

TRU-2K.101-HP-09

THE ROLE OF MODERN TECHNOLOGIES IN BLOOD SUGAR CONTROL IN TYPE 1 DIABETES DURING SPORTS AND PHYSICAL EXERCISE ⁹

Assoc. Prof. Irina Karaganova, PhD

Department of Public Health,
University of Ruse “Angel Kanchev”
Phone: +359 884 203 004
E-mail: ikaraganova@uni-ruse.bg

Assoc. Prof. Stefka Mindova, PhD

Department of Public Health,
University of Ruse “Angel Kanchev”
E-mail: smindova@uni-ruse.bg

Abstract: Physical activity is a key component in the management of type 1 diabetes, as it improves insulin sensitivity, reduces cardiovascular risk, and enhances quality of life. However, sports and exercise carry risks of hypoglycemia or hyperglycemia due to specific metabolic changes.

The present report examines blood glucose control during different types of physical activity and the role of modern monitoring technologies.

Combining proper insulin adjustment, nutritional strategies, and the use of modern technologies (CGM, closed-loop insulin pumps) enables safer and more effective blood glucose control during exercise.

Continuous glucose monitoring (CGM) supports early detection of hypo- and hyperglycemia but does not replace capillary measurements. Automated closed-loop systems are promising, as they apply adaptive insulin delivery and reduce the risk of hypoglycemia during physical activity. Some algorithms that integrate insulin correction and carbohydrate intake improve the predictability of glycemic responses during moderate exercise.

The use of CGM, algorithms, and adaptive insulin regimens greatly facilitates safe physical activity. This dynamic field continues to evolve, with future technologies promising even more effective strategies for maintaining optimal glycemic control during activity. However, further research is needed to optimize algorithms according to the type of activity and individual responsiveness.

Keywords: Physical Activity, Type 1 Diabetes, Modern Monitoring Technologies, CGM, Blood Glucose Control

ВЪВЕДЕНИЕ

Захарният диабет тип 1 е хронично аутоимунно заболяване, при което панкреасът не произвежда инсулин. Това налага ежедневен контрол върху нивата на кръвната захар чрез инсулинови инжекции или инсулинови помпи, както и внимателно следене на хранителния режим и физическата активност (Colberg, S.R., Sigal, R.J., & Yardley, J.E., 2016; Bally, L., Zueger, T., & Pasi, N., 2017; Breton, M.D., & Kovatchev, B.P., 2021).

Спортът и упражненията са особено полезни за хората с диабет тип 1, но същевременно крият риск от хипогликемия или рязка промяна в кръвната захар (Didyuk & Olesya, 2021). Физическата активност е жизненоважна за здравето на хората с диабет тип 1, тъй като подобрява инсулиновата чувствителност, намалява риска от сърдечно-съдови заболявания и повишава качеството на живот. Еднакво важно е обаче правилното управление на кръвната захар по време и след упражнения – липсата на контрол може да доведе до хипо- или хипергликемия, дори диабетна кетоацидоза (Colberg, S.R., Sigal, R.J., & Yardley, J.E., 2016).

Съвременните технологии значително улесняват този процес и допринасят за по-безопасно и ефективно участие в спортни дейности (Kilbride, Lynn, Jacqui, Charlton, Gillian, Aitken, Gordon, W., Hill, Richard, C. R., Davison, & John, A. McKnight, 2021). Системите за непрекъснато измерване на глюкоза, инсулиновите помпи и мобилните приложения дават възможност за по-добър контрол,

⁹ Докладът е представен на 64-та Научна конференция на Русенски университет „Ангел Кънчев“ и Съюз на учените – Русе в секция „Промоция на здраве“ на 24.10.2025 г. с оригинално заглавие на български език: РОЛЯТА НА СЪВРЕМЕННИТЕ ТЕХНОЛОГИИ В КОНТРОЛА НА КРЪВНАТА ЗАХАР ПРИ ДИАБЕТ ТИП 1 ПРИ СПОРТ И ФИЗИЧЕСКО УПРАЖНЯВАНЕ.

