

Dr hab. inż. Hanna KOWALSKA

Prof. dr hab. Andrzej LENART

Dr hab. inż. Agata MARZEC

Dr hab. inż. Jolanta KOWALSKA

Mgr inż. Kinga SAMBORSKA

Inż. Magdalena Anna ŻEBROWSKA

Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, Wydział Nauk o Żywności

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

WYKORZYSTANIE PRODUKTÓW PROZDROWOTNYCH I SUPLEMENTÓW DIETY W INSULINOOPORNOŚCI®

The use of pro-healthy products and dietary supplements in insulin resistance®

Badania wspierane finansowo z dotacji MNiSW na działalność statutową Wydziału Nauk o Żywności, Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Słowa kluczowe: insulino-oporność, suplementy diety, produkty o właściwościach prozdrowotnych.

Przeprowadzono ankietę wśród osób ze zdiagnozowaną insulinoopornością. W badaniach brało udział 60 respondentów. Wykazano, że 90% osób spożywa suplementy diety / produkty o właściwościach prozdrowotnych. Ponadto 62% badanych przyznało, że suplementacja przyniosła korzystne zmiany w ich organizmie, a 20% zauważyło wyraźne zmniejszenie objawów insulinooporności. W przypadku stosowania produktów o właściwościach prozdrowotnych 33% badanych zauważyło korzystne zmiany w organizmie wynikające z ich spożywania, a u 10% osób zmniejszenie insulinooporności. Właściwie skomponowana dieta połączona z aktywnością fizyczną jest najbardziej skuteczną w walce z insulinoopornością i obroną przed wystąpieniem cukrzycy typu 2.

Key words: insulin resistance, dietary supplements, pro-healthy products.

An internet survey was conducted among people with diagnosed insulin resistance. 60 people participated in the study. The research shows that 90% of people take dietary supplements / pro-healthy products. In addition, 62% of respondents admitted that supplementation had beneficial changes in their body, and 20% noted a marked reduction in insulin resistance. With the use of pro-health products, 33% persons noticed beneficial changes in the body resulting from their consumption and in 10% were reduced insulin resistance.

Properly formulated diet combined with physical activity is the most effective against insulin resistance and type 2 diabetes.

WSTĘP

Zaburzenia metaboliczne wynikające ze złego odżywiania ludzi obserwowane są coraz częściej. W biegu codziennego życia konsumenci nie zwracają uwagi na wielkość i skład posiłków. Ważne jest wdrażanie odpowiednich nawyków żywieniowych już od najmłodszych lat.

Insulinooporność (IO) to stan obniżonej wrażliwości tkanek na działanie insuliny, mimo prawidłowego lub podwyższonego stężenia glukozy we krwi [35]. Wobec braku reakcji tkanek na działanie insuliny, której głównym zadaniem jest kontrola stężenia glukozy, wzrasta bądź utrzymuje się również wysokie stężenie tego hormonu. W rezultacie tkanki stają się coraz bardziej odporne na działanie insuliny. Do tej pory nie rozpoznano czynników wywołujących to zjawisko. Wśród hipotez wyjaśniających przyczyny IO wymienia się gromadzenie lipidów w komórkach mięśni i wątroby oraz

w adipocytach (komórkach tkanki tłuszczowej) i rozwijający się lokalnie chroniczny stan zapalny powodowany przerośnięciem tkanki tłuszczowej [36]. Rozwijającej się insulinooporności towarzyszą nie tylko zaburzenia metaboliczne, ale także wiele innych schorzeń, m.in. choroby układu sercowo-naczyniowego, udar mózgu, stłuszczenie wątroby, zespół policystycznych jajników (PCOS), a także choroba Alzheimera [36]. Jedną z najpoważniejszych konsekwencji ignorowania IO jest cukrzyca typu 2. Według szacunków Międzynarodowej Federacji Diabetologicznej (IDF, *International Diabetes Federation*) w 2013 roku na cukrzycę chorowało 382 miliony ludzi, a zgodnie z przewidywaniami do 2035 roku, liczba chorych wzrośnie do 592 milionów [51].

Postęp w medycynie wskazuje coraz nowsze metody leczenia [24], które pozwalają lepiej kontrolować stężenie glukozy we krwi (glikemia) bądź zatrzymują postęp choroby. Trwają badania nad genetycznym przeprogramowaniem

Adres do korespondencji – Corresponding author: Hanna Kowalska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Nauk o Żywności, Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, ul. Nowoursynowska 159c, 02-776 Warszawa, e-mail: hanna_kowalska@sggw.pl

ludzkich komórek [24], a także możliwością zastosowania hormonu batatofiny [51]. Istnieje prawdopodobieństwo, że iniekcja tego hormonu raz w miesiącu, a nawet raz w roku, pozwoli utrzymać aktywność komórek b trzustki, a tym samym zapewni regulację zawartości glukozy w osoczu na poziomie odpowiadającym codziennej terapii insuliną. Innym sposobem jest próba wytwarzania komórek produkujących insulinę z komórek macierzystych lub przeprogramowanie komórek trzustki [26, 51]. Obok zabiegów medycznych i środków farmakologicznych niezwykle ważna jest troska o wielkość i skład posiłków oraz aktywność fizyczną [43].

Spożywanie odpowiednio skomponowanych posiłków w połączeniu z suplementami diety / produktami zawierającymi składniki prozdrowotne, jak antyoksydanty i niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe, głównie ze względu na ich właściwości przeciwutleniające i przeciwzapalne, może okazać się bardzo korzystne. Niektóre źródła donoszą, że w niedalekiej przyszłości dieta zastąpi działania farmakologiczne i wpłynie na całkowite wyleczenie z wielu dolegliwości.

Insulinooporność i zespół metaboliczny

Insulinooporność (IO), często omawiana w kontekście zespołu metabolicznego (ZM), to schorzenie związane z obniżoną wrażliwością komórek na działanie insuliny w surowicy krwi [35]. Od strony fizjologicznej profil insulinemii u osób zdrowych, w odpowiedzi na posiłki, objawia się pikami insuliny wydzielanej przez trzustkę. Każdy pokarm stymuluje trzustkę do pracy. Długie przerwy między posiłkami powodują większy głód i spożycie większego posiłku, stąd większy tzw. wyrzut insuliny niż w przypadku przerw krótszych, gdzie poziom glukozy i insuliny jest utrzymywany na względnie stałym poziomie. Jeśli we krwi brakuje insuliny, lub gdy nie działa ona w organizmie efektywnie, poziom cukru po spożyciu posiłku podnosi się do wartości niebezpiecznej dla zdrowia – powyżej 135 mg% [6, 33]. Organizm kompensuje IO wytwarzaniem większych ilości insuliny. Zwiększone wydzielanie insuliny prowadzi do hiperinsulinemii i nadmiernej stymulacji tkanek, które pozostają wrażliwe na działanie hormonu. Zarówno glukoza, jak i insulina są konieczne w prawidłowym funkcjonowaniu organizmu. Szkodliwy jest jednak ich nadmiar.

Insulina jest anabolicznym hormonem białkowym wytwarzanym przez komórki β trzustki. Jej zadaniem jest regulowanie/obniżanie poziomu cukru we krwi, ale też umożliwienie wnikania cząsteczek glukozy do wnętrza komórek, głównie mięśniowych. Nadmiar glukozy kumulowany jest w komórkach tłuszczowych, gdzie z postaci glikogenu może zamieniać się w energię lub przy nadmiernym spożyciu węglowodanów w tkankę tłuszczową. Sygnałem do wytworzenia insuliny jest zwiększenie stężenia glukozy we krwi po posiłku [16]. Jej poziom rośnie, po około godzinie osiąga maksimum, a po 2 godzinach spada do poziomu wyjściowego. Następnie uaktywnia się drugi hormon trzustki, glukagon, o działaniu przeciwnym do insuliny. Wówczas możliwe jest spalanie tłuszczu [25]. Jeśli poziom glukozy utrzymuje się na wysokim poziomie, komórki stają się niewrażliwe na działanie insuliny, dlatego następuje nadprodukcja. Nadmiar tego hormonu ma niekorzystne konsekwencje dla organizmu, m.in. zwolnienie metabolizmu i w konsekwencji nadwagę. Dlatego spożywanie zbyt dużej ilości pokarmu, w tym o wysokim indeksie glikemicznym, połączone z brakiem aktywności

fizycznej, powoduje nadmierne stężenie glukozy we krwi i wydzielanie insuliny, a w konsekwencji magazynowanie tłuszczu w organizmie, który wiąże się ze zmniejszeniem wrażliwości komórek na insulinę [16, 36]. Następuje również zaburzenie metabolizmu lipidów na poziomie komórkowym, zmniejszenie ilości frakcji HDL cholesterolu, białek oraz zaburzeń mitogennego działania insuliny [16].

