



ВЫЯВЛЕНИЕ ФАКТОРОВ РИСКА САХАРНОГО ДИАБЕТА ВТОРОГО ТИПА НА ОСНОВАНИИ ЗАРУБЕЖНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ (ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР)

Студент 3 курса – Эрбеков Шохжахон Собиржон угли

Факультет Лечебное дело №1

Ташкентский государственный медицинский университет

Салихов Мирилхам Усманович

Научный руководитель старший преподаватель кафедры

Пропедевтики внутренних болезней №1

Аннотация

Введение – По оценкам Международной диабетической федерации (IDF) в 2021 году диагноз был уже 537 млн человек и 98% диагностированных это диабет 2 типа. Инсулинорезистентность является определяющим фактором в патофизиологии сахарного диабета 2 типа (СД2). Многочисленные факторы риска, включая тяжёлое ожирение, семейный анамнез, этническую принадлежность, материнский диабет или гестационный диабет, дисбаланс гормонов, хронический недосып и не здоровый образ жизни способствуют более молодому возрасту начала заболевания.

Цель работы – Провести анализ данных, представленных в зарубежных исследованиях, о причинах возникновения сахарного диабета второго типа и его профилактике.

Материалы и методы – Обзор основан на данных зарубежных исследований, полученных в результате выборочного поиска в электронных базах PubMed с 2015 по 2024 г.



Заключение – Причины второго типа сахарного диабета является ожирение, этнические принадлежности, депрессия и хронический недосып. Для профилактики этого заболевания нужно регулярно быть в физическом активности, качественный, хороший сон и правильное питание.

Ключевые слова: Сахарный диабет, инсулинорезистентность, инсулин, гипергликемия, глюкоза.

IDENTIFICATION OF RISK FACTORS FOR TYPE 2 DIABETES MELLITUS BASED ON FOREIGN STUDIES (LITERATURE REVIEW)

*Student of 3 course – **Erbekov Shohjahon Sobirjon's son***

№1 Faculty of General medicine

Tashkent state medical university

Salikhov Mirilham Usmanovich

Scientific director senior lecturer of department

Propaedeutics of internal diseases №1

Abstract

Introduction – According to the International Diabetes Federation (IDF), in 2021, 537 million people were diagnosed with diabetes, and 98% of those diagnosed were type 2 diabetes. Insulin resistance is a determining factor in the pathophysiology of type 2 diabetes mellitus (T2DM). Multiple risk factors, including severe obesity, family history, ethnicity, maternal diabetes or gestational diabetes, hormonal imbalance, chronic sleep deprivation, and unhealthy lifestyle contribute to a younger age at onset of the disease. *The purpose of the work* –



Conduct an analysis of data presented in foreign studies on the causes of type 2 diabetes and its prevention.

Materials and methods – The review is based on data from foreign studies obtained as a result of a selective search in PubMed electronic databases from 2015 to 2024.

Conclusion – The causes of type 2 diabetes are obesity, ethnicity, depression and chronic lack of sleep. To prevent this disease, you need to be regularly physically active, have quality, good sleep and eat right.

Keywords: Diabetes mellitus, insulin resistance, insulin, hyperglycemia, glucose.

Введение. В настоящее время во всем мире растёт количество людей с сахарным диабетом второго типа. По данным Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ) более 95% диабетиков – люди с диабетом второго типа. До недавнего времени диабет этого типа наблюдался только среди взрослых, однако в настоящее время он все чаще проявляется и у детей.

Сахарный диабет (СД) – хроническое метаболическое заболевание, характеризующееся хронической гипергликемией, связанной с нарушением углеводного, липидного и белкового обмена с недостатком секреции инсулина или снижением чувствительности к метаболическим эффектам инсулина [1]. Распространённость сахарного диабета 2 типа (СД2) быстро растёт во всем мире и идёт параллельно с увеличением распространённости ожирения [2]. Инсулинорезистентность (ИР) ухудшает способность мышечных клеток поглощать и хранить глюкозу и триглицериды, что приводит к высокому уровню глюкозы и триглицеридов, циркулирующих в крови [3]. ИР обычно присутствует у пожилых людей, но становится все более распространенным



во всех возрастах, включая людей среднего возраста с избыточным весом и сидячим образом жизни [4]. ИР обычно определяется как снижение чувствительности и чувствительности к инсулин-опосредованному диспозу глюкозы и ингибирование производства глюкозы в печени [5].

