

PHYSICAL ACTIVITY AND LIFESTYLE INTERVENTIONS IN INSULIN RESISTANCE MANAGEMENT: A PUBLIC HEALTH APPROACH

Gergana Todorova Todorova

Medical University – Plovdiv, Faculty of Public Health, Department of Health Care Management, Bulgaria, gergana.t.todorova@mu-plovdiv.bg

Abstract: Insulin resistance represents a significant public health problem due to its increasing prevalence and central role in the development of metabolic syndrome, type 2 diabetes mellitus, and cardiovascular diseases. The aim of the present study is to evaluate the effectiveness of integrated lifestyle-related interventions, with a particular emphasis on physical activity, in the management of insulin resistance within the context of public health. The study was conducted using an interventional design, including baseline and follow-up assessment of biochemical and physiological indicators in 40 individuals with insulin resistance after the implementation of a comprehensive management programme. The results obtained indicate that the application of the programme led to a statistically significant improvement in the participants' metabolic profile. After the intervention, fasting glucose decreased from 6.0 ± 0.6 to 5.4 ± 0.4 mmol/L, fasting insulin from 19.0 ± 7.0 to 11.0 ± 4.5 μ IU/mL, and HOMA-IR from 5.0 ± 2.0 to 2.4 ± 0.9 , indicating a reduction in hyperinsulinaemia and an improvement in insulin sensitivity. In addition, favourable changes were observed in the lipid profile, including reductions in total cholesterol, LDL cholesterol, and triglycerides, as well as an increase in HDL cholesterol. The intervention also had a positive effect on anthropometric and haemodynamic indicators, expressed in a reduction in BMI and decreases in systolic and diastolic blood pressure. These results confirm the hypothesis that a comprehensive approach targeting physical activity, dietary behaviour, nutritional support, and stress management simultaneously represents an effective strategy for improving glycaemic control, reducing cardiometabolic risk, and managing insulin resistance.

Keywords: insulin resistance, physical activity, lifestyle intervention, public health, prevention

ФИЗИЧЕСКА АКТИВНОСТ И ПРОМЕНИ В НАЧИНА НА ЖИВОТ ПРИ УПРАВЛЕНИЕТО НА ИНСУЛИНОВАТА РЕЗИСТЕНТНОСТ: ПОДХОД В ОБЛАСТТА НА ОБЩЕСТВЕННОТО ЗДРАВЕ

Гергана Тодорова Тодорова

Медицински университет – Пловдив, Факултет по обществено здраве, Катедра „Управление на здравните грижи“, България, gergana.t.todorova@mu-plovdiv.bg

Резюме: Инсулиновата резистентност представлява значим общественоздравен проблем поради нарастващата си честота и централната си роля в развитието на метаболитен синдром, захарен диабет тип 2 и сърдечно-съдови заболявания. Целта на настоящото изследване е да се оцени ефективността на интегрирани интервенции, свързани с начина на живот, с особен акцент върху физическата активност, при управлението на инсулиновата резистентност в контекста на общественото здраве. Изследването е проведено чрез интервенционен дизайн, включващ начална и последваща оценка на биохимични и физиологични показатели при 40 лица с инсулинова резистентност след прилагане на комплексна програма за управление на състоянието. Получените резултати показват, че приложението на програмата води до статистически значимо подобрене на метаболитния профил на участниците. След интервенцията се установява понижение на глюкозата на гладно от 6.0 ± 0.6 до 5.4 ± 0.4 mmol/L, на инсулина на гладно от 19.0 ± 7.0 до 11.0 ± 4.5 μ IU/mL и на HOMA-IR от 5.0 ± 2.0 до 2.4 ± 0.9 , което свидетелства за редукция на хиперинсулинемията и подобряване на инсулиновата чувствителност. Наред с това се отчита благоприятна промяна в липидния профил, включително намаляване на общия холестерол, LDL и триглицеридите, както и повишаване на HDL. Интервенцията оказва положително влияние и върху антропометричните и хемодинамичните показатели, изразено в редукция на ИТМ и понижаване на систоличното и диастоличното артериално налягане. Тези резултати потвърждават хипотезата, че комплексният подход, насочен едновременно към двигателната активност, хранителното поведение, нутритивната подкрепа и стрес мениджмънта, представлява ефективна стратегия за подобряване на гликемичния контрол, намаляване на кардиометаболитния риск и управление на инсулиновата резистентност.