Insulina odgrywa więc ważną rolę w dążeniu do stabilności stężenia glukozy (homeostazy), a także lipidów i magazynowania energii. Zbyt niskie stężenie glukozy we krwi powoduje hipoglikemię, a zbyt wysokie hiperglikemię, która zazwyczaj jest związana z niedoborem samego hormonu insuliny, znana pod nazwą cukrzycy [30].

Zespół metaboliczny (ZM) jest kompleksem powiązanych ze sobą czynników ryzyka, które powodują choroby sercowo-naczyniowe i cukrzycę. Czynniki te występują częściej razem niż osobno mimo, że dotyczą różnych aspektów [1]. U pacjentów z ZM ryzyko wystąpienia chorób układu krążenia jest dwukrotnie wyższe, a wystąpienie cukrzycy wzrasta pięciokrotnie w stosunku do innych pacjentów. Dlatego ważna jest wczesna diagnoza i zapobieganie rozwojowi tych chorób [1]. W 2005 r. w Berlinie Międzynarodowa Federacja Cukrzycowa (IDF) opracowała kryteria pomocne w rozpoznawaniu pacjentów z zespołem metabolicznym. Najważniejszym parametrem jest wskaźnik talia-biodro (WHR, *waist to hip ratio*), który oznacza proporcje obwodu w talii do obwodu w biodrach, różnicując otyłość typu męskiego i żeńskiego (andoidalna i gynoidalna). Obwód talii (otyłość brzuszna) nie jest jednoznaczny z diagnozą, ale powinien być sygnałem do wykonania odpowiednich badań [1]. Często notuje się również zwiększone stężenie trójglicerydów, zaniżone wartości stężenia cholesterolu i jego frakcji HDL, wysokie ciśnienie tętnicze oraz stan przedcukrzycowy (wartość glukozy na czczo oscylująca wokół górnej granicy poziomu zdrowego człowieka) [41].

Czynniki wpływające na insulinooporność

Przyczyny występowania oporności na insulinę nie są do końca poznane. Niektóre teorie sugerują, że wzrost występowania insulinooporności jest naturalnym etapem ewolucji. Jest to odpowiedź organizmu człowieka na nowe warunki klimatyczne, przemianę materii oraz tryb życia [13, 16]. Czynniki genetyczne odgrywają najważniejszą rolę w rozwoju insulinooporności. Do czynników zwiększających ryzyko IO zalicza się czynniki środowiskowe, jak brak aktywności fizycznej, stres psychospołeczny, rodzaj spożywanego pokarmu o wysokim bilansie energetycznym oraz starzenie się organizmu [8, 45]. Wymienione czynniki determinują otyłość i zwiększony rozrost tkanki tłuszczowej w organizmie. Nie ma wątpliwości, że otyłość jest związana z insulinoopornością. Jednak z badań Brown i Walker [13] wynika, że równie częste jest występowanie IO u osób pozornie szczupłych, które posiadają niski wskaźnik BMI. Osoby te mogą mieć nieprawidłowy rozkład tkanki tłuszczowej [13].

Obecny styl życia wypiera aktywność fizyczną, co powoduje zmiany w układzie krążenia, odkładanie się tkanki tłuszczowej i otyłość [45]. Na tę dolegliwość najbardziej narażone są osoby z tzw. otyłością wisceralną (zw. centralną lub brzuszną) [35]. Ten typ otyłości sprzyja powstawaniu tłuszczu trzewnego, który osadza się na narządach wewnętrznych. Powoduje też intensywne uwalnianie wolnych kwasów

tłuszczowych (FFA). Nadmiar kwasów tłuszczowych może gromadzić się w tkankach wrażliwych na insulinę i zaburzać działanie receptora insulinowego oraz hamować wychwyty glukozy przez tkanki [12, 31, 45]. Wdrożenie diety redukcyjnej oraz spadek masy ciała powodują obniżenie stężenia FFA i jednocześnie poprawiają wrażliwość tkanek na insulinę. Zaleca się powolną utratę masy ciała, tj. około 5-10% na rok, do momentu uzyskania odpowiedniej wagi [45]. Aktywność fizyczna powoduje długotrwałą termogenezę powysiłkową i poprawia wrażliwość na insulinę. Odpowiednia aktywność fizyczna prowadzi do wzrostu krwionośnych naczyń włosowatych i pomaga w walce z otyłością [4, 43]. Intensywność aktywności fizycznej powinna być dostosowana do stanu zdrowia, a dla osób z IO powinna być umiarkowana [34]. Odpowiedni dla osób z insulinoopornością jest wysiłek tlenowy (aerobowy). Aktywność ta związana jest z maksymalnym spalaniem tkanki tłuszczowej dzięki bardzo dużemu natlenieniu mięśni [34].

U osób starszych występuje zwiększona oporność tkanek na insulinę. Ponadto na IO bardziej narażone są kobiety niż mężczyźni z tej samej grupy wiekowej [8]. Z wiekiem obniża się tzw. spoczynkowa przemiana materii, następuje spadek masy mięśniowej oraz aktywności fizycznej [33]. Często też wzrasta spożycie żywności, w tym wysokokalorycznej i zagrożenie nadwagą. Na każdym etapie życia lekarze i dietetycy zalecają aktywność fizyczną. Wpływa ona korzystnie na stan całego organizmu. Rodzaj ćwiczeń powinien być dobierany indywidualnie [34].

Stres jest często wymieniany jako czynnik powodujący zaburzenia zdrowia. Najbardziej narażony jest układ sercowo-naczyniowy. Negatywne skutki stresu powodują zwiększenie aktywności autonomicznego układu nerwowego powodując podwyższenie ciśnienia tętniczego, tętna, nieprawnej akcji serca, migotania komór lub zwężania się naczyń krwionośnych [46]. Stres psychospołeczny powoduje zwiększenie stężenia glukozy we krwi, co skutkuje wzmożeniem wydzielania insuliny przez trzustkę i prowadzi do insulinooporności. Podczas przewlekłego stresu utrzymuje się zbyt wysokie stężenie FFA (wolne kwasy tłuszczowe) we krwi, co koreluje z insulinoopornością [45]. Krótki czas trwania stresu zazwyczaj odpowiada za spadek masy ciała, jednak przewlekły działa wręcz odwrotnie, ponieważ często prowadzi do zwiększenia łaknienia i odkładania się tłuszczu w organizmie.

Osoby palące mają zmniejszoną wrażliwość na insulinę. Wynika to z bezpośredniego wpływu nikotyny, tlenku węgla i innych substancji zawartych w dymie papierosowym. Wieloletnie palenie może prowadzić do zmian naczyniowych, które zmniejszają dopływ krwi, w tym insuliny i ograniczają wychwyty glukozy do mięśni szkieletowych [20]. Paradoksalnie palenie papierosów i środki zawierające nikotynę terapeutyczną powodują obniżenie masy ciała. Insulina działa hamująco na lipolizę, co powoduje wzrost wagi, analogicznie nikotyna zmniejsza wpływ insuliny na tkankę tłuszczową, co wspiera lipolizę i w efekcie powoduje spadek wagi u osób palących. Jednak spadek wagi mimo korzystnych aspektów nie powoduje zmniejszenia IO, a nawet powoduje jej pogłębienie [50].

Właściwe odżywianie i odpowiedni styl życia pomagają zapobiegać wielu chorobom. Jednocześnie dieta osób z IO nie odbiega od ogólnych zasad prawidłowego żywienia. Są

to typowe, elementarne zasady racjonalnego żywienia. Kierując się tymi wskazówkami, można napotkać pewne paradoksy. Przykładowo częstym zjawiskiem jest przejadanie się „zdrowymi produktami” lub niskokalorycznymi. Nadmiar pożywienia może przyczynić się do nadwagi i rozwoju insulinooporności [45]. Niezwykle ważnym elementem jest więc wpływ stosowania odpowiedniej diety na stan zdrowia organizmu, zwłaszcza u osób z dolegliwością IO. Zmniejszenie spożycia węglowodanów przy równoczesnym zwiększeniu ilości białka i tłuszczu powoduje zmniejszenie wydzielania insuliny i stanu insulinooporności [19].

