

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS AMÉRICAS

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

ESCUELA DE MEDICINA



Análisis de la prescripción de ejercicios en pacientes adolescentes con diagnósticos de diabetes mellitus tipo 1 con incidencia en las variables cardiovasculares, funcionales y psicológicas, en España, Chile y Estados Unidos en comparación con Costa Rica

Sustentante:

Yalitza Yariela Cordero Díaz

Tutor:

Dr. Giancarlo Jiménez Alfaro

Abril, 2025

Modalidad de tesis para optar por el grado de Licenciatura en Medicina y Cirugía

I. Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecerle a Dios, por la fuerza que me permitió persistir, por la resiliencia que me regaló y por los milagros inesperados que, en momentos cruciales, me recordaron que nunca estoy sola. Su presencia silenciosa, pero palpable, fue el ancla que me sostuvo cuando el camino se tornaba oscuro y creía que ya no podía y no había más esperanzas.

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mis padres, José Cordero Fallas y Luisa Díaz Chaves, quienes han sido el eje central de mi vida. Su amor incondicional, su paciencia y su constante apoyo han sido el motor que me impulsó a superar cada obstáculo. Sin su sacrificio incansable, su compromiso desinteresado y su fe inquebrantable en mí, este logro no sería posible. Gracias por entregar todo de ustedes para que yo pudiera crecer, aprender y alcanzar mis metas. Su ejemplo de resiliencia y dedicación me ha enseñado que, con esfuerzo y perseverancia, ningún sueño está fuera de mi alcance.

A mi novio, mi compañero en este proceso, le agradezco por su apoyo inquebrantable. Tu presencia, tu motivación y tu comprensión fueron fundamentales para mantenerme firme en los momentos más desafiantes. Gracias por creer en mí incluso cuando las dudas parecían abrumadoras, y por estar siempre allí, como un faro de luz en la oscuridad, gracias por dejar que rindiera y por dar todo para que yo llegara hasta aquí.

También quiero reconocer a todas las personas que formaron parte de este camino universitario: compañeros, amigos y profesores. Su apoyo constante, sus consejos y su energía positiva me ayudaron a mantener el rumbo. Cada palabra de aliento, cada gesto de solidaridad y cada colaboración fueron hilos que tejieron esta trama hacia el final de la carrera universitaria.

Finalmente, gracias a todos, por ser parte de esta historia. Cada uno, a su manera, ha dejado una huella imborrable en mi vida.

Que este logro no solo sea mío, sino también un reflejo de su amor, su fe y su generosidad en mí, gracias por brindarme tanto.

II. Resumen

La diabetes mellitus tipo 1 es una enfermedad que se caracteriza, principalmente, por la ausencia de insulina debido a una destrucción autoinmune de las células beta. Los beneficios de la realización de cualquier tipo de ejercicio para personas con diabetes tipo 1 son los mismos que para cualquier persona sin ninguna patología, añadiendo una mayor sensibilidad a la insulina con un mayor consumo de glucosa por los músculos esqueléticos no dependientes de la insulina.

El objetivo principal es analizar la prescripción de ejercicios en pacientes adolescentes con diagnósticos de diabetes mellitus tipo 1 con incidencia en las variables cardiovasculares funcionales y psicológicas en España, Chile y Estados Unidos en comparación con Costa Rica.

Se propone una revisión de literatura donde la población a estudio va a ser de adolescentes con diabetes mellitus tipo 1, donde se recolectarán los datos obtenidos según fuentes de búsquedas de artículos científicos e informes de salud provenientes de páginas como *PubMed*, *Scielo*, *Google Académico* y *Scopus* para contrastar la información y compararla con el sistema de salud de Costa Rica, y así encontrar mejoras y recomendaciones.

Conclusiones: La revisión de la literatura evidenció que la prescripción de ejercicio en adolescentes con DM1 puede generar mejoras significativas en la salud cardiovascular, funcional y psicológica, siempre que se implementen estrategias adecuadas de monitorización y ajuste de insulina. Los países con regulaciones bien establecidas lograron optimizar estos beneficios, mientras que Costa Rica presenta un rezago en la aplicación de estas prácticas.

Palabras clave: Diabetes mellitus tipo 1, Glucosa, Ejercicios, Prescripción, Costa Rica.