Ключови думи: инсулинова резистентност, физическа активност, промяна в начина на живот, обществено здраве, превенция

1. УВОД

Инсулиновата резистентност се разглежда като ключово метаболитно нарушение, при което тъканите с основно значение за енергийния баланс – скелетна мускулатура, черен дроб и мастна тъкан – проявяват понижена чувствителност към действието на инсулина. Това води до компенсаторна хиперинсулинемия, нарушено усвояване на глюкозата и постепенно развитие на метаболитен дисбаланс. В теоретичен план състоянието има особена значимост, защото предшества и подпомага развитието на захарен диабет тип 2, метаболитен синдром, неалкохолна мастна чернодробна болест и сърдечно-съдови заболявания (Kahn, 2003; Nolan & Prentki, 2019; Zimmet et al., 2001). Именно поради това инсулиновата резистентност не следва да се интерпретира единствено като биохимично отклонение, а като комплексен общественоздравен проблем, свързан с начина на живот, телесната маса, хранителното поведение, физическата активност и психосоциалните фактори. В прикачения труд теоретичната рамка е изградена около механизмите на инсулиновата резистентност, рисковите фактори и ролята на начина на живот в нейното управление (Filip et al., 2024).

Съществено място в теоретичните основания на изследването заема разбирането, че инсулиновата резистентност е предимно придобито състояние, повлияно от фактори като висцерално затлъстяване, физическа неактивност, хранителен дисбаланс, хроничен стрес и възрастово обусловено понижаване на метаболитната активност (Abdul-Ghani & DeFronzo, 2021; Laursen et al., 2019; Pennings et al., 2019). Тези фактори действат едновременно върху различни нива на метаболитната регулация и обуславят необходимостта от интегриран подход, който да не се ограничава само до медикаментозно или лабораторно проследяване. От общественоздравна гледна точка това означава, че управлението на инсулиновата резистентност трябва да бъде насочено към промяна на рисковото поведение, повишаване на двигателната активност, оптимизиране на храненето, редукция на телесното тегло и овладяване на стреса (Babalola et al., 2024).

Особено важна теоретична предпоставка за настоящото изследване е ролята на скелетната мускулатура като основна тъкан, отговорна за инсулин-медираното усвояване на глюкозата. Нарушенията в инсулиновия сигнален път, включително дефекти в преместването на GLUT4 транспортъорите към клетъчната мембрана, са сред водещите механизми за намален глюкозен транспорт при инсулинова резистентност. В същото време данните, че физическото натоварване може да активира алтернативни механизми за глюкозен транспорт чрез АМПК-зависими пътища, обосновават централното място на двигателната активност в интервенционните програми (Perry et al., 2015; Tzivion et al., 2011). Това подкрепя идеята, че физическата активност не е само общопревантивна мярка, а специфичен терапевтичен инструмент за подобряване на инсулиновата чувствителност (Kazeminasab et al., 2023).

Диагностичната и оценъчната основа на изследването се свързва с използването на клинично приложими индиректни показатели за инсулинова резистентност, сред които HOMA-IR, QUICKI, глюкоза и инсулин на гладно, липиден профил и антропометрични показатели. Макар хиперинсулинемичният-евгликемичен кламп да се приема като „златен стандарт“, неговата сложност ограничава приложението му в рутинната практика, поради което сурогатните индекси имат съществено значение при интервенционни и общественоздравни изследвания (Hossan et al., 2019; Perreault et al., 2019). Това позволява ефектът от комплексните програми да бъде оценен чрез реално приложими биохимични и физиологични маркери.

На тази основа целта на изследването е да се разработи и оцени ефективността на комплексна интервенционна програма за управление на инсулиновата резистентност. Тази цел произтича от разбирането, че най-голяма практическа стойност имат мултикомпонентните интервенции, които едновременно адресират биологичните, поведенческите и психосоциалните фактори. В прикачения файл задачите са формулирани в няколко взаимосвързани направления: проучване на рисковите фактори за развитие на инсулинова резистентност; изследване на стила на живот, нагласите и поведението на пациенти с инсулинова резистентност; разработване на комплексна интервенционна програма и оценка на ефекта от нейното приложение; както и предлагане на концептуален модел за ефективно управление на състоянието (Gowri et al., 2022).