Negatywne następstwa insulinooporności

Istnieje wiele następstw insulinooporności. Są to cukrzyca (typ 2), zaburzenia wykorzystania glukozy, metabolizmu lipidów, cholesterolu, białek. Mogą również występować takie schorzenia, jak niektóre nowotwory, zespół policystycznych jajników (PCOS), udar mózgu, niealkoholowe stłuszczenie wątroby, zespół bezdechu sennego, rogowacień ciemne, choroby układu sercowo-naczyniowego, choroba Alzheimera [37].

Insulinooporność często poprzedza pojawienie się cukrzycy typu 2, która stała się chorobą cywilizacyjną. W początkowych fazach IO następuje zwiększenie wydzielania insuliny, dopóki komórki β trzustki są w stanie wydelać insulinę w nadmiernych ilościach i odpowiedni poziom glukozy jest utrzymywany w ciele. Nadmierna produkcja insuliny może jednak prowadzić do niszczenia komórek trzustki i w konsekwencji doprowadzić do cukrzycy typu 2 (insulino-niezależnej) [28].

Zespół policystycznych jajników (PCOS) to choroba pochodzenia endokrynologicznego, powodująca zaburzenia jajeczkowania i bezpłodność. Przy rozpoznawaniu PCOS bardzo często diagnozowane są również hiperinsulina, insulinooporność oraz hiperandrogenizm i prawdopodobnie to właśnie przez te trzy schorzenia powstaje hiperandrogenizacja [48].

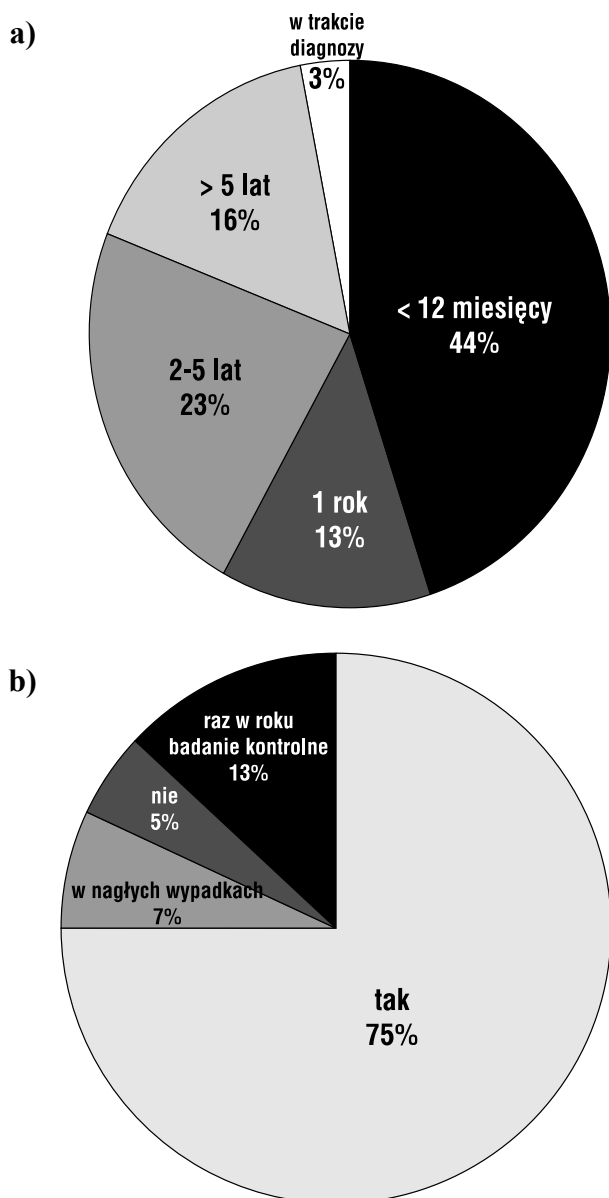
Choroby układu sercowo-naczyniowego są następstwem insulinooporności, która współistnieje z nadciśnieniem tętniczym, hiperglikemią oraz dyslipidemią. Ze względu na zbyt wysokie stężenie insuliny nerki zatrzymują w organizmie zbyt dużo sodu, co podwyższa ciśnienie tętnicze i prowadzi do nadciśnienia [16]. Równocześnie z IO rozpoczyna się proces zapalny, niszczenie ścian naczyniowych i maleje gęstość siatki naczyń włosowatych. Długotrwały stan zapalny prowadzi do zniszczenia śródbłonna i zaburza stan równowagi między czynnikami trombolitycznymi i prozakrzepowymi. Występująca w insulinooporności hipoglikemia zmniejsza produkcję i przyspiesza rozkładanie tlenku azotu, a to powoduje przyspieszenie obkurczania się naczyń krwionośnych [44, 48].

Niealkoholowe stłuszczenie wątroby jest powiązane z insulinoopornością jako konsekwencja nadmiaru substancji tłuszczowych, głównie trójglicerydów, które gromadzą się w cytoplazmie hepatocytów. Przyczyną tej choroby jest stres oksydacyjny, insulinooporność i hiperinsulina prowadzące do pojawienia się reakcji zapalnej wątroby [48].

Najczęstszym schorzeniem współwystępującym wraz z insulinoopornością u ankietowanych okazał się zespół policystycznych jajników (47% ankietowanych), niedoczynność

tarczycy (37%), a także hiperinsulinizm (27%) i otyłość (25%) (Rys. 2a). W ankiecie była dostępna opcja umożliwiająca wpisanie innych niewymienionych wcześniej dolegliwości. Pojawiły się przypadki hipoglikemii reaktywnej, choroby Hashimoto oraz migreny.

Celem artykułu jest przedstawienie aktualnej wiedzy i poglądów dotyczących wykorzystania suplementów diety i produktów zawierających składniki prozdrowotne w profilaktyce insulinooporności. Zakres pracy zaprezentowanej w artykule obejmuje przegląd bieżącej literatury oraz analizę poglądów osób z insulinoopornością na podstawie przeprowadzonej ankiety.



Rys. 1. Odpowiedzi ankietowanych na pytania: a) Jak dawno zdiagnozowano u nich insulinooporność?; b) Czy są pod stałą opieką lekarza?

Fig. 1. Answers of respondents to the questions: a) How long have they been diagnosed with insulin resistance?; b) Are you under constant medical supervision?

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

MATERIAŁ I METODY

W ramach pracy przygotowano ankietę, którą skierowano do grupy osób ze zdiagnozowaną insulinoopornością. Ankietę wypełniło 60 osób (2 mężczyzn i 58 kobiet) zintegrowanych w zamkniętej grupie wsparcia na portalu internetowym Facebook. Wiek ankietowanych mieścił się w zakresie od 15 do 57 lat. Ankieta składała się z pytań dotyczących prowadzonego leczenia i stosowania uzupełnień diety w postaci suplementów oraz produktów o właściwościach prozdrowotnych. Pytania miały charakter zamknięty.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Charakterystyka grupy badawczej

Spadek wrażliwości na insulinę, który o wiele lat wyprzedza pełnoobjawową cukrzycę typu 2, jest często bezobjawowy, a dokładne metody jej wykrycia, klamra hiperinsulinemiczna normoglikemiczna (ang. *hyperinsulinemic euglycemic clamp*) lub test supresji endogennej insuliny (IST) są rzadko stosowane. Typową, mniej precyzyjną techniką diagnostyczną służącą do oceny oporności na insulinę jest pomiar stężenia insuliny i glukozy we krwi pacjentów, a następnie wyliczenie ilorazu stężenia insuliny do glukozy, gdzie wartość powyżej 0,3 świadczy o insulinooporności [36].

Wiele osób nie utożsamia swoich dolegliwości z insulinoopornością. U znaczącej części ankietowanych (44%) chorobę tę zdiagnozowano w ciągu kilku miesięcy przed przeprowadzeniem ankiety, a 2 osoby były jeszcze w trakcie rozpoznawania (Rys. 1a). Większość ankietowanych (75%) odpowiedziała, że jest pod stałą opieką lekarza (Rys. 1b), niespełna 13% ankietowanych uczęszcza na badania kontrolne raz w roku, a pozostali ankietowani nie zgłaszali się do lekarza, albo tylko w nagłych wypadkach.