III. Tabla de contenidos

I. Agradecimientos.....	2
II. Resumen.....	3
III. Tabla de contenidos.....	4
IV. Lista de tablas	8
V. Lista de figuras.....	10
VI. Lista de abreviaturas	11
VII. Contenido científico	13
CAPÍTULO I-INTRODUCCIÓN.....	14
1.1 Introducción	15
1.2 Planteamiento del problema.....	17
1.3 Objetivos	19
1.3.1 Objetivo general	19
1.3.2 Objetivos específicos.....	19
1.4 Justificación	20
1.5 Antecedentes	24
1.5.1 Antecedentes históricos.....	24
1.5.2 Antecedentes internacionales	26
1.5.3 Antecedentes nacionales.....	33
Ejes temáticos.....	33
CAPÍTULO II- MARCO TEÓRICO.....	34
2.1 Definición de diabetes mellitus.....	35
2.2 Clasificación.....	35
2.3 Definición de diabetes tipo 1.....	35
2.4 Estadíos de la diabetes.....	36

2.5	Etiología	36
2.6	Fisiopatología	37
2.7	Epidemiología	38
2.8	Comportamiento de la diabetes en Costa Rica	38
2.9	Manifestaciones clínicas	39
2.10	Criterios diagnósticos	39
2.11	Consideraciones importantes de la DM1	40
2.12	Complicaciones	41
2.13	Tratamiento.....	44
2.14	Opciones de tratamiento	45
2.15	Aplicaciones de la tecnología	47
2.16	Aspectos generales del ejercicio.....	50
2.17	Efectos del ejercicio en pacientes con diabetes mellitus tipo 1	51
2.18	Recomendaciones para la actividad física en niños y adolescentes	51
2.19	Recomendaciones del ejercicio en las personas con DM.....	52
2.20	Respuestas metabólicas al ejercicio.....	53
2.21	Beneficios del ejercicio que favorece las incidencias cardiovasculares y funcionales	54
2.22	Tipos de ejercicios	55
2.23	Ejercicio aeróbico	56
2.24	Ejercicio anaeróbico	56
2.25	Ejercicio interválico de alta intensidad (HIIT).....	58
2.26	Ejercicio y monitoreo continuo de la glucosa	59
2.27	Prevención de la hipoglucemia posterior al ejercicio aeróbico y anaeróbico	60

2.28	Prevención de la hiperglucemia posterior al ejercicio aeróbico y anaeróbico	61
2.29	Cómo alimentarse para evitar las hipoglucemias e hiperglucemias	62
2.30	Ajustes de la dosis de insulina pre y posejercicio	66
2.31	Factores de riesgo y contraindicaciones de la actividad física	66
2.32	Afectación psicológica en los adolescentes que padecen diabetes tipo 1	68
2.33	Manejo de la diabetes en relación con los hábitos de vida	70
CAPÍTULO III- MARCO METODOLÓGICO		72
3	Marco metodológico	73
3.1	Enfoque metodológico	73
3.2	Tipo de investigación	73
3.3.	Fuentes de información	74
3.4	Criterios de inclusión y exclusión	77
3.5	Análisis de la información	78
CAPÍTULO IV- ANÁLISIS DE RESULTADOS		80
4.	Análisis de resultados	81
4.1	Efectos del ejercicio físico sobre las variables cardiovasculares, físicas y psicológicas en pacientes adolescentes con diabetes mellitus tipo 1	81
4.2	Nuevas evidencias científicas las estrategias de prescripción de ejercicio sin llegar a hipoglucemias en diabetes mellitus tipo	87
4.3	Información de las estrategias utilizadas dentro del sistema de salud costarricense para la prescripción de ejercicios en pacientes con diagnósticos de diabetes mellitus tipo 1	89
	Sistema de salud de Costa Rica y estrategias de tratamiento con pacientes con DM-1	89

4.4	Medición de la función endotelial en los pacientes con diabetes mellitus tipo 1.	91
4.5	Manejo integral a través del ejercicio físico personalizado y la educación utilizando un sistema mHealth por monitoreo en la aplicación DIactive 1	92
	CAPÍTULO V- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	97
5.1	Conclusiones	98
7.1	Recomendaciones	100
	CAPÍTULO VI- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	105
	ANEXO A.....	114