Тенденция к росту СД2 на ранних стадиях связана с множеством различных факторов риска, которые демонстрируют многофакторный характер заболевания. Вызывает беспокойство тот факт, что ожирение, которое демонстрирует растущие показатели, особенно среди молодого населения, и в основном вызвано нездоровым образом жизни, по-видимому, является основным фактором [6]. Более важным, чем ожирение как таковое, представляется неблагоприятное распределение жировой ткани, характеризующееся уменьшением подкожной жировой ткани и повышенным содержанием внутримиоцеллюлярных и внутрипеченочных липидов, что также более выражено у пациентов с ранним началом СД2. На самом деле, внутрипеченочный жир, который становится наиболее важным маркером инсулинорезистентности, в три раза выше по сравнению с более поздним началом СД2 и сопоставимыми по ИМТ сверстниками без диабета [6-7]. Кроме того, внутриматочная среда становится ключевым фактором резистентности к инсулину в этих условиях. Согласно последующему исследованию гипергликемии и неблагоприятных исходов беременности (HAPO FUS), существует линейная связь между гликемией матери и ребенка по всему спектру уровней глюкозы, наряду с обратной связью между уровнями глюкозы у матери во все моменты 2-часового перорального глюкоза толерантного теста и чувствительностью ребенка к инсулину, оцениваемой по индексу Мацуды, независимо от ИМТ матери или ребенка и семейного анамнеза. Эти результаты подчеркивают вклад воздействия более высоких уровней глюкозы в утробе матери на развитие инсулинорезистентности в более раннем возрасте [8]. Кроме того, считается, что гормональные



изменения в период полового созревания также усиливают резистентность к инсулину. Ожидаемый всплеск гормона роста (ГР) с последующим обширным расщеплением липидов и повышением концентрации свободных жирных кислот в кровотоке является основным механизмом кратковременного повышения инсулинорезистентности в этот период [9]. Наконец, в нескольких исследованиях описывается положительная связь между метаболическими заболеваниями и депривацией сна, причем последнее особенно заметно среди подростков в последние годы. Хроническое недосыпание связано с повышением уровня кортизола, маркеров воспаления и снижением уровня тестостерона. Кроме того, изменяя экспрессию нескольких гормонов, связанных с аппетитом (например, орексина, грелина), лишение сна вызывает дисбаланс в центральной регуляции аппетита, контролируемой гипоталамусом, и, следовательно, увеличивает риск ожирения [10].

Примечательно, что раннее начало СД2 широко распространено у людей, происходящих из определенных этнических групп, таких как коренные Австралийцы, Индейцы Пима, коренные Американцы и коренные народы Канады, что может быть связано либо с генетической предрасположенностью, либо с более низким социально-экономическим статусом [11]. Консорциум «Прогресс в генетике диабета у молодежи» (ProDiGY) собрал данные трех исследований (TODAY Study, SEARCH Study и T2D-GENES) с целью изучения влияния различных генетических вариантов, предрасполагающих к СД2 в молодом возрасте, и обнаружил семь полно геномных ассоциаций [12]. Более того, Pettitt и другие в исследовании SEARCH for DIABETES обнаружили, что детерминанты раннего возраста, влияющие на внутриутробную среду, такие как гестационный СД у матери и ожирение, связаны с повышенным риском развития СД2 в более раннем возрасте [13]. Кроме того, систематический обзор и метаанализ показали, что новорожденные малые для гестационного возраста (СГС) по сравнению с



новорожденными с адекватными размерами для гестационного возраста имеют повышенный риск (в 2,33 раза выше) развития СД2 в детском или подростковом возрасте [14].