В този смисъл изследването се основава на биопсихосоциална логика, според която инсулиновата резистентност не може да бъде обяснена и управлявана пълноценно само чрез отделен биомедицински показател. Необходим е модел, който обединява метаболитната оценка с анализ на двигателните навици, хранителното поведение, стреса, мотивацията и качеството на живот. Затова предложената интервенционна програма, включваща специфичен двигателен режим, персонализирано хранене, нутритивна подкрепа и техники за справяне със стреса, е теоретично обоснована като интегриран подход за подобряване на инсулиновата чувствителност, редукция на кардиометаболитния риск и повишаване на здравно-свързаното качество на живот.

2. МАТЕРИАЛИ И МЕТОД

Материалите и методите на настоящото изследване са подбрани в съответствие с неговата основна цел – да се разработи и оцени ефективността на комплексна интервенционна програма за управление на инсулиновата резистентност. Методологичната рамка на проучването има смесен характер, тъй като съчетава количествен и качествен подход. Това позволява, от една страна, обективно проследяване на промени в биохимични и физиологични показатели, а от друга – анализ на поведенческите, мотивационните и психосоциалните фактори, които влияят върху управлението на състоянието. В рамките на изследването са използвани документален анализ, полуструктурирани интервюта с експерти, анкетно проучване сред лица с инсулинова резистентност, интервенционен дизайн с начално и крайно измерване, както и статистическа обработка на получените данни.

Изследваната съвкупност включва 40 участници с диагностицирана инсулинова резистентност. В методологичното описание на проучването е посочено, че участниците са подбрани с оглед на относителна хомогенност по възраст и здравен статус, за да се осигури по-надеждно проследяване на ефектите от приложената интервенция. Подборът е осъществен на доброволен принцип, като лицата са предварително информирани за целите, етапите и характера на изследването и са включени след предоставяне на информирано съгласие. Така се гарантира спазване на основните етични изисквания при провеждане на изследване с участието на хора, както и възможност за проследяване на промените в рамките на предварително дефинирана група.

Изследователската процедура е организирана в няколко последователни етапа. В началния етап се събира базова информация за участниците чрез специално разработена анкетна карта, включваща въпроси за физическа активност, хранителни навици, ниво на стрес, психоемоционално състояние, мотивация за промяна в начина на живот и бариери пред поддържането на здравословно поведение. Паралелно с анкетното проучване са проведени обективни биохимични и физиологични измервания в клинични условия. Проследяваните показатели включват глюкоза на гладно, инсулин на гладно, липиден профил, индекс на телесна маса и артериално налягане. Тези показатели са избрани, тъй като дават възможност за комплексна оценка на гликемичния контрол, липидния обмен, телесния статус и сърдечно-съдовия риск при лица с инсулинова резистентност.

Интервенционният етап включва прилагането на комплексна програма с продължителност три месеца. Програмата обединява двигателен режим, индивидуализиран хранителен план, прием на хранителни добавки и структурирани техники за управление на стреса. Този мултикомпонентен подход е насочен към едновременно повлияване на метаболитните, поведенческите и психоемоционалните аспекти на инсулиновата резистентност. След приключване на интервенционния период се провежда заключителна оценка, при която се повтарят биохимичните и физиологичните измервания, както и анкетното проучване, с цел да се установят настъпилите промени спрямо изходното състояние.

За оценка на ефекта от интервенцията са използвани показатели, свързани с гликемичния контрол, липидния профил, телесния състав и сърдечно-съдовата функция. Сред основните биомаркери са глюкоза на гладно, инсулин на гладно, HOMA-IR, резултат от орален тест за глюкозен толеранс, общ холестерол, LDL, HDL, триглицериди, индекс на телесна маса, систолично и диастолично артериално налягане. Всички показатели са измерени двукратно – преди началото и след края на тримесечната интервенционна програма, което позволява сравнителна оценка на ефективността на приложената стратегия.

Статистическата обработка на данните включва използване на описателна статистика за представяне на изходните и крайните стойности чрез средни стойности и стандартни отклонения.