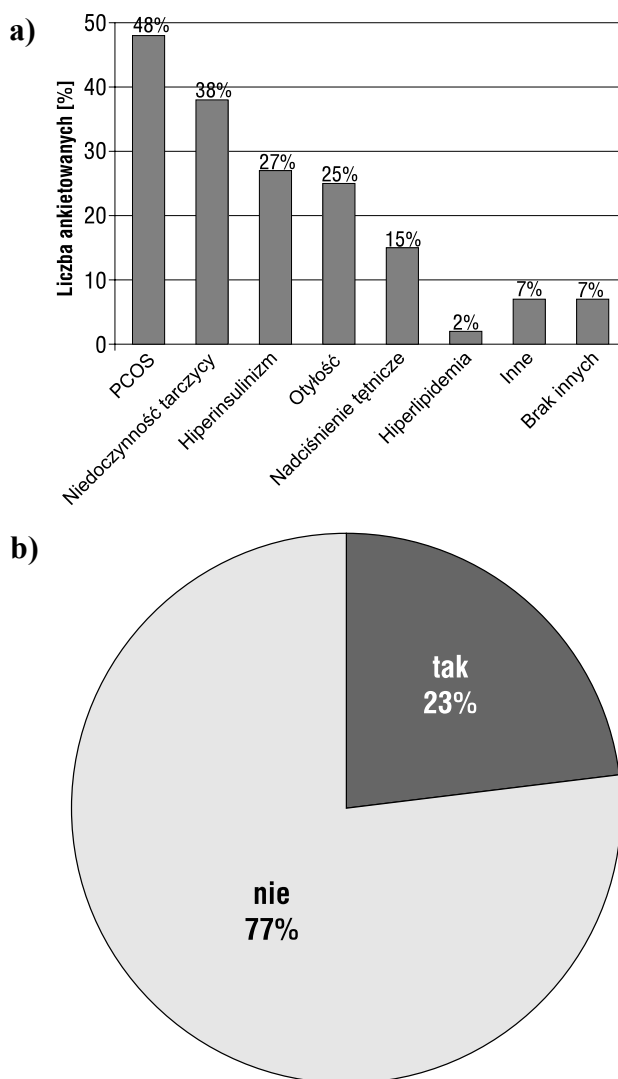
Wpływ diety na ograniczenie rozwoju insulinooporności

Jedynie 23% ankietowanych potwierdziło stosowanie diety komponowanej według wskazówek specjalisty (Rys. 2b). Pozostali przyznali, że starają się sami dobierać diety lub w ogóle nie stosują zaleceń dietetycznych dla osób z IO. Metformina jest najczęściej stosowanym lekiem w stanach przedcukrzycowych. Jej skuteczność nie jest tak duża jak odpowiednia dieta i aktywność fizyczna [5].

W wielu badaniach wykazano, że zmiana stylu życia, w tym ilości i składu posiłków, skutkuje wyraźnym spowolnieniem rozwoju nawet cukrzycy typu 2 i wręcz może jej zapobiegać. Zmniejszenie masy ciała zaledwie o 7% chroni znacznie lepiej przed wystąpieniem cukrzycy typu 2 niż interwencja farmakologiczna [36].

Znanych jest wiele diet i pojawiają się kolejne pomysły na odchudzanie. Nie ma jednak diety „cud” lub diet ekspresowych. Diety niskokaloryczne, niskowęglowodanowe, o ograniczonym składzie (monoskładnikowe) mogą mieć negatywne konsekwencje dopiero po kilku latach od czasu stosowania danej diety [33]. Na podstawie badań Roth i Polotsky [39] wykazali, że najlepszą metodą, nie tylko na omawiane schorzenia, jest zasada, by jeść mniej o 20-30% kalorii.

Dieta osób z insulinoopornością powinna stanowić stały element leczenia i wiązać się nierozdzielnie z wprowadzeniem na stałe elementów racjonalnego, prawidłowego



Rys. 2. Odpowiedzi ankietowanych na pytanie: a) Jakie inne dolegliwości występują u nich oprócz insulinooporności; b) Czy stosują zalecenia dietetyczne?

Fig. 2. Answers of respondents to the questions: a) What other symptoms are present in addition to insulin resistance; b) Do you use dietary recommendations?

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

sposobu żywienia. Zasadniczym celem dietoterapii w insulinooporności jest utrzymanie prawidłowego stężenia glukozy (normoglikemia), prawidłowego stężenia insuliny (normoinsulinemia), prawidłowego stężenia lipidów (normolipidemia) oraz prawidłowych wartości ciśnienia (normotensja) [33].

W przypadku osób z zaawansowaną IO często mniej istotny jest bilans kaloryczny, a ważniejsze jest stymulowanie trzustki do wydzielania insuliny. Cukry proste wpływają na znaczące zwiększenie poziomu glukozy we krwi a także insuliny. Jednakże, węglowodany złożone, choć wolniej, również taki skok wywołują, bo są rozkładane do glukozy [25]. Dlatego osoby z IO powinny wystrzegać się wszelkich węglowodanów, również silnie insulinogennego nabiału. Jednak, w zaprzeczeniu do niektórych źródeł

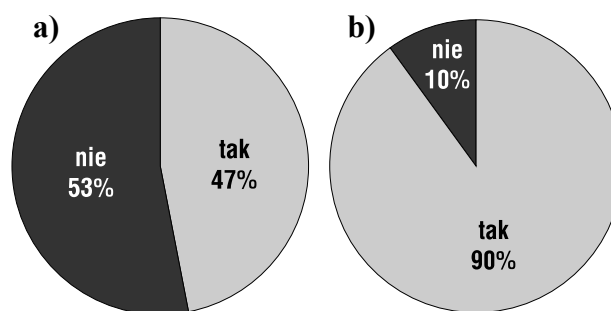
literaturowych [45], wskazana jest dieta wysokotłuszczowa, bo tłuszcz wręcz obniża wydzielanie insuliny. Połączenie tłuszczu z węglowodanami sprawia, że wzrost stężenia glukozy we krwi, a także insuliny jest niższy i mniej gwałtowny niż po spożyciu samych węglowodanów [19]. Uwzględniając, że poziom glukozy we krwi podnosi się wypadkowo, w mniejszej ilości można zjeść produkt, który ma wysoki indeks glikemiczny, jeżeli równocześnie inne spożywane produkty będą miały niski indeks glikemiczny [15].

Nadkonsumpcji często towarzyszy niedobór pewnych składników odżywczych, ważnych dla organizmu człowieka. Z kolei spożywanie mniejszej ilości kalorii niż potrzebuje organizm, może spowodować jego wyniszczenie i rozregulowanie metabolizmu, a to zwiększa ryzyko zachorowania na cukrzycę typu 2. Dieta powinna być dobrze zbilansowana, tzn. podaż wszystkich makro- i mikrośladków diety powinna być dostosowana do aktualnego zapotrzebowania organizmu. Zapotrzebowanie to jest zróżnicowane i zależne od wielu czynników jak: wiek, płeć, stan fizjologiczny, należna masa ciała, aktywność fizyczna, warunki życia, w tym warunki klimatyczne [33]. Od dawna wiadomo, że niektóre diety na jednych działają rewelacyjnie, a na innych wcale. Nie ma zatem konkretnej diety dla osób z IO, powinna być ona dobrana indywidualnie.

W dietoterapii insulinooporności ważne jest też indywidualne ustalenie tzw. planu dietetycznego, tj. ilości, częstotliwości i składu posiłków, w zależności od objawów klinicznych, uwzględniających wyniki doustnego testu obciążenia glukozą oraz krzywej cukrowej i insulinowej [33].

Suplementy, produkty o właściwościach prozdrowotnych (wzbogaconych) w diecie osób z insulinoopornością

W Polsce i na świecie coraz bardziej popularne jest stosowanie suplementów lub produktów o właściwościach prozdrowotnych. Jest to też efekt działalności marketingowej



Rys. 3. Odpowiedzi ankietowanych na pytanie: a) Czy zostali poinformowani przez lekarza o możliwości stosowania suplementów / produktów o właściwościach prozdrowotnych? B) Czy stosujesz suplementy diety / produkty o właściwościach prozdrowotnych?