Тренировки и физическая активность считаются краеугольным камнем в профилактике и лечении СД2. Наряду с контролем гликемии, физические упражнения имеют ряд преимуществ, таких как снижение ИР и улучшение аэробной способности, мышечной силы, состава тела и эндотелиальных функций [5]. Несмотря на то, что физические упражнения эффективны в улучшении гликемического контроля, липидного профиля крови и других исходов при СД2, эффективность различных видов упражнений менее известна. Аэробные упражнения традиционно являются наиболее изученными упражнениями; Он задействует большие группы мышц и включает в себя ходьбу, езду на велосипеде, плавание и бег трусцой [15]. Примечательно, что аэробные упражнения являются хорошо зарекомендовавшим себя способом улучшения HbA1c, и существуют убедительные доказательства в отношении влияния аэробной активности на потерю веса и улучшенную регуляцию метаболизма липидов и липопротеинов.⁸ Например, в отчете 2007 года 6 месяцев аэробных упражнений у 60 взрослых с диабетом 2 типа привели к снижению HbA1c ($-0,63\% \pm 0,41$ против $0,31\% \pm 0,10$, $P < 0,001$), глюкозы плазмы натощак ($-18,6$ мг/дл $\pm 4,4$ против $4,28$ мг/дл $\pm 2,57$, $P < 0,001$), инсулинорезистентности ($-1,52 \pm 0,6$ против $0,56 \pm 0,44$, $P = 0,023$; по оценке гомеостатической модели), инсулина натощак ($-2,91$ мЕд/л $\pm 0,4$ против $0,94$ мЕд/л $\pm 0,21$, $P = 0,031$) и систолического артериального давления ($-6,9$ мм рт. ст. $\pm 5,19$ против $1,22$ мм рт. ст. $\pm 1,09$, $P = 0,010$) по сравнению с контрольной группой [16].

Клиническое испытание по ремиссии диабета (исследование DiRECT) было направлено на изучение того, может ли интенсивная программа



управления весом (замена обычного рациона) в рамках стандартной медицинской помощи, наряду с прекращением приема всех лекарств от диабета, достичь ремиссии СД2, определяемой как $HbA1c < 6,5\%$. Участники этого исследования в возрасте от 20 до 65 лет были диагностированы в течение 6 лет, имели ИМТ от 27 до 45 кг/м^2 и не получали лечение инсулином. Основные результаты через 12 месяцев показали, что 24% участников экспериментальной группы потеряли $\geq 15 \text{ кг}$, а ремиссия СД2 была достигнута у 46% участников (по сравнению с 0% и 4% в контрольной группе, которая лечилась в соответствии с рекомендациями), что предполагает, что СД2 можно обратить, если применить соответствующие диетические и поведенческие вмешательства вскоре после диагностики. В 48-месячном анализе того же исследования потеря веса $\geq 15 \text{ кг}$ была сохранена у 11%, а ремиссия СД2 – у 36% участников экспериментальной группы. Важно отметить, что 70% тех, кто сохранил потерю веса $\geq 15 \text{ кг}$, смогли достичь длительной ремиссии, подчеркивая тесную связь между этими двумя факторами. Аналогично, рандомизированное контролируемое исследование DIADEM-I было разработано для исследования влияния интенсивного вмешательства в образ жизни (замена обычного рациона и физическая активность) на потерю веса и ремиссию СД2, но в отличие от исследования DiRECT оно включало более молодых пациентов (в возрасте 18–50 лет) с более короткой продолжительностью болезни (≤ 3 года). У пациентов был ИМТ $\geq 27 \text{ кг/м}^2$. Через 12 месяцев средняя потеря веса в экспериментальной группе составила 11.98 кг, а ремиссия СД2 была достигнута у 61% участников (по сравнению с 3.98 кг и 12% в контрольной группе, которая получала обычное лечение диабета) [17-18-19].

ВИИТ увеличивает окислительную способность скелетных мышц, гликемический контроль и чувствительность к инсулину у взрослых с сахарным диабетом 2 типа [20-21]. Недавний метаанализ, в котором



количественно оценивалось влияние программ ВИИТ на регуляцию глюкозы и резистентность к инсулину, показал превосходные эффекты ВИИТ по сравнению с аэробными тренировками или отсутствием физических упражнений в качестве контроля [20]. В частности, в 50 исследованиях с вмешательствами продолжительностью не менее 2 недель, у участников в группах ВИИТ наблюдалось снижение HbA1c на 0,19% и снижение массы тела на 1,3 кг по сравнению с контрольными группами.