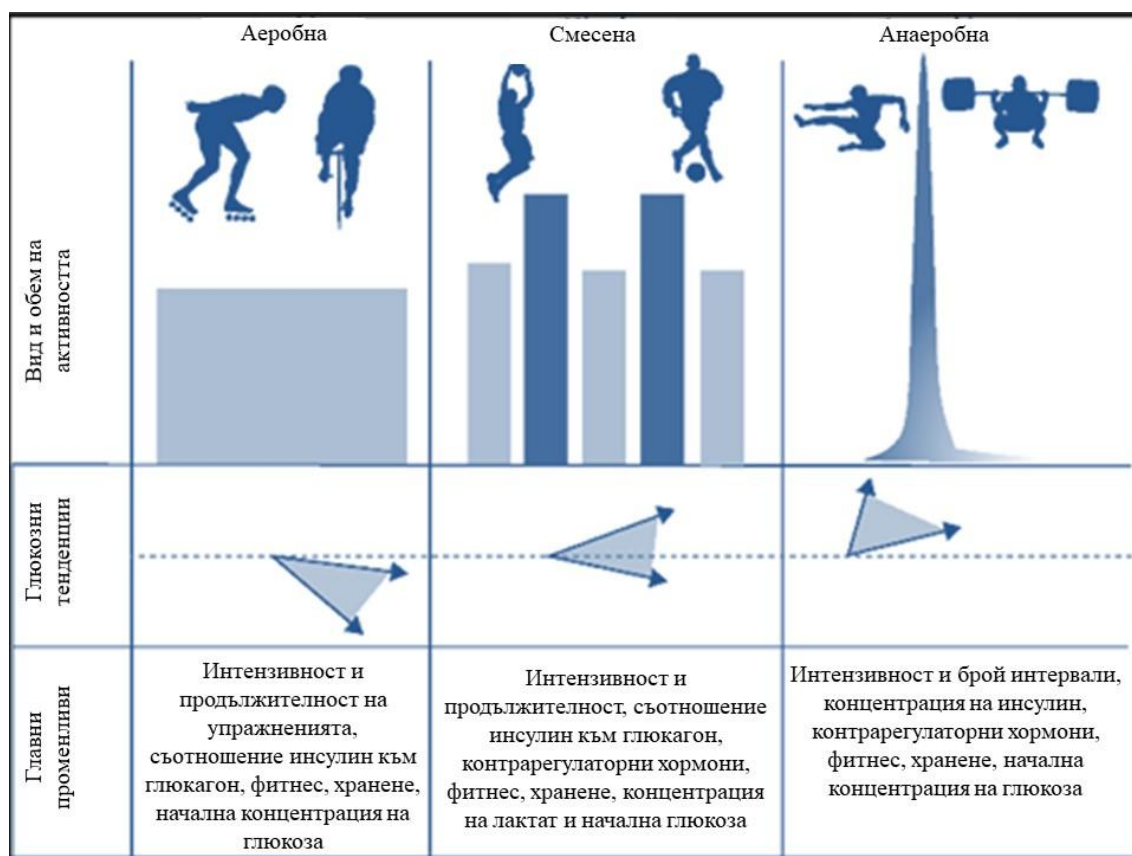
безопасност и свобода (Wood & Kelly, 2025). Така хората с диабет могат да се занимават пълноценно със спорт, да подобряват физическата си форма и да водят по-активен и здравословен начин на живот (Yardley, J.E., Kenny, G.P., & Perkins, B.A., 2012; Zaharieva, D.P., & Riddell, M.C., 2015; Riddell, M.C., Gallen, I.W., & Smart, C.E., 2017; Breton, M.D., & Kovatchev, B.P., 2021).

ИЗЛОЖЕНИЕ

Физическата активност е ключов компонент в управлението на диабет тип 1, тъй като подобрява инсулиновата чувствителност, намалява сърдечно-съдовия риск и повишава качеството на живот (Colberg, S.R., Sigal, R.J., & Yardley, J.E., 2016; Adolfsson, P., Riddell, M.C., & Taplin, C.E., 2022). Въпреки това, спортът и упражненията крият рискове от хипогликемия или хипергликемия поради специфичните метаболитни промени.