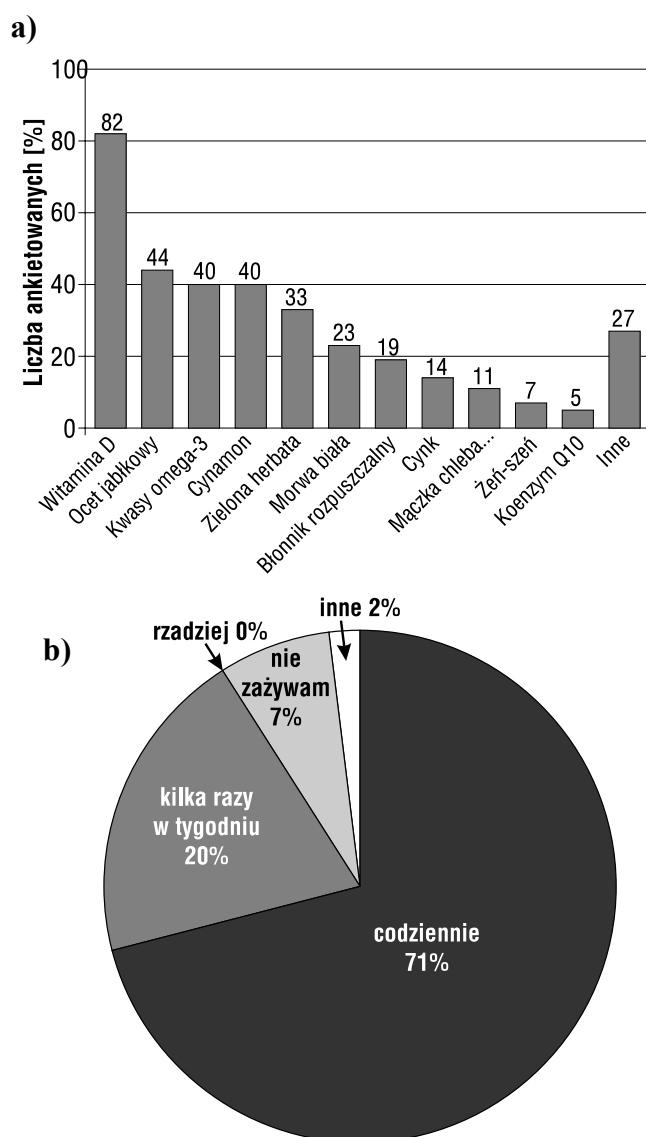
Fig. 3. Answers of respondents to the questions: a) Do you have been informed by the doctor about the possibility of the use of supplements and pro-healthy products?; b) Do you use diet supplements / pro-healthy products?

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

producentów suplementów diety [22]. Zazwyczaj po suplementy sięgają osoby wspomagające odchudzanie, poprawiające odporność lub koncentrację. Według ankietowanych, niewielu lekarzy informuje o możliwości stosowania suplementów lub produktów o właściwościach prozdrowotnych przydatnych w walce z insulinoopornością. Na pytanie dotyczące uświadomienia przez lekarza lub inną kompetentą osobę odnośnie możliwości stosowania suplementów i produktów o właściwościach prozdrowotnych, aż 53% ankietowanych odpowiedziało negatywnie (Rys. 3a).

Na pytanie dotyczące stosowania suplementów diety / produktów o właściwościach prozdrowotnych 90% osób odpowiedziało, że spożywa takie produkty (Rys. 3b). Najwięcej ankietowanych przyznało, że zwraca uwagę na spożycie witaminy D, octu jabłkowego, kwasów omega-3 oraz cynamonu i zielonej herbaty (Rys. 4a). Ponad 20% badanych



Rys. 4. Odpowiedzi ankietowanych na pytanie: a) Jakie rodzaje suplementów diety stosują?; b) Jak często stosują te produkty?

Fig. 4. Answers of respondents to the questions: a) What kind of supplements / pro-healthy products do you use? b) How often do you use the products?

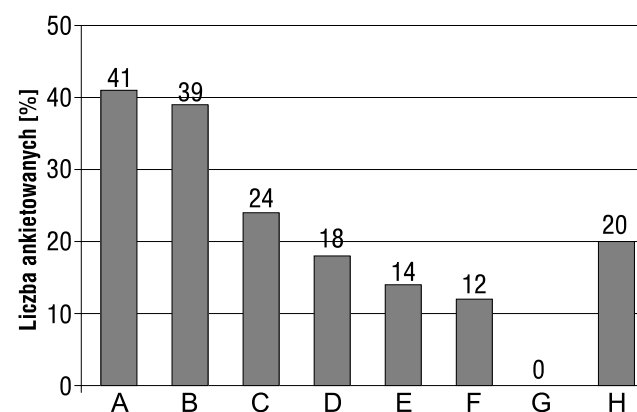
Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

spożywa też morwę białą, a blisko 20% błonnik oraz poniżej 15% cynk, mączkę chleba świętojańskiego, żeń-szeń i koenzym Q10. W odpowiedzi „inne” znalazły się dodatkowo probiotyki, chrom i witaminy z grupy B oraz produkty wzbogacone w nienasycone kwasy tłuszczowe.

Biorąc pod uwagę częstość stosowania tych produktów, wypowiedziało się 59 osób; 71% ankietowanych wykazało, że stosuje je codziennie, natomiast 20% zażywa je kilka razy w tygodniu. Jedna osoba zaznaczyła opcję „inne”, wyszczególniła poszczególne suplementy oraz częstość ich zażywania. „Nie zażywam” zaznaczyły osoby, które wcześniej zadeklarowały, że w ogóle nie zwracają uwagi na stosowanie tego typu środków w diecie.

Pozytywne skutki wynikające ze spożywania suplementów / produktów o właściwościach prozdrowotnych / wzbogaconych zauważyło 62% ankietowanych. Spośród tych osób 41% zadeklarowało poprawę działania układu trawiennego po spożyciu suplementów diety, a 39% ankietowanych wykazało poprawę wyników badań analizy krwi (Rys. 5).



- A – Poprawa działania układu pokarmowego;
- B – Poprawa wyników Badań;
- C – Zmniejszenie insulinooporności;
- D – Mój stan się nie zmienił;
- E – Unormowanie poziomu cukru we krwi;
- F – Obniżenie ciśnienia krwi;
- G – Mój stan się pogorszył;
- H – Inne.

Rys. 5. Odpowiedzi ankietowanych na pytanie: a) Jakie efekty zostały zauważone po stosowaniu suplementów diety / produktów prozdrowotnych?

Fig. 5. Answers of respondents to the questions: a) What effects have been observed after using diet supplements / pro-healthy products?

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

20% ankietowanych potwierdziło spadek IO, co oznacza, że spożywane środki wpłynęły na poprawę wrażliwości tkanek na insulinę. Ich obecność w diecie nie wpłynęła na pogorszenie stanu zdrowia żadnej z badanych osób. W podpunkcie „inne” pojawiały się odpowiedzi takie jak poprawa samopoczucia i nastroju, poprawa ogólnego stanu zdrowia, większa aktywność (ilość energii), uporanie się z bezsennością.

Wśród produktów (składników) zalecanych przy insulinooporności można wymienić cynamon, ekstrakt zielonej herbaty, morwę białą, żeń-szeń, witaminę D, polifenole,

koenzym Q10, kwas alfa liponowy, kwasy omega-3, cynk [11].

Witamina D w połączeniu z witaminą K wywiera wpływ na wiele funkcji komórek i narządów, wspomaga m.in. układ sercowo-naczyniowy i odpornościowy oraz odpowiada za wydzielanie insuliny [2, 25]. Witamina D wywiera pośredni wpływ na wydzielanie insuliny poprzez utrzymywanie odpowiedniego stężenia jonów Ca^{2+} w cytozolu komórek β trzustki, co warunkuje odpowiednią sekrecję insuliny. Wpływa na poprawę tolerancji na stężenie glukozy poprzez stymulację ekspresji receptorów insulinowych [2]. Niedobór witaminy D jest czynnikiem ryzyka rozwoju insulinooporności, niezależnym od otyłości. Badania z ostatnich dziesięcioleci ilustrują, że witaminy D i E odgrywają kluczową rolę w walce z cukrzycą poprzez zmniejszenie stresu oksydacyjnego, glikozylacji białek, oporności na insulinę, a także poprawy funkcji komórek beta [42, 43].