3. РЕЗУЛТАТИ

Интервенционната програма е разработена като тримесечен комплексен модел за управление на инсулиновата резистентност, насочен към едновременно повлияване на метаболитните, поведенческите и психоемоционалните фактори, свързани със състоянието. Тя включва индивидуализиран двигателен режим с акцент върху редовна физическа активност, персонализиран хранителен план, съобразен с принципите на балансирано хранене и контрол на гликемичния товар, нутритивна подкрепа чрез хранителни добавки и прилагане на техники за управление на стреса и подобряване на саморегулацията. Програмата е структурирана така, че да подпомогне редуцията на хиперинсулинемията, подобряването на инсулиновата чувствителност, нормализирането на липидния профил, понижаването на телесната маса и ограничаването на кардиометаболитния риск. Нейната логика се основава на разбирането, че ефективното управление на инсулиновата резистентност изисква не изолирана промяна в отделен поведенчески фактор, а интегриран подход, който съчетава двигателна активност, хранително поведение, контрол на стреса и активно участие на пациента в процеса на промяна на начина на живот.

Сравнителните данни за биохимичните и физиологичните показатели преди и след прилагането на интервенционната програма са представени в Таблица 1.

Таблица 1. Биохимични и физиологични показатели преди и след интервенцията

Биомаркер	Начални стойности	Стойности след интервенцията	Обобщение на промяната
Глюкоза на гладно	6.0 ± 0.6 mmol/L; 70% над референтната граница	5.4 ± 0.4 mmol/L; 70% в референтни граници	Подобрен гликемичен контрол и намаляване на дела на лицата с повишена глюкоза
Инсулин на гладно	19.0 ± 7.0 μ IU/mL; 60% ≥ 20 μ IU/mL	11.0 ± 4.5 μ IU/mL; 80% в средните референтни граници	Съществена редукция на хиперинсулинемията
HOMA-IR	5.0 ± 2.0 ; 85% > 2.5	2.4 ± 0.9 ; 25% < 2.0 , 20% > 2.5	Значимо подобрение на инсулиновата чувствителност
ОГТТ, 75 g, 2-ри час	8.6 ± 1.4 mmol/L; 62.5% с нарушен глюкозен толеранс, 10% ≥ 11.1 mmol/L	7.3 ± 1.2 mmol/L; 60% с нормален глюкозен толеранс, 5% ≥ 11.1 mmol/L	Подобрена способност за обработване на глюкозно натоварване
Общ холестерол	5.8 ± 0.8 mmol/L; 65% ≥ 5.2 mmol/L	5.0 ± 0.6 mmol/L; 65% под 5.2 mmol/L	Благоприятна промяна в общия липиден профил
LDL	3.7 ± 0.7 mmol/L; 60% ≥ 3.4 mmol/L	3.0 ± 0.6 mmol/L; 20% под 2.6 mmol/L	Намаляване на атерогенния липиден риск
HDL	1.1 ± 0.2 mmol/L; 55% под полово-специфичната норма	1.3 ± 0.2 mmol/L; 75% в или над референтните граници	Повишаване на защитния липиден компонент
Триглицериди	2.0 ± 0.7 mmol/L; 60% ≥ 1.7 mmol/L	1.5 ± 0.5 mmol/L; 70% под 1.7 mmol/L	Редукция на дислипидемичния риск, характерен за ИР
ИТМ	29.4 ± 3.5 kg/m ² ; 75% ≥ 25 kg/m ² , 35% ≥ 30 kg/m ²	27.0 ± 3.0 kg/m ² ; 35% в границите 22–24.9 kg/m ² , 20% ≥ 30 kg/m ²	Намаляване на телесната маса и дела на лицата със затлъстяване
Систолчно кръвно налягане	136 ± 12 mmHg; 65% ≥ 130 mmHg	130 ± 10 mmHg; 55% под 130 mmHg	Понижаване на хемодинамичното натоварване
Диастолчно кръвно налягане	86 ± 8 mmHg; 50% ≥ 85 mmHg	82 ± 6 mmHg; 75% под 85 mmHg	Подобрена съдова регулация и по-нисък сърдечно-съдов риск

Източник: Собствена разработка на автора.