Недавний мета-анализ оценил психологические (стресс, депрессия, тревожность, способы совладения), мотивационные (само эффективность) и поведенческие факторы (соблюдение диеты, физическая активность, соблюдение режима приёма медикаментов, мониторинг уровня глюкозы в крови и посещение назначенных встреч) как предикторы поведения по уходу за собой среди взрослых с диабетом 2 типа. Депрессия способствовала значительно более низкому уровню физической активности и соблюдения диеты, в то время как высокий уровень стресса предсказывал более низкое соблюдение режима приёма медикаментов [22].

Депрессия и стресс, связанный с диабетом, могут снижать контроль над уровнем HbA1c, артериальным давлением и холестерином, соблюдение лечения и общее состояние здоровья среди пациентов с диабетом 2 типа. Люди с депрессией и стрессом от диабета могут быть подвержены большему риску негативных последствий из-за недостаточного контроля диабета, чем те, кто испытывает только одно из этих состояний или не имеет ни того, ни другого. Американская диабетическая ассоциация рекомендует врачам проводить скрининг на депрессию и стресс, связанный с диабетом, у пациентов с диабетом в ходе их первичного визита и периодически после этого. Включение проверенных инструментов скрининга на депрессию и стресс, связанный с диабетом, в электронные медицинские записи упрощает процесс



скрининга и сбор ответов от пациентов, а также улучшает способность врачей удовлетворять психические потребности своих пациентов. Положительные результаты скрининга на депрессию или стресс от диабета сигнализируют о необходимости подключения пациентов к дополнительной помощи, такой как команда совместного лечения или образование и поддержка по самостоятельному управлению диабетом. Доказательства, обобщенные здесь, предполагают, что ранний скрининг, профилактика и лечение депрессии или стресса от диабета могут привести к лучшему самостоятельному управлению диабетом и улучшению качества жизни людей с диабетом 2 типа [23].

Американский колледж спортивной медицины выделил структурированные упражнения, подкрепленные значительным объемом доказательств лечения и контроля диабета [24]. В совокупности физические упражнения и изменения образа жизни могут фактически замедлить прогрессирование ИР [25]. Последние данные свидетельствуют о том, что комбинация аэробных тренировок и тренировок с отягощениями (комбинированные упражнения) более полезна, чем любой из методов тренировки по отдельности. Аэробные упражнения повышают чувствительность к инсулину, а тренировки с отягощениями могут улучшить усвоение глюкозы в крови за счет увеличения мышечной массы, при этом механизмы экспрессии транспортера глюкозы 4-го типа, по-видимому, являются синергетическими [26].

Интервенты в образе жизни, включая достижение/поддержание оптимального веса, здоровые привычки питания, регулярные физические упражнения, отказ от курения и ограничение потребления алкоголя, являются ключевыми столпами лечения и вместе с образованием по самоконтролю при диабете должны иметь приоритет и рассматриваться как первая линия и важный компонент плана управления пациентом [27].



В Китае научные исследования сосредоточенные на мета анализе показывает что проспективных исследований показывает U-образную связь между продолжительностью сна и риском развития сахарного диабета 2 типа, при этом самый низкий риск развития диабета 2 типа составляет 7–8 часов в сутки продолжительности сна. Как короткая, так и длительная продолжительность сна связаны с повышенным риском развития диабета 2 типа. Долгосрочные рандомизированные исследования с троллингом необходимы для установления причинно – следственной связи и выяснения основных механизмов [28].

Заключение. Одним из причин проявлений СД2 является инсулина резистентность. Это состояние, при котором инсулин вырабатывается больше, чем нормы и глюкоза в крови повышен. Люди с тяжелым ожирением болеют часто, так как у них есть нарушение в метаболизме углеводов, липидов и белков. Еще нужно отметить, что этническая принадлежность, материнский диабет или гестационный диабет, дисбаланс гормонов и возраст тоже могут быть фактором СД2. Вдобавок можно сказать что хронический недосып и депрессия является одним из ключевых факторов СД2 у молодого населения земли.