IV. Lista de tablas

Tabla 1. Nombres de insulinas prandiales, basales y mezclas con sus características respectivas. ¹⁹	45
Tabla 2. Resumen de las principales características de los diferentes sistemas de monitorización de glucosa	50
Tabla 3. Recomendaciones para la actividad física en niños y adolescentes de la OMS	52
Tabla 4. Tipos de actividades físicas con sus características	56
Tabla 5. Características con tipo de ejercicio, intensidad, duración y frecuencia de ejercicios de fuerza y aeróbicos	57
Tabla 6. Tabla de hidratos de carbono a ingerir en función de la glucemia previa a la práctica de deporte	64
Tabla 7. Hidratos de carbono a ingerir en función de la intensidad del ejercicio realizado.....	65
Tabla 8. Ejercicio físico en la diabetes.....	65
Tabla 9. Modificación de bolos de insulina pre y posejercicio	66
Tabla 10. Factores de riesgo y contraindicaciones del ejercicio	66
Tabla 11. Criterios de búsqueda	74
Tabla 12. Criterios de inclusión y exclusión	77
Tabla 13. Datos recolectados de los efectos cardiovasculares según el tipo de ejercicio.	81
Tabla 14. datos de los efectos cardiovasculares según cada país.....	82
Tabla 15. Cambios en la HbA1c según la evidencia del país y el tipo de ejercicio.	84
Tabla 16. Efectos de la actividad física en el control glicémico	85
Tabla 17. Recolección de datos de los cambios funcionales de cada tipo de ejercicio.	86
Tabla 18. Evidencia de la prescripción de ejercicios hipoglicemiantes.	87
Tabla 19. Detección de los efectos de la hipoglucemia	87
Tabla 20. Estrategias de ejercicios, monitorización de glucosa y ajuste de insulina según estudio del país	88
Tabla 21. Estrategias de tratamiento en el sistema de salud de Costa Rica	89

Tabla 22. Estrategias de los países internacionales	89
Tabla 23. Variables examinadas en el estudio de la aplicación Diactive-1	92
Tabla 24. Influencia del ejercicio físico sobre los sujetos sedentarios con diabetes mellitus tipo 1.	94
Tabla 25. Intervenciones no farmacológicas en diabetes mellitus tipo 1	95

V. Lista de figuras

Figura 1. Historia natural diabetes mellitus tipo 1. ³⁷	38
Figura 2. Desarrollo de la diabetes tipo 1, consecuencias fisiológicas y socioeconómicas.	43
Figura 3. Respuesta de la glucosa sanguínea a distintas intensidades de ejercicio .	54
Figura 4. Factores previsibles del efecto glucémico del ejercicio	58
Figura 5. Reflejo previsible del efecto glucémico para cada tipo de ejercicio	59
Figura 6. Manejo de la glucemia durante el ejercicio utilizado sistema de monitoreo continuo de glucosa y sistema flash en diabetes mellitus tipo 1	61
Figura 7. Estrategias de abordaje del control glucémico en la adolescencia.....	70
Figura 8. Recomendaciones para un consumo seguro de bebidas alcohólicas en jóvenes con diabetes	71
Figura 9. Diagrama de flujo o algoritmo de búsqueda	78

VI. Lista de abreviaturas

ADA: Asociación Americana de Diabetes
ATP: Adenosín trifosfato
ATP-PC: Adenosín Trifosfato-Fosfato de Creatina
C-IMT: Índice de masa corporal
CCSS: Caja Costarricense de Seguro Social
CHO: carbohidratos
DKA: cetoacidosis diabética
DMT1, DM1, DM-1, DT1: diabetes mellitus tipo 1
DMO: Densidad mineral ósea
DPP-4: Dipeptidil peptidasa-4
EVC: evento cerebro vascular
FID: Federación Internacional de Diabetes
FMD: Medición de la función endotelial
FPG: Glucosa plasmática en ayunas
GLP-1: Péptido similar al glucagón tipo 1
GLUT: Transportadores de glucosa
HbA1c: Hemoglobina glicosilada
HC: Hidratos de carbono
HDL: Lipoproteína de alta intensidad
HIIT: Entrenamiento de intervalos de alta intensidad
HLA-I: Antígenos leucocitarios humanos
Hs-CRP: Proteína C reactiva de alta densidad
IAPP: Polipéptido amiloide de los islotes
IMC: Índice de masa corporal
LDL: Lipoproteína de baja intensidad
MCG: Monitoreo continuo de glucosa
MDI: Bomba de insulina retardada
MICT: Entrenamiento continuo de intensidad moderada
NHP: Neutral protamina de Hagedorn
OMS: Organización Mundial de la Salud

RBC: Glóbulos rojos

SGLT2: Inhibidores de la SGLT2

TID: Diabetes mellitus

TKD: Taekwondo

USA: Estados Unidos

VO₂ máx: Consumo máximo de oxígeno

VII. Contenido científico

En el ámbito internacional, la enfermedad se denomina “diabetes mellitus tipo 1” (DM1), término respaldado por la Organización mundial de la salud (OMS) y la federación internacional de la diabetes (FID) Históricamente, se han utilizado expresiones como “diabetes insulino dependiente” o “diabetes juvenil”, aunque hoy se consideran obsoletas por su imprecisión

En Costa Rica, en algunos contextos clínicos se emplea coloquialmente “diabetes 1”, aunque este término no está reconocido en guías nacionales o internacionales.