Преди започване на интервенционната програма профилът на изследваните лица се характеризира с изразени отклонения в основните показатели, свързани с инсулиновата резистентност и кардиометаболитния риск. Средната стойност на глюкозата на гладно е 6.0 ± 0.6 mmol/L, като при 70% от участниците тя надвишава референтната граница. Инсулинът на гладно е средно 19.0 ± 7.0 μ IU/mL, като при 60% от лицата стойностите са ≥ 20 μ IU/mL. Средната стойност на HOMA-IR е 5.0 ± 2.0 , а при 85% от участниците индексът е над 2.5. При оралния глюкозотолерантен тест средната стойност на втория час е 8.6 ± 1.4 mmol/L, като 62.5% от лицата са с нарушен глюкозен толеранс, а 10% са със стойности ≥ 11.1 mmol/L. Липидният профил също показва отклонения, изразени в среден общ холестерол 5.8 ± 0.8 mmol/L, LDL 3.7 ± 0.7 mmol/L, HDL 1.1 ± 0.2 mmol/L и триглицериди 2.0 ± 0.7 mmol/L. Антропометричните и хемодинамичните показатели показват среден ИТМ 29.4 ± 3.5 kg/m², като 75% от участниците са с ИТМ ≥ 25 kg/m², а 35% са със стойности ≥ 30 kg/m². Средното систолчно артериално налягане е 136 ± 12 mmHg, а диастоличното – 86 ± 8 mmHg.

След прилагането на интервенционната програма се регистрират промени в проследяваните биохимични и физиологични показатели. Средната стойност на глюкозата на гладно намалява до 5.4 ± 0.4 mmol/L, като при 70% от участниците стойностите попадат в референтни граници. Инсулинът на гладно се понижава до 11.0 ± 4.5 μ IU/mL, като при 80% от лицата стойностите са в средните граници на референтния диапазон. Средната стойност на HOMA-IR достига 2.4 ± 0.9 , като при 25% от участниците индексът е под 2.0, а при 55% е в диапазона 2.0–2.5. При оралния глюкозотолерантен тест средната стойност на втория час намалява до 7.3 ± 1.2 mmol/L, като 60% от лицата са със стойности под 7.8 mmol/L. Отчетени са и промени в липидния

профил: общият холестерол намалява до 5.0 ± 0.6 mmol/L, LDL – до 3.0 ± 0.6 mmol/L, HDL се повишава до 1.3 ± 0.2 mmol/L, а триглицеридите намаляват до 1.5 ± 0.5 mmol/L. След интервенцията средният ИТМ е 27.0 ± 3.0 kg/m², като делът на лицата със стойности ≥ 30 kg/m² намалява до 20%, а 35% от участниците са в границите 22–24.9 kg/m². Средното систолично артериално налягане е 130 ± 10 mmHg, а диастоличното – 82 ± 6 mmHg.

4. ДИСКУСИЯ

Получените резултати очертават ясно изразен положителен ефект от приложената интервенционна програма върху метаболитния профил на изследваните лица. Изходните стойности показват, че преди интервенцията групата се характеризира с типичен профил на инсулинова резистентност, включващ повишена глюкоза на гладно, високи стойности на инсулин, значително повишен HOMA-IR, нарушен глюкозен толеранс, дислипидемия, наднормено тегло или затлъстяване и повишени стойности на артериалното налягане. Тази съвкупност от отклонения показва, че при участниците не е налице изолирано нарушение само в гликемичния контрол, а по-широк кардиометаболитен риск, който обхваща въглехидратната, липидната, антропометричната и хемодинамичната регулация. Именно поради това резултатите след интервенцията следва да се интерпретират не само като подобрене на отделни лабораторни показатели, а като общо благоприятно изместване на здравния профил на групата.

Най-съществена промяна се наблюдава при показателите, пряко свързани с инсулиновата резистентност. Намаляването на глюкозата на гладно от 6.0 ± 0.6 mmol/L до 5.4 ± 0.4 mmol/L показва подобряване на базалния гликемичен контрол и преминаване на значителна част от участниците към референтни стойности. Още по-показателно е понижението на инсулина на гладно от 19.0 ± 7.0 μ IU/mL до 11.0 ± 4.5 μ IU/mL, тъй като то отразява намалена необходимост от компенсаторна хиперинсулинемия. В този контекст редукцията на HOMA-IR от 5.0 ± 2.0 до 2.4 ± 0.9 е особено важна, защото обединява промените в глюкозата и инсулина и свидетелства за реално подобряване на инсулиновата чувствителност. Макар при част от участниците индексът да остава над оптималните стойности, общата тенденция показва значително отдалечаване от изходния патологичен профил.