Для профилактики этого заболевания нужно делать Аэробные упражнения каждый день предварительно 1-2 часа в день. Это может быть ходьба, езда на велосипеде, плавание и бег трусцой. Но самое важное это правильное питание. Баланс между углеводами, липидами и белком. 7-8 часов глубокого и качественного сна каждый день. Соблюдать принципам здорового образа жизни.

Для ранней диагностики нужно каждые 6-12 месяцев нужно сдавать анализы инсулина, венозную глюкозу и гликированный гемоглобин.



Литература:

- [1]. Motahari-Tabari N, Ahmad Shirvani M, Shirzad-e-Ahoodashty M, Yousefi-Abdolmaleki E, Teimourzadeh M. The effect of 8 weeks aerobic exercise on insulin resistance in type 2 diabetes: a randomized clinical trial. Glob J Health Sci 2014;7:115–21. <http://dx.doi.org/10.5539/gjhs.v7n1p115>.
- [2]. Aune D, Norat T, Leitzmann M, Tonstad S, Vatten LJ. Physical activity and the risk of type 2 diabetes: a systematic review and dose – response meta-analysis. Eur J Epidemiol 2015;30:529–42. <http://dx.doi.org/10.1007/s10654-015-0056-z>.
- [3]. Short KR, Vittone JL, Bigelow ML, et al. Effect of supervised progressive resistance-exercise training protocol on insulin sensitivity, glycemia, lipids, and body composition in Asian Indians with type 2 diabetes. Diabetes 2008;67:179–83. <http://dx.doi.org/10.2337/diabetes.52.8.1888>.
- [4]. Keshel TE. Exercise training and insulin resistance: a current review. J Obes Weight Loss Ther 2015;5:228–41. <http://dx.doi.org/10.4172/2165-7904.S5-003>.
- [5]. Gutch M, Kumar S, Razi SM, Gupta KK, Gupta A. Assessment of insulin sensitivity/resistance. Indian J Endocrinol Metab 2015;19:160–4. <http://dx.doi.org/10.4103/2230-8210.146874>.
- [6]. N. Lascar, J. Brown, H. Pattison, A.H. Barnett, C.J. Bailey, S. Bellary, Type 2 diabetes in adolescents and young adults. Lancet Diabetes Endocrinol. 6, 69–80 (2018). [https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(17\)30186-9](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(17)30186-9)
- [7]. E. D’Adamo, S. Caprio, Type 2 diabetes in youth: epidemiology and pathophysiology. Diabetes Care 34, S161–S165 (2011). <https://doi.org/10.2337/dc11-s212>
- [8]. D.M. Scholtens, A. Kuang, L.P. Lowe, J. Hamilton, J.M. Lawrence, Y. Lebenthal, W.J. Brickman, P. Clayton, R.C. Ma, D. McCance, W.H. Tam, P.M.



- Catalano, B. Linder, A.R. Dyer, W.L. Lowe, B.E. Metzger, C. Deerochanawong, T. Tanaphonpoonsuk, S.B.U. Chotigeat, W. Manyam, M. Forde, A. Greenidge, K. Neblett, P.M. Lashley, D. Walcott, K. Corry, L. Francis, J. Irwin, A. Langan, D.R. McCance, M. Mousavi, I. Young, J. Gutierrez, J. Jimenez, J.M. Lawrence, D.A. Sacks, H.S. Takhar, E. Tanton, W.J. Brickman, J. Howard, J.L. Josefson, L. Miller, J. Bjaloncik, P.M. Catalano, A. Davis, M. Koontz, L. Presley, S. Smith, A. Tyhulski, A.M. Li, R.C. Ma, R. Ozaki, W.H. Tam, M. Wong, C.S.M. Yuen, P.E. Clayton, A. Khan, A. Vyas, M. Maresh, H. Benzaquen, N. Glickman, A. Hamou, O. Hermon, O. Horesh, Y. Keren, Y. Lebenthal, S. Shalitin, K. Cordeiro, J. Hamilton, H.Y. Nguyen, S. Steele, F. Chen, A.R. Dyer, W. Huang, A. Kuang, M. Jimenez, L.P. Lowe, W.L. Lowe, B.E. Metzger, M. Nodzenski, A. Reisetter, D. Scholtens, O. Talbot, P. Yim, D. Dunger, A. Thomas, M. Horlick, B. Linder, A. Unalp-Arida, G. Grave, Hyperglycemia and Adverse Pregnancy Outcome Follow-up Study (HAPO FUS): maternal glycemia and childhood glucose metabolism. *Diabetes Care* 42, 381–392 (2019). <https://doi.org/10.2337/dc18-2021>
- [9]. B. Valaiyapathi, B. Gower, A.P. Ashraf, Pathophysiology of type 2 diabetes in children and adolescents. *Curr. Diabetes Rev.* 16, 220–229 (2020). <https://doi.org/10.2174/1573399814666180608074510>
- [10]. S. Liu, X. Wang, Q. Zheng, L. Gao, Q. Sun, Sleep deprivation and central appetite regulation. *Nutrients* 14, 5196 (2022). <https://doi.org/10.3390/nu14245196>
- [11]. D.J. Magliano, J.W. Sacre, J.L. Harding, E.W. Gregg, P.Z. Zimmet, J.E. Shaw, Young-onset type 2 diabetes mellitus—implications for morbidity and mortality. *Nat. Rev. Endocrinol.* 16, 321–331 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41574-020-0334-z>
- [12]. S. Srinivasan, L. Chen, J. Todd, J. Divers, S. Gidding, S. Chernausek, R.A.