Para este estudio, se adopta DM1 por su universalidad, precisión y para evitar ambigüedades y garantizar coherencia con la literatura científica global.

El contenido que no presenta citación ni referenciado corresponde a elaboración propia.

CAPÍTULO I-INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción

La diabetes tipo 1 es una enfermedad autoinmune en donde las células beta de los islotes de Langerhans del páncreas tienen un funcionamiento deficiente, ya sea bajo o nulo, el cual compromete la síntesis de la hormona insulina, donde se distinguen dos tipos fundamentales: tipo 1a de origen autoinmune y tipo 1b que es idiopática. Esta puede ocurrir en cualquier etapa de la vida, sin embargo, se diagnostica frecuentemente en niños, adolescentes y adultos jóvenes, cuyo tratamiento se basa en 4 pilares fundamentales: insulinoterapia, autocontrol, alimentación saludable y actividad física.

Cabe destacar que las personas diagnosticadas con DT1 representan entre el 5 % y 10 % del total de diabéticos a nivel mundial. En la actualidad, la DT1 no tiene cura y su tratamiento consiste en la administración continua de insulina exógena a lo largo de toda la vida del individuo. Ataca selectivamente a las células β pancreáticas, generalmente antes de los 18 años. En la DT1, los síntomas clínicos aparecen una vez que aproximadamente el 80 % de la función/masa de células β se ha perdido de manera permanente. La predisposición de sufrir DT1 está estrechamente relacionada con los antecedentes genéticos de un individuo.¹

En los últimos años se han creado terapias farmacológicas para tratar esta enfermedad con insulinoterapia y nuevos sistemas tecnológicos de insulina, dejando de lado el manejo no farmacológico enfocado en el ejercicio, donde se ha visto que es beneficioso para mantener niveles de glucosas controlados. La actividad física aporta múltiples beneficios a las personas con diabetes mellitus tipo 1 para mantener control de la glicemia y protección cardiovascular, sin embargo, a pesar de los múltiples beneficios del ejercicio, muchas personas con DT1 prefieren no realizarlo por miedo a hipoglicemias.

El propósito de esta investigación es analizar la prescripción del ejercicio en pacientes adolescentes con diagnóstico de diabetes mellitus tipo 1 con incidencia en las variables cardiovasculares, funcionales y psicológicas.

La falta de actividad física puede agravar problemas asociados a la enfermedad, por lo que esto hace que sea indispensable que los profesionales del sector de la salud

recomienden un plan de ejercicios que sea provechoso para el paciente y se adapte a sus necesidades, evitando las hipoglicemias o hiperglicemia antes, durante y después del ejercicio. Consecuentemente, a partir de esta investigación, se conocerán cuales son la prescripciones de entrenamiento que los profesionales de la salud puedan indicar para que esta población realice actividad física de manera, segura y eficiente.

Para abordar este tema se realizará una búsqueda bibliográfica en la base de datos de PubMed, *Google académico* y Scopus para la cual se introdujeron los términos: diabetes mellitus tipo 1, prescripción de ejercicios en pacientes diabéticos, ejercicio y diabetes 1. Los criterios de selección se basaron en estudios publicados en los últimos 5 años que contengan los títulos mencionados y especialmente los que mencionen la actividad física.

Este primer capítulo presenta la introducción a la investigación, que incluye la problemática, objetivos generales y específicos, justificación y antecedentes de la investigación, en el capítulo dos se desarrollará el marco teórico, en el capítulo tres se presenta el marco metodológico, capítulo cuatro análisis de resultados y, por último, en el capítulo cinco conclusiones y recomendaciones.

1.2 Planteamiento del problema

La prescripción de ejercicio en pacientes con Diabetes mellitus tipo 1 es un problema del sector de salud, ya que no abordan con certeza un plan de entrenamiento seguro o del todo no lo recomiendan por el temor frecuente a inducir a hipoglicemias o hiperglicemia durante la actividad física a las personas con diabetes tipo 1.