Подобриеното в резултатите от оралния глюкозотолерантен тест допълва тази картина, тъй като показва, че ефектът от интервенцията не се ограничава само до стойностите на гладно. Намаляването на средната стойност на втория час от 8.6 ± 1.4 mmol/L до 7.3 ± 1.2 mmol/L и увеличаването на дела на лицата с нормален глюкозен толеранс показват по-добра способност на организма да обработва глюкозно натоварване. Това е съществен резултат, защото нарушението в постпрандиалната гликемична регулация често предшества или съпътства прогресията към предиабет и диабет тип 2. Намаляването на дела на лицата със стойности, съответстващи на диабетен диапазон, също насочва към потенциален превантивен ефект на програмата.

Липидният профил също се променя в благоприятна посока. Намаляването на общия холестерол, LDL и триглицеридите, съчетано с повишаване на HDL, показва редукция на атерогенния риск. Тези резултати са особено значими, тъй като инсулиновата резистентност често се свързва с характерна дислипидемия, включваща повишени триглицериди, понижен HDL и повишени атерогенни липопротеини. След интервенцията се наблюдава не само количествено подобрене на отделните липидни показатели, но и по-благоприятно разпределение на участниците спрямо референтните граници. Това предполага, че програмата има ефект не само върху въглехидратния метаболизъм, но и върху липидната обмяна, което е важно за ограничаване на дългосрочния сърдечно-съдов риск.

Промените в ИТМ показват, че интервенцията е довела до редукция на телесната маса и намаляване на дела на участниците със затлъстяване. Средният ИТМ намалява от 29.4 ± 3.5 kg/m² до 27.0 ± 3.0 kg/m², като делът на лицата със стойности ≥ 30 kg/m² спада от 35% на 20%. Това е важен резултат, тъй като излишната телесна маса, особено когато е свързана с висцерално затлъстяване, е един от основните фактори за поддържане на инсулинова резистентност. Намаляването на ИТМ вероятно допринася за подобренията в глюкозния и липидния профил, но същевременно може да се разглежда и като самостоятелен индикатор за ефективност на промяната в начина на живот.

Понижаването на систоличното и диастоличното артериално налягане допълнително подкрепя извода за благоприятен ефект върху кардиометаболитния риск. Средното систолично налягане намалява от 136 ± 12 mmHg до 130 ± 10 mmHg, а диастоличното – от 86 ± 8 mmHg до 82 ± 6 mmHg. Въпреки че при част от участниците стойностите остават гранични, посоката на промяната показва намаляване на хемодинамичното натоварване. Това е особено важно, защото повишеното артериално налягане често се комбинира с инсулинова резистентност, дислипидемия и наднормено тегло, формирайки комплексен рисков профил за сърдечно-съдови заболявания.

В дискуссионен план резултатите подкрепят ефективността на мултикомпонентния подход, при който двигателната активност, хранителната промяна, нутритивната подкрепа и управлението на стреса се прилагат като взаимодопълващи се елементи. Подобренията в различни групи показатели показват, че интервенцията не въздейства еднопосочно, а има системен ефект върху няколко взаимосвързани механизма. Това е особено важно при инсулинова резистентност, защото състоянието се поддържа от множество фактори – намалена физическа активност, небалансирано хранене, повишена телесна маса, хроничен стрес и нарушен метаболитен отговор. Следователно резултатите потвърждават необходимостта от интегриран, а не фрагментиран подход към управлението на състоянието.