Настоящият доклад разглежда контрола на кръвната захар при различни видове физическо натоварване и ролята на съвременните технологии за мониторинг.

Видове упражнения и специфики в гликемичните реакции (Фигура 1)



Фигура 1. Видове упражнения и специфики в гликемичните реакции

1. Аеробни натоварвания

Характеристика:

- Упражнения с умерена интензивност и продължителност над 30 мин.
- Енергийната система използва основно глюкоза и мастни киселини чрез окисление.
- Примери: бягане на дълги разстояния, колоездене, плуване, бързо ходене, танци, футбол.

Влияние върху кръвната захар:

- Силно увеличава усвояването на глюкоза в мускулите → риск от **хипогликемия** по време и

след натоварване.

- Най-голям риск има при вечерни тренировки (повишен шанс за нощна хипогликемия).

Препоръки:

- Намаляване на болус инсулина преди хранене (25–50%).
- Прием на допълнителни 10–20 g бързи въглехидрати на всеки 30–60 мин. при дълга активност.
- Проверка на кръвната захар преди и след натоварване + използване на CGM аларми за ниски стойности.

2. Анаеробни натоварвания

Характеристика:

- Кратки, високоинтензивни упражнения, при които енергийната система се базира главно на гликоген и фосфокреатин.
- Примери: спринтове (100–400 м), вдигане на тежести, кросфит, скокове, борба.

Влияние върху кръвната захар:

- Временно повишават нивото на глюкоза в кръвта заради отделянето на адреналин и кортизол.
- Риск от **хипергликемия по време на тренировка**, последван от **закъсняла хипогликемия** няколко часа след това.

Препоръки:

- Проверка за кетони при високи стойности ($>13\text{--}14\text{ mmol/L}$).
- Възможно е да не се намалява предварително инсулинът, но след тренировката често е нужна малка коригираща доза.
- Вечер – препоръчва се лека закуска с протеини и въглехидрати за превенция на късна хипогликемия.

3. Смесени натоварвания (комбинирани аеробни + анаеробни)

Характеристика:

- Редуване на фази с умерено натоварване и висока интензивност.
- Примери: футбол, баскетбол, тенис, интервални тренировки (ИТ).

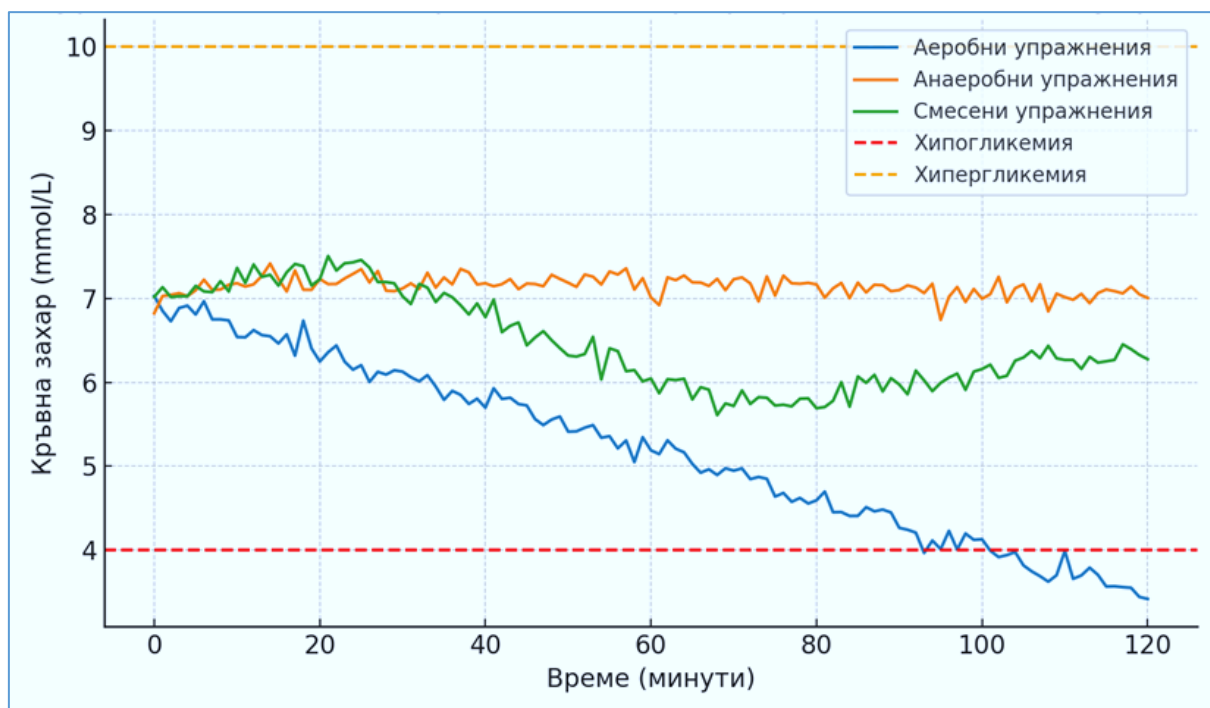
Влияние върху кръвната захар:

- Гликемичните колебания са по-малки в сравнение с чисто аеробните упражнения.
- Рискът от хипогликемия е по-нисък по време на тренировката, но остава повишен след края.

Препоръки:

- Индивидуален подход – някои пациенти имат нужда от по-малко въглехидрати по време на ИТ.
- CGM мониторинг е особено полезен за следене на вариациите.
- При системи със затворен контур (хибридна изкуствена панкреасна система) се препоръчва да се активира „exercise mode“, който автоматично намалява базалния инсулин.

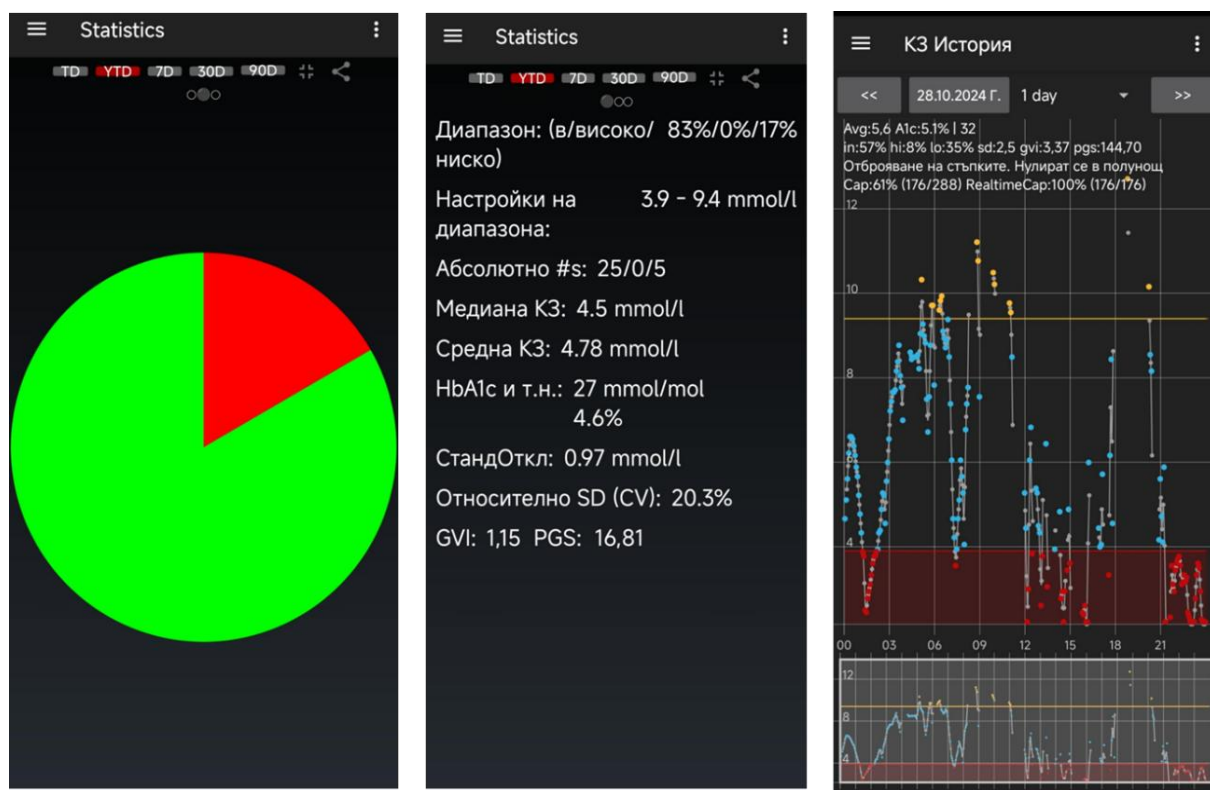
Фигура 2 илюстрира динамика на кръвната захар при различни видове упражнения.



