F.P., Hansen B.F., Gade J. i wsp.: Insulin signaling and insulin sensitivity after exercise in human skeletal muscle. *Diabetes* 2000; 49: 325–331.
- Bogardus C., Thuillez P., Ravussin E., Vasquez B.: Effect of muscle glycogen depletion on *in vivo* insulin action in man. *J. Clin. Invest.* 1983; 72: 1605–1610.
- Brown M.D., Moore G.E., Korytkowski M.T., McCole S.D., Hagberg J.M.: Improvement of insulin sensitivity by short-term exercise training in hypertensive African American women. *Hypertension* 1997; 30: 1549–1553.
- Kang J., Robertson R.J., Hagberg J.M. i wsp.: Effect of exercise intensity on glucose and insulin metabolism in obese individuals and obese NIDDM patients. *Diabetes Care* 1996; 19: 341–349.
- Rogers M.A., Yamamoto C., King D.S., Hagberg J.M., Ehsani A.A., Holloszy J.O.: Improvement in glucose tolerance after 1 week of exercise in patients with mild NIDDM. *Diabetes Care* 1988; 11: 613–618.
- Kelley D.E., Wing R., Buonocore C., Sturis J., Polonsky K., Fitzsimmons M.: Relative effects of calorie restriction and weight loss in non-insulin dependent diabetes mellitus. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 1993; 77: 1287–1293.
- Reitman J.S., Vasquez B., Klimes I., Nagulesparan M.: Improvement of glucose homeostasis after exercise training in non-insulin dependent diabetes. *Diabetes Care* 1984; 7: 434–441.
- Weinstock R.S., Huiliang D., Wadden T.A.: Diet and exercise in the treatment of obesity: effects of 3 interventions on insulin resistance. *Arch. Intern. Med.* 1998; 158: 2477–2483.
- Snyder K.A., Donnelly J.E., Jacobsen D.J., Hertner G., Jakicic J.M.: The effects of long term, moderate intensity, intermittent exercise on aerobic capacity, body composition, blood lipids, insulin and glucose in overweight females. *Int. J. Obes.* 1997; 21: 1180–1189.
- Donnelly J.E., Jacobsen D.J., Heelan K.S., Seip R., Smith S.: The effects of 18 months of intermittent vs. continuous exercise on aerobic capacity, body weight and composition, and metabolic fitness in previously sedentary, moderately obese females. *Int. J. Obes.* 2000; 24: 566–572.
- King D.S., Baldus P.J., Sharp R.L., Kesl L.D., Feltmeyer T.L., Riddle M.S.: Time course for exercise induced alterations in insulin action and glucose tolerance in middle-aged people. *J. Appl. Physiol.* 1995; 78: 17–22.
- Jacob R.A., Burri B.J.: Oxidative damage and defense. *Am. J. Clin. Nutr.* 1996; 63: 985S–990S.
- Sherman W.M., Lash J.M., Simonsen J.C., Bloomfield S.A.: Effects of downhill running on the responses to an oral glucose challenge. *Int. J. Sport. Nutr.* 1992; 3: 251–259.
- King D.S., Feltmeyer T.L., Baldus P.J., Sharp R.L., Nespor J.: Effects of eccentric exercise on insulin secretion and action in humans. *J. Appl. Physiol.* 1993; 75: 2151–2156.
- Schell T.C., Wright G., Martino P., Ryder J., Craig B.W.: Post-exercise glucose, insulin, and C-peptide responses to carbohydrate supplementation: running vs. resistance exercise. *J. Strength. Cond. Res.* 1999; 13: 372–380.