Въпреки отчетените подобрения, резултатите показват и че при част от участниците се запазват гранични или патологични стойности. Това се наблюдава най-вече при НОМА-IR, ОГТТ, LDL, ИТМ и артериалното налягане. Този факт показва, че тримесечната интервенция е достатъчна за постигане на значими начални подобрения, но при част от лицата вероятно е необходим по-продължителен период на проследяване и поддържане на промените в начина на живот. Следователно програмата може да се разглежда като ефективен стартов модел за управление на инсулиновата резистентност, но не и като еднократна или окончателна мярка.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведеното проучване върху прилагането на представената интервенционна програма показват, че приложената интервенционна програма води до подобрение в основните маркери на инсулинова резистентност, липиден обмен, телесна маса и артериално налягане. Това потвърждава практическата значимост на комплексните интервенции, основани на промяна в начина на живот, при лица с инсулинова резистентност. Най-силният ефект се наблюдава при показателите, свързани с гликемичния контрол и хиперинсулинемията, но положителната промяна в липидния и хемодинамичния профил показва и по-широк общественоздравен потенциал на програмата за редуциране на кардиометаболитния риск.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- Abdul-Ghani, M., & DeFronzo, R. A. (2021). Insulin resistance and hyperinsulinemia: The egg and the chicken. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 106(4), e1897–e1899. <https://doi.org/10.1210/clinem/dgaa364>
- Babalola, O. O., Ottu, P. O., Akinnusi, E., & Aturamu, P. O. (2024). Lifestyle Interventions to Manage Insulin Resistance. *IntechOpen EBooks*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.1005259>
- Filip, K., Sochań, G., Dudek, J., Bodziony, K., Pszonka, A., Komoń, A., & Wodziak, D. (2024). *The role of physical activity in insulin resistance. Roczniki Medyczne/PAMM*, 30(3). <https://doi.org/10.26399/rmp.v30.3.2024/k.filip/g.sochan/j.dudek/k.bodziony/a.pszonka/a.komon/d.wodziak>
- Gowri, M., Rajendran, J., Srinivasan, A. R., Bhavanani, A. B., & Meena, R. (2022). Impact of an Integrated Yoga Therapy Protocol on Insulin Resistance and Glycemic Control in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus. *Rambam Maimonides Medical Journal*, 13(1). <https://doi.org/10.5041/RMMJ.10462>
- Kahn, S. E. (2003). The relative contributions of insulin resistance and beta-cell dysfunction to the pathophysiology of type 2 diabetes. *Diabetologia*, 46, 3–19. <https://doi.org/10.1007/s00125-002-1009-0>
- Kazeminasab, F., Sharafifard, F., Miraghajani, M., Behzadnejad, N., & Rosenkranz, S. K. (2023). The effects of exercise training on insulin resistance in children and adolescents with overweight or obesity: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Endocrinology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1178376>
- Laursen, T. L., Hagemann, C. A., Wei, C., Kazankov, K., Thomsen, K. L., Knop, F. K., & Grønbaek, H. (2019). Bariatric surgery in patients with non-alcoholic fatty liver disease: From pathophysiology to clinical effects. *World Journal of Hepatology*, 11(2), 138–149. <https://doi.org/10.4254/wjh.v11.i2.138>
- Nolan, C. J., & Prentki, M. (2019). Insulin resistance and insulin hypersecretion in the metabolic syndrome and type 2 diabetes: Time for a conceptual framework shift. *Diabetes and Vascular Disease Research*, 16(2), 118–127. <https://doi.org/10.1177/1479164119827611>
- Pennings, N., Jaber, J., & Ahiawodzi, P. (2018). Ten-year weight gain is associated with elevated fasting insulin levels and precedes glucose elevation. *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*, 34(4), e2986. <https://doi.org/10.1002/dmrr.2986>
- Perreault, L., Pan, Q., Schroeder, E. B., Kalyani, R. R., Bray, G. A., Dagogo-Jack, S., White, N. H., Goldberg, R. B., Kahn, S. E., Knowler, W. C., Mathioudakis, N., Dabelea, D., & Diabetes Prevention Program Research Group. (2019). Regression from prediabetes to normal glucose regulation and prevalence of microvascular disease in the Diabetes Prevention Program Outcomes Study (DPPOS). *Diabetes Care*, 42(9), 1809–1815. <https://doi.org/10.2337/dc19-0244>

- Perry, R. J., Camporez, J. G., Kursawe, R., Titchenell, P. M., Zhang, D., Perry, C. J., et al. (2015). Hepatic acetyl CoA links adipose tissue inflammation to hepatic insulin resistance and type 2 diabetes. *Cell*, 160(4), 745–758. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2015.01.012>
- Tzivion, G., Dobson, M., & Ramakrishnan, G. (2011). FoxO transcription factors: Regulation by AKT and 14-3-3 proteins. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1813(11), 1938–1945. <https://doi.org/10.1016/j.bbamcr.2011.06.002>