Фигура 2. Динамика на кръвната захар при различни видове упражнения

4. Технологии за контрол на кръвната захар по време на спорт

1. Системи за непрекъснато измерване на глюкозата (CGM) – (Фигура 3)



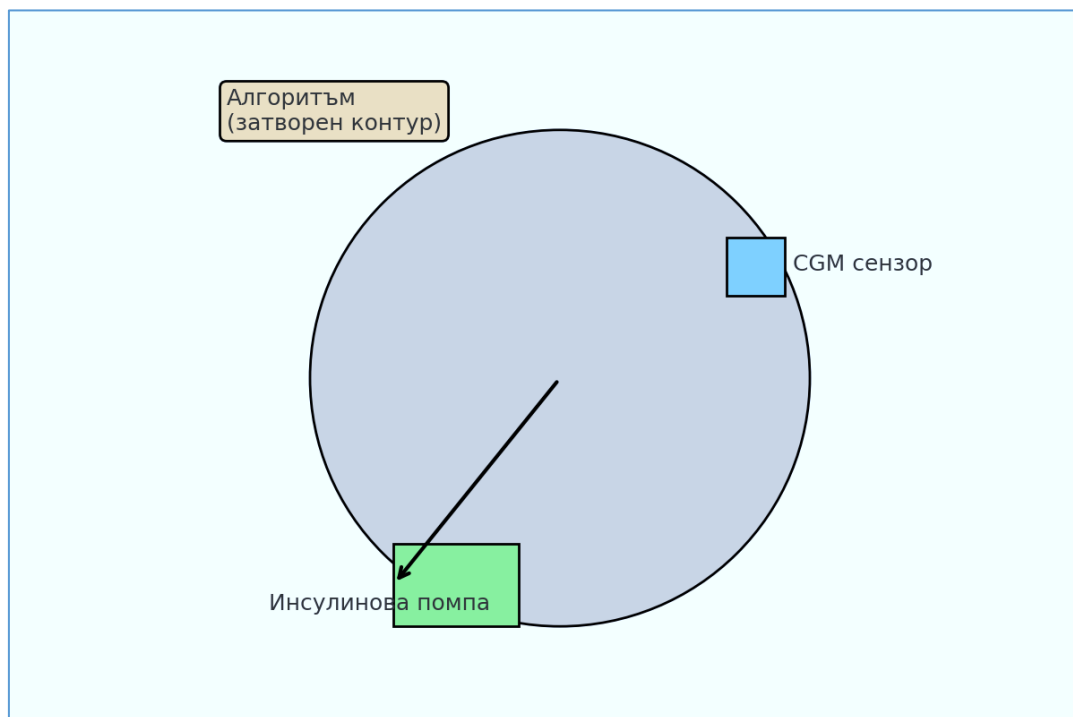
Фигура 3. Системи за непрекъснато измерване на глюкозата (CGM)

- Примери: *Dexcom G6/G7, Freestyle Libre, Medtronic Guardian.*
- CGM устройствата измерват нивата на глюкоза в реално време и ги показват на мобилен телефон или специален монитор.

- Дават реално време информация за нивото на кръвната захар и тенденцията (нагоре/надолу).
- По време на спорт тези системи предупреждават за предстоящ спад или покачване на кръвната захар, което позволява навременна реакция – прием на въглехидрати или корекция на инсулина.
- Аларми за хипо- и хипергликемия са особено полезни при тренировка и през нощта и помагат на спортуващите да вземат по-информирани решения.
- Недостатък: при интензивно движение понякога има 10–15 мин. забавяне спрямо реалните нива в кръвта.