Esta es una condición de tipo autoinmune y una enfermedad crónica que asocia múltiples complicaciones médicas a nivel cardiovascular, funcionales y sobre todo psicológicas, por el poco entendimiento de la importancia de realizar ejercicios y la limitación hacia la población de niños y adolescentes que afecta, principalmente, esta enfermedad, ya que se les limita a la actividad física y deportes por riesgo a un descontrol de glicemia durante algún deporte, por lo que, en esta población, de las personas adultas más del 60 % son completamente sedentarias, aumentando así el riesgo a eventos cardiovasculares, dislipidemias, atrofia muscular y bajo control de glicemia.

Es crucial que los niños o jóvenes realicen algún tipo de actividad física con un adecuado asesoramiento en tiempo, intensidad y cargas, puesto que ello contribuye a un óptimo manejo de esta enfermedad y un aumento de las expectativas de vida.

El principal problema es el miedo constante de provocar hipoglicemias y aumentar el riesgo de caídas en el momento del ejercicio físico o después, por lo que se ve en la necesidad de implementar estrategias para abordar y prescribir el mejor entrenamiento y actividad física orientada a cada paciente y sus necesidades.

Se ha visto, en múltiples estudios, que un buen plan de entrenamiento, el ejercicio variado y tener algún tipo de deporte que se practique semanalmente es beneficioso, ya que esto contribuye al paciente a tener un mejor estilo de vida, en su apariencia física y control glucémico. La actividad física, la dieta y una buena insulinización podría ser la clave de un mejor manejo en los pacientes con diabetes mellitus tipo 1 a largo plazo y aumentar sus años de vida.

Por lo tanto, la pregunta de la investigación va orientada al problema, ¿Cuál es la prescripción de ejercicios apropiada en pacientes adolescentes con diagnósticos de diabetes mellitus tipo 1 en las variables cardiovasculares, funcionales y psicológicas en España, Chile y Estados Unidos en comparación con Costa Rica?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Analizar la prescripción de ejercicios en pacientes adolescentes con diagnóstico de diabetes mellitus tipo 1 con incidencia sobre las variables cardiovasculares funcionales y psicológicas en España, Chile y Estados Unidos en comparación con Costa Rica.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Describir los efectos del ejercicio físico sobre variables cardiovasculares, físicas y psicológicas en los pacientes adolescentes con diagnóstico de diabetes mellitus 1.
2. Explicar, según la nueva evidencia científica, las estrategias de prescripción de ejercicio en paciente con diabetes tipo 1 en la adolescencia sin llegar a hipoglucemias.
3. Contrastar información encontrada con las estrategias actuales utilizadas dentro del sistema de salud costarricense para la prescripción de ejercicio en paciente adolescentes con diagnóstico de DMT1, para la identificación de las mejoras prácticas.

1.4 Justificación

Esta investigación resulta relevante debido a la falta de estrategias y manejo no farmacológico en el abordaje del paciente con diabetes mellitus tipo 1. Existen múltiples planes de atención farmacológico para la persona DT1, sin embargo, hay una gran carencia de tácticas para abordar al paciente con un programa de ejercicio, sin limitarlo de la actividad física o de algún deporte, por la preocupación constante de tener niveles de glicemia muy bajos, aumentar el riesgo de caídas y accidente durante la actividad.

Es importante implementar un plan de ejercicios y entrenamiento adaptado a los pacientes con diabetes mellitus tipo 1 y a las necesidades de cada uno, dependiendo de la etapa de vida en la que se encuentre y tomando en cuenta la cantidad de ejercicio que requieran.

La actividad física es importante para el control de los niveles de glucosa en la sangre y para mantener un estilo de vida saludable. La actividad física tiene muchos beneficios para la salud ya que: reduce los niveles de glucosa en la sangre, baja la presión arterial, mejora la circulación, quema calorías adicionales para que pueda mantener su peso controlado si es necesario, mejora su estado de ánimo, puede prevenir caídas al fortalecer los músculos y mejorar la memoria en los adultos mayores, además puede ayudar a dormir mejor.²

Los beneficios del ejercicio se extienden también sobre el control del peso, la disminución del riesgo cardiovascular, el fortalecimiento neuromuscular y óseo, la aptitud cardiorrespiratoria, la insulinosensibilidad, sobrevida/función de célula β en remisión, las complicaciones microvasculares, la mortalidad y la sensación de bienestar.³

El ejercicio regular, puede ayudar a los pacientes a alcanzar varios objetivos: mejora el perfil de riesgo de enfermedades cardiovasculares en pacientes pediátricos y reduce los niveles de HbA1c alrededor de 0,3 % en la población pediátrica. La composición corporal, la aptitud cardiorrespiratoria, la función endotelial y el perfil lipídico sanguíneo (es decir, los triglicéridos y el colesterol total) mejoran con la actividad física regular en niños y jóvenes con diabetes tipo 1.⁴

Algunos estudios mencionados en el artículo de fisiología del ejercicio⁴ han demostrado que el entrenamiento con intervalos de alta intensidad es más efectivo que el entrenamiento aeróbico continuo en la mejora de la aptitud cardiovascular y diversos parámetros relacionados con el metabolismo de la glucosa y el control glicémico.