Gubitosi-Klug, M.M. Kelsey, R. Shah, M.H. Black, L.E. Wagenknecht, A. Manning, J. Flannick, G. Imperatore, J.M. Mercader, D. Dabelea, J.C. Florez, The first genome-wide association study for type 2 diabetes in youth: The Progress in Diabetes Genetics in Youth (ProDiGY) Consortium. *Diabetes* 70,996–1005 (2021).

<https://doi.org/10.2337/db20-0443>

[13]. D.J. Pettitt, J.M. Lawrence, J. Beyer, T.A. Hillier, A.D. Liese, B. Mayer-Davis,

B. Loots, G. Imperatore, L. Liu, L.M. Dolan, B. Linder, D. Dabelea, Association between maternal diabetes in 976 Endocrine (2024) 85:965–978 utero and age at offspring's diagnosis of type 2 diabetes. *Diabetes Care* 31, 2126–2130 (2008).

<https://doi.org/10.2337/dc08-0769>

[14]. N. Martín-Calvo, L. Goni, J.A. Tur, J.A. Martínez, Low birth weight and small for gestational age are associated with complications of childhood and adolescence obesity: systematic review and meta-analysis. *Obes. Rev.* 23, e13380 (2022).

<https://doi.org/10.1111/obr.13380>

[15]. Yang Z, Scott CA, Mao C, Tang J, Farmer AJ. Resistance exercise versus aerobic exercise for type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Sport Med* 2014;44:487–99. <http://dx.doi.org/10.1007/s40279-013-0128-8>.

[16]. Kadoglou NPE, Iliadis F, Angelopoulou N, et al. The anti-inflammatory effects of exercise training in patients with type 2 diabetes mellitus. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.* 2007; 14:837–843. [PubMed: 18043308]

[17]. M.E. Lean, W.S. Leslie, A.C. Barnes, N. Brosnahan, G. Thom, L. McCombie, C. Peters, S. Zhyzhneuskaya, A. Al-Mrabeh, K.G. Hollingsworth, A.M. Rodrigues, L. Rehackova, A.J. Adamson, F.F. Sniehotta, J.C. Mathers, H.M. Ross, Y. McIlvenna, R. Stefanetti, M. Trenell, P. Welsh, S. Kean, I. Ford, A. McConnachie, N. Sattar, R. Taylor, Primary care-led weight management for remission of type 2 diabetes (DiRECT): an open-label, cluster randomised trial. *Lancet* 391, 541–551



(2018). [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)33102-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)33102-1)

[18]. M.E.J. Lean, W.S. Leslie, A.C. Barnes, N. Brosnahan, G. Thom, L. McCombie, C. Peters, S. Zhyzhneuskaya, A. Al-Mrabeh, K.G. Hollingsworth, A.M. Rodrigues, L. Rehackova, A.J. Adamson, F.F. Sniehotta, J.C. Mathers, H.M. Ross, Y. McIlvenna, P. Welsh, S. Kean, I. Ford, A. McConnachie, C.-M. Messow, N. Sattar,

R. Taylor, Durability of a primary care-led weight-management intervention for remission of type 2 diabetes: 2-year results of the DiRECT open-label, cluster randomised trial. *Lancet Diabetes Endocrinol.* 7, 344–355 (2019).