2. Инсулинови помпи с интегриран CGM (системи със затворен контур / „изкуствен панкреас“) – (Фигура 4)

- Примери: *Medtronic 780G*, *Tandem t:slim X2 c Control-IQ*, *Omnipod 5*.
- Инсулиновите помпи дават възможност за по-гъвкаво дозиране на инсулин спрямо физическата активност.
- Автоматично регулират базалния инсулин въз основа на CGM данни.
- Някои имат „специален режим за упражнения“, който повишава таргетната гликемия (например от 100 → 150 mg/dL), за да намали риска от хипогликемия.
- Научни проучвания показват, че затвореният контур намалява риска от хипогликемия при аеробни упражнения с до 50%.
- Някои съвременни модели работят в комбинация с CGM и образуват т.нар. „хибридни затворени системи“ или „изкуствен панкреас“. Те автоматично регулират базалния инсулин и намаляват риска от хипогликемия по време на упражнения.
- При спорт с променлива интензивност това е особено ценно, защото организмът реагира динамично.



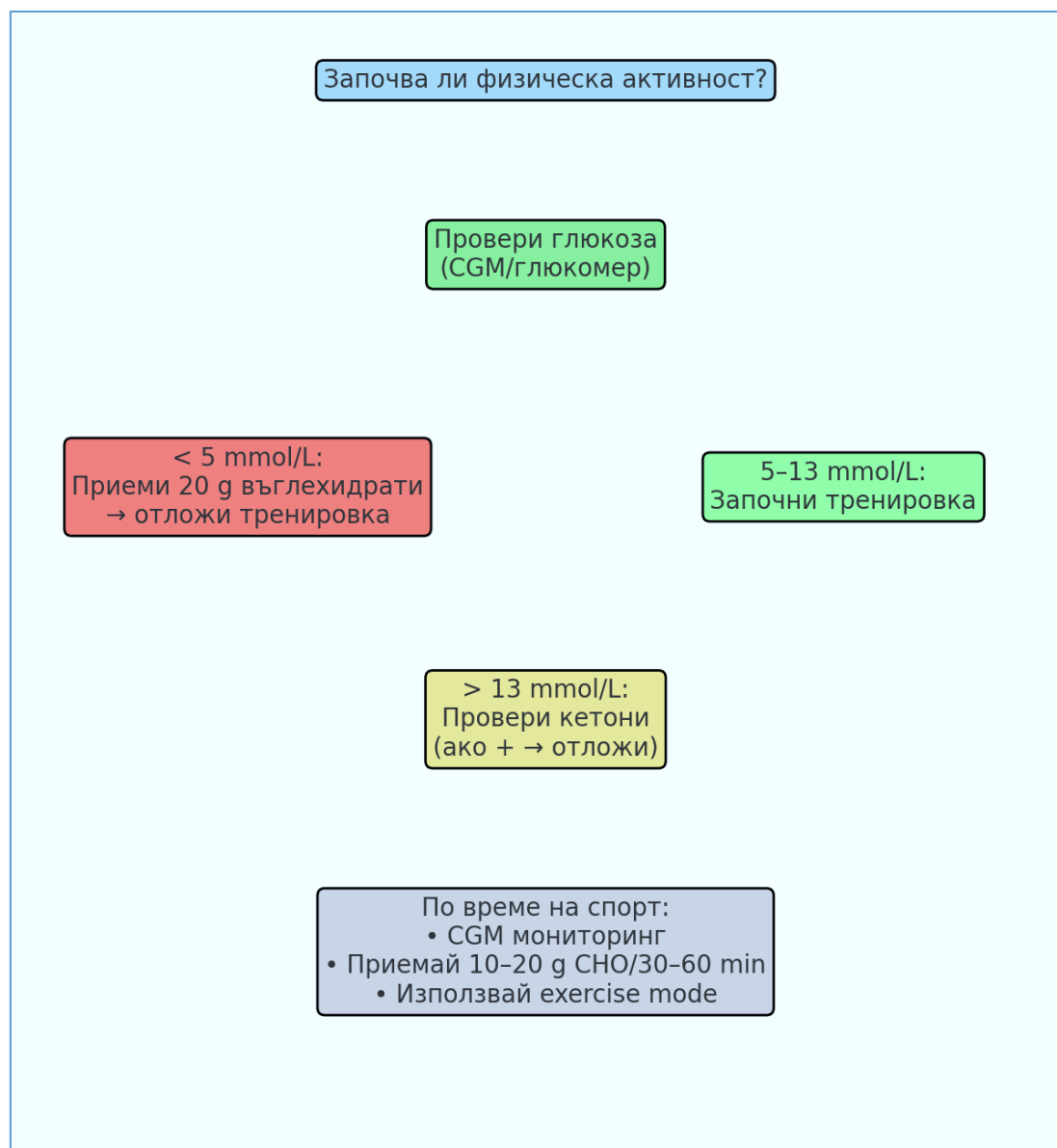
Фигура 4. Система със затворен контур (CGM + инсулинова помпа)