En la diabetes mellitus tipo 1, la respuesta de la glicemia antes de la actividad física está muy influenciada por la ubicación de la administración de insulina en el cuerpo, la cantidad de insulina en circulación, la concentración de glucosa en sangre antes del ejercicio, la composición de la última comida o merienda, así como la intensidad y duración de la actividad.

Realizar ejercicio de forma adecuada representa un componente muy importante y eficaz en el tratamiento de la DMT1, se deben incluir cuidados y consideraciones pertinentes para garantizar adecuadas sesiones de ejercicio, han evidenciado que el ejercicio que resulta más adecuado para personas que presentan esta patología, es el ejercicio interválico de alta intensidad (HIIT), cuya práctica ha demostrado que incluso intervienen en perfiles inflamatorios y lipídicos. No obstante, también se puede realizar otro tipo de actividades beneficiosas, ya sea ejercicio de tipo aeróbico o anaeróbico.

Desde la creación de la Caja Costarricense de Seguro Social en 1941, Costa Rica ha contado con un sistema sanitario modélico estructurado de forma vertical, de acuerdo con este modelo, la prevención de la diabetes recae en los EBAIS, la atención en los pacientes sin complicaciones recae en las clínicas periféricas y en caso de diabetes tipo 1 (DM1) tendrían a cargo el tratamiento los hospitales nacionales.⁵

Según la OMS, aproximadamente 62 millones de personas en las Américas (422 millones de personas en todo el mundo) tienen diabetes, la mayoría se asocia a que viven en países de bajos ingresos y se estiman 1,5 millones de muertes en todo el mundo por año, tanto como el número de casos y prevalencia han aumentado constantemente durante la última década, en el 2017 se estimaban 9 millones de personas con diabetes tipo 1. Se ha demostrado

que tomar medidas sencillas de cambios de estilo de vida es eficaz para mantener un buen control de la diabetes, implementando la dieta y la actividad física. ⁶

Según epidemiología de la diabetes en Costa Rica,⁷ la diabetes es una enfermedad autoinmune que puede afectar a cualquier persona en Costa Rica, hay 2289 personas que viven con diabetes tipo 1, al año actual se ha visto que 1 de cada 250 familias están afectadas y para el 2040 se estima que 1 de cada 173 se verán afectadas. En un promedio de un niño de diez años en Costa Rica disfruta de 82 años de vida sana, si desarrollaran diabetes tipo 1, perderán de media a una cuarta parte de su vida, esto quiere decir que no llegarán a los 50 años.

Las personas que tiene diabetes tipo 1 tienen que ser aún más cuidadosos con su dieta y la actividad física comparado con los que lo no padecen de esta enfermedad, para ello se les recomienda medir las concentraciones de azúcar en sangre, inyectarse la insulina de la manera adecuada llevar una dieta saludable y balanceada, prestando atención especial a la cantidad de hidratos de carbono que ingieran, y hacer ejercicio físico con regularidad.⁸

Un factor que modifica la glucemia es el ejercicio físico, es un aspecto que ha empezado a tener importancia significativa y clave en los últimos años junto con las pautas dietéticas, es uno de los factores claves del control de la patología. Durante la realización de ejercicio la glucemia desciende, ya que la glucosa circulante es consumida por el músculo y, si el ejercicio es intenso, aun después de haber terminado la actividad se sigue consumiendo glucosa de forma aneróbica.⁹

Los trastornos emocionales a nivel psicológico relacionados con la diabetes condicionan un estado, predisponen a la aparición de trastornos emocionales no relacionados con la pubertad. El hecho de vivir con diabetes toda la vida hace que sientan que son diferentes a los demás y vivir en cuidado continuo les genera frustración y agotamiento que causa fluctuaciones del ánimo constantemente, a esto se añade un trastorno de conducta alimentaria conocido como diabulimia.¹⁰