Badania Morais i wsp. [32] wykazały, że związki mineralne odgrywają rolę w zaburzeniach metabolizmu glukozy u ludzi. Suplementacja magnezu wykazuje korzystne działanie w leczeniu hiperglikemii, hiperinsulinemii i działania oporności insulinowej.

Cynamonowiec wonny, nazywany Kasją, zawiera 1-2% olejku eterycznego o korzennym smaku i zapachu. Podobnie jak tradycyjny cynamon, może być używany w postaci mielonej. Proszek, który jest z niego uzyskiwany zawiera jednak rakotwórczą substancję (kumarynę), dużą ilość niepożądanych aldehydów oraz kwas cynamonowy [14]. Pozbawiony tych niekorzystnych substancji ekstrakt z cynamonu ma zastosowanie terapeutyczne. Na rynku dostępnych jest wiele takich preparatów, często wzbogaconych w chrom, ponieważ u osób z cukrzycą i z dolegliwością insulinooporności często występuje zaburzenie gospodarki chromu [14]. Cynamon stosowany w diecie wpływa na dynamikę metabolizmu węglowodanów i skutecznie obniża poziom cukru we krwi u osób z IO oraz chorych na cukrzycę typu 2 [23].

Zielona herbata zawiera antyoksydanty, np. polifenole w postaci katechin i wywiera działanie przeciwzapalne, przeciwbakteryjne i antyoksydacyjne. Wykazano, że ekstrakt z zielonej herbaty wpływa również na obniżenie ciśnienia krwi, a także obniżenie stężenia cukru [10]. Z badań Bogdańskiego i wsp. [9] oraz Ratajczak i wsp. [37] również wynika, że wspomniane wyżej katechiny wpływają na obniżenie poposiłkowego stężenia glukozy, a zażywanie suplementu w postaci ekstraktu z zielonej herbaty lub regularne picie tej herbaty dodatkowo redukuje tkankę tłuszczową i masę ciała.

Ekstrakt z liści morwy reguluje metabolizm węglowodanów dzięki obecności dideoksy-1,5-imino-D-sorbitolu, który jest inhibitorem α -glukozydazy [40]. Duże ilości kwercetyny obecnej w liściach morwy białej powodują obniżanie poziomu glukozy we krwi [18]. Poza działaniem na metabolizm glukozy wyciąg z morwy reguluje poziom insuliny we krwi, co jest bardzo ważne w kontekście insulinooporności. Badania, które były przeprowadzane na modelach komórkowych oraz zwierzęcych dowiodły istotną poprawę insulinooporności [18, 37].

Niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe nie mogą być syntezowane przez organizm, należy je dostarczać z pożywieniem. Ważne jest zachowanie odpowiedniego stosunku między kwasami omega-3 i omega-6. Kwasy omega-3 mają

wpływ na znaczące obniżenie insulinooporności i zwiększenie tolerancji stężenia glukozy we krwi [17, 21, 40].

Żeń-szeń stosowany w postaci wyciągu z korzeni zawiera wiele bioaktywnych związków mających wpływ na stabilizację poziomu glukozy i ciśnienia tętniczego krwi [27, 40]. Dowodzą tego badania przeprowadzane na myszach i otyłych szczurach z IO. Trwają badania, aby jednoznacznie określić jego wpływ na ludzi chorych na insulinooporność i cukrzycę [40].

Koenzym Q10 to naturalnie występujący związek u zwierząt i ludzi, wspomagający prawidłowe funkcjonowanie tkanek oraz narządów [2]. Bierze on udział w mitochondrialnym transporcie elektronów w łańcuchu oddechowym. Jest również antyoksydantem lipidów, dzięki czemu zapobiega tworzeniu się wolnych rodników. Wiele badań wskazuje jego pozytywny wpływ na gospodarkę węglowodanową, jak zmniejszenie glikemii na czczo lub wpływ na kontrolę cukrzycy typu 2. Inne badania wykazują, że suplementacja koenzymu Q10 powoduje opóźnienie wystąpienia objawów cukrzycy [2, 37].

Cynk jest mikroelementem występującym naturalnie w produktach zwierzęcych oraz niektórych roślinnych. Ma działanie antyoksydacyjne, wspomaga odczuwanie zapachu i smaku, bierze udział w syntezie DNA i RNA oraz jest składnikiem aż 80 enzymów [49]. Wiele badań potwierdziło, że suplementacja cynku wspomaga tolerancję glukozy, zmniejsza oporność na insulinę w cukrzycy typu 2 oraz insulinooporności. Prawdopodobny wpływ suplementacji cynku jest związany ze zmniejszeniem stresu oksydacyjnego, co zostało potwierdzone w badaniach szczurów chorych na cukrzycę [7].

Wykazano zależność między spożywaniem orzechów a spadkiem masy [3, 38]. Spożywanie orzechów może mieć pozytywny wpływ na ograniczenie rozwoju insulinooporności. Orzechy są kaloryczne i zawierają tłuszcze, w tym niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe, jak również witaminy z grupy B, witamina E oraz białko. Istnieje kilka mechanizmów, które mogą wytłumaczyć zjawisko związane z tym, że orzechy na ogół nie są związane z przyrostem masy ciała. Orzechy mogą powodować uczucie sytości i zmniejszać apetyt, a nawet zmniejszyć spożycie innych kalorycznych produktów [38].

Wiele z wymienionych wyżej produktów roślinnych lub ich składników może być spożywana w postaci suplementów, tj. środków spożywczych, uzupełniających normalną dietę w postaci skoncentrowanej. Są powszechnie dostępne, ale ich spożywanie powinno być uzasadnione i stosowane w odpowiednich dawkach. Ogólne wymagania w stosunku do tej grupy środków spożywczych regulują przepisy wynikające z dyrektyw i rozporządzeń UE, ale mniej precyzyjne są określone dopuszczalne ilości biologicznie aktywnych substancji pochodzenia roślinnego. Nie są to leki, ale ich spożywanie i dawkowanie powinno być skonsultowane z lekarzem, bądź dostosowane do zaleceń producenta, umieszczonych na opakowaniu.

Żywność zawierająca składniki prozdrowotne wykazuje udokumentowany, korzystny wpływ na zdrowie człowieka [2]. Do żywności o działaniu prozdrowotnym zalicza się szereg produktów, takich jak naturalne produkty (bioskładniki) wykazujące właściwości prozdrowotne, zarówno pochodzenia

roślinnego, jak i zwierzęcego, żywność wzbogaconą w składniki odżywcze, np. w błonnik lub witaminy, antyoksydanty, żywność o obniżonej zawartości składników niepożądanych, np. o zmniejszonej zawartości soli, cukru, tłuszczu.

Jednym ze składników prozdrowotnych jest błonnik. Z powodu małego stopnia strawności jest zaliczany do balastowych produktów spożywczych. Frakcje rozpuszczalne błonnika ulegają fermentacji w jelicie grubym i stymulują mikroflorę układu pokarmowego. Jego spożywanie wpływa na zmniejszenie insulinooporności, poprawę metabolizmu glukozy oraz zmniejszenie determinantów zespołu metabolicznego [26].

Mąka chleba świętojańskiego stosowana jest m.in. w piekarstwie i cukiernictwie do wyrobu produktów odpowiednich dla osób chorujących na cukrzycę. Stosowany w badaniu Bañuls i wsp. [6] napój wzbogacony w inozytol (witamina B8) jako ekstrakt z chleba świętojańskiego, wykazał pozytywny efekt obniżenia poziomu glukozy we krwi jak i insuliny, a tym samym zmniejszenia insulinooporności. W publikacji przeglądowej Mendoza i wsp. [29] wykazano, że w wielu przypadkach szeroko rozumianej choroby policytycznych jajników suplementacja inozytolem okazała się przydatna, ale wymagane są dodatkowe badania. Ponadto inozytol przynosi pozytywne efekty w leczeniu PCOS u kobiet z nadwagą i stosowany jest w terapii kobiet z PCOS korzystających z *in vitro*.

Ocet jabłkowy zawiera cenne składniki, jak kwas cytrynowy, octowy, mlekowy, aminokwasy, bioflawonoidy, pektyny, beta-karoten oraz wiele pierwiastków, które w istotny sposób wywierają korzystny wpływ na zdrowie. Aktywizuje naturalne procesy spalania tłuszczu. Jego wpływ na IO wynika przede wszystkim z jego właściwości wspomagających odchudzanie. Pomaga zmniejszyć otłuszczenie narządów, co wpływa na ograniczenie dolegliwości związanych z insulinoopornością [47].