3. Мобилни приложения и носими технологии

- Интеграция със спортни часовници (Garmin, Apple Watch) → визуализация на CGM данни по време на спорт.
- Смарт часовници и приложения позволяват следене на глюкозата, пулса, изгорените калории и нивото на активност на едно място.
- Персонализирани алгоритми, които предлагат въглехидратни корекции според вида активност.
- Това подпомага не само здравния контрол, но и постигането на спортни цели.

Управлението на гликемията при спорт изисква индивидуализиран подход. Аеробните упражнения са свързани с по-висок риск от хипогликемия, докато анаеробните – с временна хипергликемия. Смесените активности предлагат баланс, но не елиминират напълно риска. Въвеждането на CGM и автоматизирани инсулинови системи значително подобрява безопасността и комфорта на пациентите.

Фигура 5 илюстрира алгоритъма за поведение при спорт при диабет тип 1. В таблица 1 са посочени конкретни препоръки за безопасност преди и след физическа активност.



Фигура 5. Алгоритъм за поведение при спорт при диабет тип 1

Таблица 1. Препоръки за безопасност преди и след физическа активност

Вид натоварване	Ефект върху кръвната захар	Препоръки за контрол
Аеробно (бягане, колоездене, плуване)	Намалява глюкозата (риск от хипогликемия)	• Намали базалния инсулин преди тренировка • Приеми 10–20 g въглехидрати на всеки 30–60 минути • Използвай CGM за мониторинг
Анаеробно (спринт, силови тренировки)	Повишава или стабилизира глюкозата (риск от хипергликемия)	• Провери за кетони, ако глюкозата е $> 13 \text{ mmol/L}$ • Може да е нужно малко коригиращо болус-инжектиране • Следи CGM след тренировка
Смесено (игрови спортове, интервални тренировки)	Колебания – първоначално покачване, последвано от спад	• Използвай „exercise mode“ при помпа • Приеми въглехидрати при продължителни натоварвания • Следи глюкозата 12–24 ч. за късна хипогликемия
Етап на активността	Препоръки	
<i>Преди физическа активност</i>	Проверка на кръвната захар, ако е < 100 – въглехидрати, ако е > 250 – проверка за кетони; адаптиране на болус/базален инсулин	
<i>По време на физическа активност</i>	Проверка на 30 минути, прием на въглехидрати при падане, прекратяване при недостиг на реакция	
<i>След физическа активност и нощем</i>	Междучасно хранене, намаляване на инсулина, особено след висок интензитет/следобед	

4. Ползи за психиката и самочувствието

- С помощта на технологиите хората с диабет тип 1 могат да се чувстват по-сигурни и независими.
- Това намалява страха от хипогликемия и увеличава мотивацията за редовно спортуване, което подобрява общото здравословно състояние.

ИЗВОДИ

Физическата активност е неразделна част от терапията при диабет тип 1. Упражненията имат множество ползи за хора с диабет тип 1, включително подобряване на гликемичния контрол, инсулинова чувствителност и общо сърдечно-съдово здраве. Индивидуалната реакция към упражнение е значимо вариабилна – успехът е възможен чрез внимателно планиране на инсулина и въглехидратите.