Los niños que padecen de esta enfermedad tienen un mayor riesgo de desarrollar desórdenes autoinmunes, particularmente enfermedad tiroidea y enfermedad celiaca. Incrementa una degradación del músculo y de la grasa para proporcionar energía por causa de la hiperglicemia y el deterioro de la glucosa en el músculo esquelético. Alrededor de la mitad de los niños tiene una pérdida de peso como consecuencia del aumento del catabolismo, lo cual explica lo importante que es añadir un plan de entrenamiento a la vida cotidiana de estos pacientes, ya que ayuda a contrarrestar todas las complicaciones que tiene la diabetes mellitus tipo 1.¹¹

Los avances de la tecnología tanto para el control de la glucosa, a través de la monitorización continua, como la tecnología para valorar la intensidad del ejercicio, están ayudando mucho a conseguir ejercitarse con mayor seguridad. Para poder mantener el ejercicio sin riesgos se precisa tener conocimientos que deben ser adquiridos con una adecuada educación, además de esto se debe orientar al paciente sobre los riesgos y beneficios que con lleva la realización de ejercicio, y dar un adecuado soporte de lo que debe o no hacer para que la actividad no se vuelva de riesgo, sino algo seguro que incentive a los pacientes a seguir entrenando, ya que por mucho se ha visto que tiene múltiples beneficios en el cuerpo tanto funcionales, cardiovasculares y psicológicos.

Por lo tanto, la práctica de ejercicio al menos 2 a 3 veces a la semana ha ayudado a mantener niveles de glucosa controlados y a utilizar menos la insulina, ya que se requiere en menos dosis al momento de la actividad física.

Para el abordaje efectivo de la escasa prescripción de ejercicio en pacientes con diabetes tipo 1 es crucial implementar estrategias para incentivar la práctica desde el sector de salud, puede tener implicaciones importantes la implementación de un programa que se base en cómo se debe prescribir la actividad tanto en duración como el tipo de ejercicio. Con este nuevo aporte se puede beneficiar los niños, jóvenes y adultos jóvenes, en quienes esta patología es más frecuente.

1.5 Antecedentes

1.5.1 Antecedentes históricos

Florentino Carral San Laureano (2010), en un estudio realizado en España titulado *Impacto de la actividad física sobre el control metabólico y el desarrollo de complicaciones crónicas en paciente con diabetes mellitus tipo 1*, analizó los principales estudios clínicos publicados hasta la actualidad que evalúan el impacto de la actividad física sobre el control metabólico o el desarrollo de complicaciones crónicas en pacientes con diabetes mellitus tipo 1.¹²

Se empleó una metodología cualitativa donde se realizó una búsqueda y posterior revisión de los trabajos que cumplieran con los criterios de inclusión. Los datos que se obtuvieron mediante la revisión evidencian que existe insuficiente información respecto al impacto de la actividad física en DM1 y los datos disponibles sugieren un efecto beneficioso en la salud en general.

Este antecedente es útil para la investigación actual, ya que proporciona información crucial sobre la relación de los efectos de la actividad física y las incidencias cardiovasculares y funcionales en paciente con diabetes mellitus 1.

Lopes Souto (2011), en un estudio realizado en Brasil titulado *Physical exercises on glycemic control in type 1 diabetes mellitus*, evaluó la relación entre la actividad física y el control glucémico en el paciente con diabetes tipo 1.¹³

Se empleó una metodología cualitativa con un enfoque de Revisión sistémica de artículos publicados entre 1992 y 2009, los datos que se obtuvieron concluyeron que hay una influencia positiva relacionada con el control glucémico y el ejercicio a largo plazo en los pacientes con diabetes tipo 1.

Este antecedente detalla los efectos del índice glicémico en paciente con diabetes tipo 1 y la relación con el ejercicio, fundamental para la investigación actual que busca desarrollar prescripción de ejercicios en portadores de diabetes mellitus tipo 1.

Sheri R. Colberg (2016), en un estudio en Estados Unidos titulado *Physical Activity/Exercise and Diabetes: A Position Statement of the American Diabetes Association*, propuso determinar la clínica orientada y recomendaciones basadas en la evidencia con respecto a la actividad física y el ejercicio en personas con diabetes 1, diabetes 2, diabetes mellitus gestacional y prediabetes.¹⁴

Se empleó una metodología cualitativa, los datos concluyeron que la actividad física se debe recomendar y prescribirse a toda persona con diabetes como parte del tratamiento y manejo del control glicémico y la salud en general.

Este antecedente es muy importante para la investigación actual, ya que detalla cuál es la mejor actividad física para los pacientes con diabetes tipo 1 sin hipoglicemia.