PODSUMOWANIE

Niediagnozowana insulinooporność powoduje bardzo poważne konsekwencje w organizmie. Dlatego ważna jest profilaktyka, tj. właściwe odżywianie i aktywność fizyczna. Osoby otyłe, i nie tylko, powinny pamiętać o okresowej kontroli stanu zdrowia.

Przynależność osób z insulinoopornością do grupy na portalu społecznościowym świadczy, że są oni zainteresowani rozpoznaniem tego zjawiska i sposobami przeciwdziałania. Insulinooporność częściej dotyka kobiety niż mężczyzn. Nierzadko występuje jako element zespołu metabolicznego. Znaczna część osób nie korzysta z porad dietetyka i nie ma ułożonej diety. Większość ankietowanych sięga po suplementy diety / produkty o właściwościach prozdrowotnych nawet codziennie. Ponad połowa ankietowanych zauważyła pozytywny wpływ suplementacji na ograniczenie insulinooporności.

Około 62% badanych przyznało, że suplementacja przyniosła korzystne zmiany w ich organizmie, a 20% zauważyło wyraźne zmniejszenie objawów insulinooporności. W przypadku stosowania produktów o właściwościach prozdrowotnych 33% badanych zauważyło korzystne zmiany w organizmie wynikające z ich spożywania, a u 10% osób zmniejszenie insulinooporności.

Odpowiednio skomponowana dieta połączona z ćwiczeniami jest najbardziej skuteczna w walce z insulinoopornością i obroną przed wystąpieniem cukrzycy.

LITERATURA

- [1] ALBERTI K., R. ECKEL, S. GRUNDY, P. ZIMMET, A. CLEEMAN, K. DONATO, J. FRUCHART, W. JAMES, C. LORIA, C. SIDNEY. 2009. „Harmonizing the Metabolic Syndrome: a joint interim statement of the International Diabetes Federation Task Force on Epidemiology and Prevention”; National Heart, Lung, and Blood Institute; American Heart Association; World Heart Federation; International Atherosclerosis Society; and International Association for the Study of Obesity. *Circulation* 120(16): 1640-1645.
- [2] ANIOŁA J. 2014. „Żywność prozdrowotna. Składniki i technologia” (red. Czapski J., Górecka D.) Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, Poznań: 21-27.
- [3] BAER D., S. GEBAUER, J. NOVOTNY. 2016. „Walnuts consumed by healthy adults provide less available energy than predicted by the Atwater factors”. *The Journal of Nutrition* 146: 9-13.
- [4] BALKAU B., L. MHAMDI, J. OPPERT, J. NOLAN, A. GOLAY, F. PORCELLATI, M. LAAKSO, E. FERRANNINI. 2008. „Physical Activity and Insulin Sensitivity The RISC Study”. *American Diabetes Association* 57(10): 2613-2618.
- [5] BANDURSKA-STANKIEWICZ E., M. BIAŁKOWSKA, M. BOLANOWSKI, A. DEMBIŃSKA-KIEĆ, B. KRZYŻANOWSKA-ŚWINIARSKA, E. MAŁECKA-TENDERA, A. MILEWICZ, M. OLSZANECKA-GLINIANOWICZ, L. OSTROWSKA, B. ZAHORSKA-MARKIEWICZ. 2011. „Stanowisko Polskiego Towarzystwa Badań nad Otyłością w kwestii stosowania metforminy u osób otyłych w stanach przedcukrzycowych”. *Endokrynologia Otyłość i Zaburzenia Materii* 7(2): 152-156.
- [6] BAÑULS C., S. ROVIRA-LLOPIS, R. FALCON, S. VESES, N. MONZO, V. VÍCTOR, M. ROCHA, A. HERNANDEZ-MIJARES. 2016. „Chronic consumption of an inositol-enriched carob extract improves postprandial glycaemia and insulin sensitivity in healthy subjects: A randomized controlled trial”. *Clinical Nutrition* 35(3): 600-607.
- [7] BARTOS A., I. MAJAK, A. SZCZODROWSKA, J. LESZCZYŃSKA. 2015. „Ocena sposobu odżywiania osób chorych na cukrzycę typu 2”. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna* 48(1): 32-39.
- [8] BASU R., C. DALLA MAN, M. CAMPIONI, A. BASU, G. KLEE, G. TOFFOLO, C. COBELLI, R.A. RIZZA. 2006. „Effects of age and sex on postprandial glucose metabolism differences in glucose turnover, insulin secretion, insulin action, and hepatic insulin extraction”. *American Diabetes Association* 55(7): 2001-2014.

- [9] **BOGDAŃSKI P., J. SULIBURSKA, M. SZULIŃSKA, M. STĘPIEŃ, D. PUPEK-MUSIALIK, A. JABLECKA. 2012.** „Green tea extract reduces blood pressure, inflammatory biomarkers, and oxidative stress and improves parameters associated with insulin resistance in obese, hypertensive patients”. *Nutrition Research* 32(6): 421-427.
- [10] **BOJAROWICZ H., P. DŹWIGULSKA. 2012.** „Suplementy diety. Część II. Wybrane składniki suplementów diety oraz ich przeznaczenie”. *Hygeia Public Health* 47(4): 433-441.
- [11] **BROADHURST C.L., M. M. POLANSKY, R.A. ANDERSON. 2000.** „Insulin-like biological activity of culinary and medicinal plant aqueous extracts in vitro”. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48(3): 849-852.
- [12] **BRAND-MILLER J., S. COLAGIURI. 2012.** „Present Knowledge in Nutrition” (red. Erdman J., Macdonald I., Zeisel S.). Wiley-Blackwell: 732-744.
- [13] **BROWN A., M. WALKER. 2016.** „Genetics of insulin resistance and the metabolic syndrome”. *Current Cardiology Reports* 18(8): 1-8.
- [14] **BRUD W., 2000.** „Prozdrowotne dodatki do żywności” (red. Rutkowski A.). *Polska Izba Dodatków do Żywności. Konin*: 47-48.
- [15] **CIOK J., A. DOLNA. 2006.** „Indeks glikemiczny w patogenezie i leczeniu dietetycznym cukrzycy”. *Diabetologia Praktyczna* 7(2): 78-85.
- [16] **DRZYCIMSKA-TATKA B., A. DRABRYBCZYŃSKA, J. KASPRZAK. 2011.** „Zespół metaboliczny – epidemia XXI wieku”. *Hygeia Public Health* 46(4): 423-430.
- [17] **EBBESSON S.O., M.E. TEJERO, D.E. NOBMAN, J.C. LOPEZ-ALVARENGA, L. EBBESSON, T. ROMENESKO, E.A. CARTER, H.E. RESNICK, R.B. DEVEREUX, J.W. MACCLUER, B. DYKE, L.S. LASTON, C.R. WENGER, R.R. FABSITZ, A. COMUZZIE, B. HOWARD. 2007.** „Fatty Acid Consumption and Metabolic Syndrome Components: The GOCADAN Study”. *Journal of the CardioMetabolic Syndrome* 2(4): 244-249.
- [18] **GNALICKAA., A. JABLECKA. 2013.** „Miejsce wyciągu z morwy białej we współczesnej farmakoterapii cukrzycy typu II”. *Farmacja Współczesna* 4: 196-201.
- [19] **GRYGIEL-GÓRNIAK B., J. PRZYŚLAWSKI, M. STELMACH-MARDAS. 2011.** „Sposób żywienia, a insulinooporność w grupie kobiet otyłych po menopauzie z dyslipidemią”. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna* 44(3): 277-283.
- [20] **HENKIN L., D. ZZACCARO, S. HAFFNER, A. KARTER, M. REWERS, P. SHOLINSKY, L. WAGENKNECHT. 1999.** „Cigarette smoking, environmental tobacco smoke exposure and insulin sensitivity”. *The Insulin Resistance Atherosclerosis Study. Elsevier Science Inc.* 9(5): 290-296.
- [21] **JAŃCZYK W., P. SOCHA. 2009.** „Kliniczne efekty suplementacji wielonienasyconymi kwasami tłuszczowymi omega-3”. *Standardy Medyczne-pediatria* 4: 100-111.
- [22] **JAROSZ M. 2008.** „Suplementy diety, a zdrowie: porady lekarzy i dietetyków” (red. Jarosz M., Dzienszewski J.) Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa: 11-17.
- [23] **KHAN A., M. SAFDAR, M. ALI KHAN, K. KHAT-TAK, R. ANDERSON. 2003.** „Cinnamon improves glucose and lipids of people with type 2 diabetes”. *Diabetes Care* 26(12): 3215-3218.
- [24] **LEE J., T. SUGIYAMA, Y. LIU I WSP. 2013.** „Expansion and conversion of human pancreatic ductal cells into insulin-secreting endocrine cells”. *Elife* 2: e00940.
- [25] **LEWANDOWSKA O.** „Insulinooporność – czym jest ta plaga, jak żyć, co jeść, diagnozować, czy to nie dotyczy Ciebie?” [http://www.olgalewandowskadietetyk.pl/Dostęp 28.08.2017](http://www.olgalewandowskadietetyk.pl/Dostęp%2028.08.2017).
- [26] **LI S., L. GUERIN-DEREMAU, M. POCHAT, D. WILS, C. REIFER, L.E. MILLER. 2010.** „Notarise dietary fiber supplementation improves insulin resistance and determinants of metabolic syndrome in overweight men: a double-blind, randomized, placebo-controlled study”. *Applied Physiology Nutrition and Metabolism* 35(6): 773-782.
- [27] **LIMA S., J.W. YOON, S.H. CHOI, B.J. CHO, J.T. KIM., H.S. CHANG, H.S. PARK, K.S. PARK, H.K. LEE, Y.B. KIM, H.C. JANG. 2009.** „Effect of ginseng, a vinegar extract from Panax ginseng, on body weight and glucose homeostasis in an obese insulin-resistant rat model”. *Metabolism* 58(1): 8-15.
- [28] **MAŁECKI M.T. 2006.** „Otyłość - insulinooporność - cukrzyca typu 2”. *Kardiologia Polska* 64(10)(supl. 6): 561-566.
- [29] **MENDOZA N., L. PÉREZ, T. SIMONCINI, A. GENAZZANI. 2017.** „Inositol supplementation in women with polycystic ovary syndrome undergoing intracytoplasmic sperm injection: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials”. *Reproductive BioMedicine*, In press. doi.org/10.1016/j.rbmo.2017.07.005.
- [30] **MICHAJLIK A., W. RAMOTOWSKI. 2003.** „Anatomia i fizjologia człowieka”. Warszawa: Wydawnictwo Lekarskie PZWL 602-605.
- [31] **MORIGNY P., M. HOUSIER, E. MOUISEL, D. LANGIN. 2016.** „Adipocyte lipolysis and insulin resistance”. *Biochimie* 125: 259-266.
- [32] **MORAIS J.B.S., J.S. SEVERO, G.R.R DE ALEN-CAR, S. DE OLIVEIRA, CRUZ K.J.C., D.N. MARREIRO, B.J. FREITAS, C.M. CARVALHO, K.M. FROTA. 2017.** „Effect of magnesium supplementation on insulin resistance in humans: A systematic review”. *Nutrition* 38: 54-60.
- [33] **MUSIAŁOWSKA D. 2014.** „Dietoterapia insulinooporności” – czyli najważniejsze informacje na temat diety oraz relacja ze spotkaniem z cyklu „Poznaj insulinooporność” <http://www.insulinoopornosc.com/dietoterapia-insulinoopornosci> Dostęp 28.08.2017.