Технологиите играят ключова роля в управлението на диабет тип 1 по време на спорт и физическа активност. Съчетаването на правилна инсулинова адаптация, хранителни стратегии и

използване на съвременни технологии (CGM, инсулинови помпи със затворен контур) позволява постигане на по-безопасен и ефективен контрол на кръвната захар по време на спорт.

Континуалното глюкозно наблюдение (CGM) подпомага ранното откриване на хипо- и хипергликемия, но не заменя капилярните измервания. Автоматизирани системи със затворен контур са обещаващи, като прилагат адаптивен инсулинов режим и намаляват риска от хипогликемия по време на физическа активност. Някои алгоритми, съчетаващи инсулинова корекция и въглехидрати, повишават предсказуемостта на гликемичните реакции при умерено упражнение.

Използването на CGM, алгоритми и адаптивни инсулинови режими значително улеснява безопасното упражняване. Тази динамична област продължава да се развива, като бъдещите технологии обещават още по-ефективни стратегии за поддържане на оптимален гликемичен контрол по време на активност. Въпреки това, нужни са допълнителни проучвания за оптимизация на алгоритмите според вида активност и индивидуалната реактивност.

REFERENCES

- Adolfsson, P., Riddell, M.C., Taplin, C.E., et al. (2022). *ISPAD Clinical Practice Consensus Guidelines 2022: Exercise in children and adolescents with diabetes*. *Pediatric Diabetes*. 2022;23(8):1204–1239.
- Bally, L., Zueger, T., Pasi, N., et al. (2017). *Closed-loop insulin delivery for prevention of hypoglycemia during exercise in adults with type 1 diabetes*. *Diabetes Care*. 2017;40(6):764–772.
- Battellino, T., Danne, T., Bergenstal, R.M., et al. (2019). *Clinical Targets for Continuous Glucose Monitoring Data Interpretation: Recommendations From the International Consensus*. *Diabetes Care*. 2019;42(8):1593–1603.
- Breton, M.D., & Kovatchev, B.P. (2021). *One year real-world use of the Control-IQ advanced hybrid closed-loop technology*. *Diabetes Technol Ther*. 2021;23(9):601–608.
- Colberg, S.R., Sigal, R.J., Yardley, J.E., et al. (2016). *Physical Activity/Exercise and Diabetes: A Position Statement of the American Diabetes Association*. *Diabetes Care*. 2016;39(11):2065–2079.
- Riddell, M.C., Gallen, I.W., Smart, C.E., et al. (2017). *Exercise management in type 1 diabetes: a consensus statement*. *Lancet Diabetes Endocrinol*. 2017;5(5):377–390.
- Yardley, J.E., Kenny, G.P., Perkins, B.A., et al. (2012). *Effects of resistance and aerobic exercise on blood glucose during exercise and in the overnight recovery period in type 1 diabetes mellitus*. *J Appl Physiol*. 2012;113(4): 575–582.
- Zaharieva, D.P., & Riddell, M.C. (2015). *Prevention of Exercise-Associated Dysglycemia: A Case Study-Based Approach*. *Diabetes Spectr*. 2015;28(1):55–62.
- Didyuk, Olesya (2021). *Continuous Glucose Monitoring Devices: Past, Present, and Future Focus on the History and Evolution of Technological Innovation*. *Journal of Diabetes Science and Technology*. 15 (3): 676–683.
- Wood, Kelly (2025). *What Is Type 1 Diabetes?* By Brittany Poulson, MDA, RDN, CD, CDCES Updated on September 04, 2025.
- Kilbride, Lynn, Jacqui, Charlton, Gillian, Aitken, Gordon, W. Hill, Richard, C. R., Davison, John, A. McKnight (2021). *Managing blood glucose during and after exercise in Type 1 diabetes: reproducibility of glucose response and a trial of a structured algorithm adjusting insulin and carbohydrate intake*. *J Clin Nurs*. 2011 Dec;20(23-24):3423-9. doi: 10.1111/j.1365-2702.2011.03771.x. Epub 2011 Sep 2. PMID: 21884557 DOI: 10.1111/j.1365-2702.2011.03771.x.