[https://doi.org/10.1016/S22138587\(19\)30068-3](https://doi.org/10.1016/S22138587(19)30068-3)

[19]. S. Taheri, H. Zaghloul, O. Chagoury, S. Elhadad, S.H. Ahmed, N. El Khatib, R.A. Amona, K. El Nahas, N. Suleiman, A. Alnaama, A. Al-Hamaq, M. Charlson, M.T. Wells, S. Al-Abdulla, A.B. Abou-Samra, Effect of intensive lifestyle intervention on body weight and glycaemia in early type 2 diabetes (DIADEM-I): an open-label, parallel-group, randomised controlled trial. *Lancet Diabetes Endocrinol.* 8, 477–489 (2020). [https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(20\)30117-0](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(20)30117-0)

[20]. Jelleyman C, Yates T, O'Donovan G, et al. The effects of high-intensity interval training on glucose regulation and insulin resistance: a meta-analysis. *Obes Rev.* 2015; 16:942–961. [PubMed: 26481101]

[21]. Gibala MJ, Little JP, Macdonald MJ, Hawley JA. Physiological adaptations to

low-volume, highintensity interval training in health and disease. *J Physiol.* 2012; 590:1077–1084. [PubMed: 22289907]

[22]. Brown SA, Garcia AA, Brown A, et al. Biobehavioral determinants of glycemic control in type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Patient Educ Couns* 2016; 99(10):1558–67. <https://doi.org/10.1016/j.pec.2016.03.020>.

[23]. Owens-Gary MD, Zhang X, Jawanda S, Bullard KM, Allweiss P, Smith BD.



The Importance of Addressing Depression and Diabetes Distress in Adults with Type

2 Diabetes. J Gen Intern Med. 2019 Feb;34(2):320-324. doi: 10.1007/s11606-018-4705-2. Epub 2018 Oct 22. PMID: 30350030; PMCID: PMC6374277.

[24]. Shaibi GQ, Roberts CK, Goran MI, Shaibi GQ, Roberts CK, Goran MI.

Exercise and insulin resistance in youth. Exerc Sport Sci Rev 2008;36:5–11.

<http://dx.doi.org/10.1542/peds.2013-2718>

[25]. McGinley SK, Armstrong MJ, Boule' NG, Sigal RJ. Effects of exercise training using resistance bands on glycaemic control and strength in type 2 diabetes mellitus: a meta-analysis of randomised controlled trials. Acta Diabetol

2014;52:221–30. <http://dx.doi.org/10.1007/s00592-014-0594-y>

[26]. Garca-Hermoso A, Saavedra JM, Escalante Y, Sanchez-Lopez M, Martinez-

Vizca V. Endocrinology and adolescence: aerobic exercise reduces insulin resistance

markers in obese youth: a meta-analysis of randomized controlled trials. Eur J

Endocrinol 2014;171:R163–71. <http://dx.doi.org/10.1530/EJE-14-0291>

[27]. S.L. Samson, P. Vellanki, L. Blonde, E.A. Christofides, R.J. Galindo, I.B.

Hirsch, S.D. Isaacs, K.E. Izuora, C.C. Low Wang, C.L. Twining, G.E. Umpierrez,

W.M. Valencia, American Association of Clinical Endocrinology Consensus

Statement: comprehensive type 2 diabetes management algorithm– 2023 Update.

Endocr. Pract. 29, 305–340 (2023). <https://doi.org/10.1016/j.epra.2023.02.001>

[28]. Zhilei Shan, Hongfei Ma, Manling Xie, Peipei Yan, Yanjun Guo, Wei Bao,

Ying Rong, Chandra L. Jackson, Frank B. Hu, and Liegang Liu. Sleep Duration and

Risk of Type 2 Diabetes: A Meta-analysis of Prospective Studies. Diabetes Care

2015; 38:529–537. <http://diabetesjournals.org/care/article>