- [34] NAZAR K., H. KACIUBA-UŚCİLKO, J. GÓRSKI. 2001. „Fizjologiczne podstawy wysiłku fizycznego” (red. Górski J.), Wydawnictwo Lekarskie PZWL 12: 441-450, 15: 538-540.
- [35] OTTO-BUCZKOWSKA E. 2014. „Zespół metaboliczny – narastający problem”. *Postępy Nauk Medycznych*, XXVII (12B): 11-16.
- [36] PAWLAK J., R. DERLACZ. 2011. „Mechanizm powstawania oporności na insulinę w tkankach”. *Postępy Biochemii* 57(2): 200-206.
- [37] RATAJCZAK A., M. NAWROCKA, M. SZULIŃSKA, P. BOGDAŃSKI. 2015. „Suplementy diety w leczeniu cukrzycy typu 2 – fakty i kontrowersje”. *Farmacja Współczesna* 8: 36-43.
- [38] ROCK C., S. FLATT, B. PAKIZ, E. QUINTANAA, D. HEATHA, B. RANA, L. NATARAJAN. 2016. „Effects of diet composition on weight loss, metabolic factors and biomarkers in a 1-year weight loss intervention in obese women examined by baseline insulin resistance status”. *Metabolism Clinical and Experimental* 65(11): 1605-1613.
- [39] ROTH L.W., A. J. POLOTSKY. 2012. „Can we live longer by eating less? A review of caloric restriction and longevity”. *Maturitas* 71: 315-319.
- [40] SICIŃSKA P., E. PYTEL, A. MAĆCZAK, M. KOTER-MICHALAK. 2015. „Zastosowanie różnych suplementów diety w zespole metabolicznym”. *Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej*, 69: 25-33.
- [41] SKOCZYŃSKA A. 2011. „Znaczenie żywienia w leczeniu chorych z rozpoznaniem zespołu metabolicznego”. *Endokrynologia, Otyłość i Zaburzenia Przemiany Materii* 7(1): 25-33.
- [42] SOLEYMANI H., A.A. SABOURY, A.A. MOOSAVI-MOVAHEDI, F. RAHMANIC, J. MALEKID, S. YOUSEFINEJADE, P. MAGHAMIA. 2016. „Vitamin E induces regular structure and stability of human insulin, more intense than vitamin D3”. *International Journal of Biological Macromolecules* 93,A: 868-878.
- [43] SOLOMON T.P., J.M. HAUS, K.R. KELLY, M.D. COOK, J. FILION, M. ROCCO, S.R. KASHYAP, R.M. WATANABE, H. BARKOUKIS, J.P. KIRWAN. 2010. „A low-glycemic index diet combined with exercise reduces insulin resistance, postprandial hyperinsulinemia, and glucose-dependent insulinotropic polypeptide responses in obese, prediabetic humans”. *The American Journal of Clinical Nutrition* 92(6): 1283-1284.
- [44] STĄPOR N., I. BEŃ-SKOWRONEK. 2014. „Insulinooporność u dzieci”. *Pediatric Endocrinology Diabetes and Metabolism* 21(3): 107-115.
- [45] SULIBURSKA J., J. KUŚNIAREK. 2010. „Czynniki żywieniowe i pozażywnieniowe w rozwoju insulinooporności”. *Forum Zaburzeń Metabolicznych* 1(3): 177-183.
- [46] TALAROWSKA M., A. FLORKOWSKI, A. ORZECZOWSKA, K. ZBORALSKI, A. WYSOKIŃSKI. 2008. „Konsekwencje psychologiczne zespołu metabolicznego”. *Psychiatria w Praktyce Klinicznej* 1(2): 67-73.
- [47] VAN BRAAK H., S. VON KUSTER. 1998. *Ocet jabłkowy*. Wydawnictwo Interspar: 6-14.
- [48] WESOŁOWSKI P., Z. WAŃKOWICZ. 2011. „Insulinooporność: metody rozpoznawania i następstwa kliniczne”. *Nefrologia i Dializoterapia Polska* 4: 243-246.
- [49] WINTER GRIFFITH H. 1994. „Witaminy, minerały i pierwiastki śladowe”. *Elipsa*: 86-87.
- [50] WU Y., P. SONG, ZW. HANG, J. LIU, X. DAL, Z. LIU, Q. LU, C. OUYANG, Z. XIE Z. ZHAO, X. ZHUO, B. VIOLLET, M. FORETZ, J. WU, Z. YUAN, M. ZOU. 2015. „Activation of AMPK α 2 in adipocytes is essential for nicotine-induced insulin resistance in vivo”. *Nature Medicine* 21: 373-382
- [51] ZDROJEWICZ Z., B. BUGAJ, K. CABALA, D. PYPNO, M. WARACKI. 2014. „Nowoczesne kierunki leczenia cukrzycy”. *Diabetologia Kliniczna* 3,5: 198-205.