Hernández (2004), en su investigación en Costa Rica, titulada *Recomendaciones en la prescripción del entrenamiento con pesas (contra resistencia) para diabéticos e hipertensos*, se propuso dar a conocer cuáles son los ejercicios de pesas que no se recomiendan para personas que padecen de diabetes e hipertensión.¹⁵

Se empleó una metodología cualitativa, las conclusiones del estudio indicaron que el ejercicio físico provee beneficios a la persona diabética al mejorar el control de la glicemia, tomando en cuenta siempre que los niveles de glucosa en sangre sean < 250 mg/dl.

Este antecedente aporta información detallada de los tipos de ejercicios, intensidad y precauciones al prescribir actividad física al paciente diabético, lo cual lo convierte de gran utilidad en la investigación actual que busca desarrollar la prescripción adecuada de ejercicios.

Muñoz (2012), en un estudio realizado en España titulado *Efectos del ejercicio físico sobre el control metabólico y la función cardiorrespiratoria en niños y adolescentes con diabetes mellitus tipo 1*, se propuso conocer el efecto del ejercicio físico sobre el control metabólico y la función cardiorrespiratoria en niños y adolescentes con DM1.¹⁶

Se empleó una metodología de revisión sistemática de ocho estudios experimentales de julio a octubre del 2011, las conclusiones del estudio demostraron que el ejercicio físico mejora el control metabólico y la funcionalidad cardiorrespiratoria en los niños y adolescentes con DM1.

Este antecedente es crucial para la investigación actual, ya que proporciona información sobre las incidencias en las variables cardiovasculares, funcionales y metabólicas con el ejercicio aeróbico que asocia una mejoría significativa de los niveles de HbA1c.

1.5.2 Antecedentes internacionales

Martin Payo (2024), en un estudio realizado en España titulado *Efectividad de un sistema híbrido de circuito cerrado en pacientes con diabetes tipo 1 durante el ejercicio físico: un estudio descriptivo en la vida real*, describe cómo el ejercicio físico afecta el control metabólico, las necesidades de insulina y el consumo de carbohidratos en niños usuarios de un sistema híbrido de circuito cerrado.¹⁷

Se empleó una metodología de estudio transversal, se reclutaron 21 niños y adolescentes diagnosticados con diabetes tipo 1. Concluyeron que los sistemas híbridos de asa cerrado pueden ser la solución para evitar las hipoglicemias durante la práctica de deportes de competición en pacientes con diabetes tipo 1.

Este antecedente es de gran utilidad en la investigación actual, ya que aporta estrategias de manejo médico que son útiles para minimizar riesgos de hipoglicemia e hiperglicemia en la práctica de deportes.

Jaramillo (2022), en un estudio realizado en Colombia titulado *Diabetes tipo 1 y el ejercicio: desde el manejo nutricional hasta el impacto de la tecnología*, se propuso reforzar el conocimiento desde las bases fisiológicas de esta relación dicotómica y fuerte entre ejercicio físico y diabetes tipo 1 y sentar las bases terapéuticas enfocadas en la disminución de eventos de seguridad, principalmente la hipoglicemia.¹⁸

Se empleó la metodología de búsqueda no sistemática de la literatura en diabetes tipo 1 y ejercicio físico. Las conclusiones del estudio indicaron que el paciente con diabetes tipo 1 representa un reto al prescribir ejercicios por eventos adversos como hipo o hiperglicemia, sin embargo, la actividad física es un componente fundamental y como primera línea de tratamiento en esta enfermedad.

Este antecedente aporta nuevas estrategias de monitorización con manejo farmacológico con ejercicios para evitar los riesgos de hipoglicemia durante la actividad física, por lo cual es fundamental para la investigación actual.

Jara (2022), un estudio realizado en España titulado *Efecto del entrenamiento concurrente en el perfil glucémico de diabetes tipo 1*, evalúa los cambios en la glucemia producidos por el entrenamiento concurrente en comparación con no realizar ningún tipo de ejercicio en diabéticos tipo 1.¹⁹

Se empleó la metodología de estudio experimental controlado aleatorizado con un tamaño muestral de 240 diabéticos tipo 1. Se concluyó que es fundamental la inclusión del ejercicio como un coadyuvante para manejar los índices glicémicos y evitar incidencias a patologías cardiovasculares.

Este antecedente aporta una comprensión detallada de lo importante de un entrenamiento concurrente en los pacientes con diabetes tipo 1 y las mejorías de los niveles de HbA1c, lo que es crucial para la investigación actual.

Carrillo (2024), realizó una investigación en Chile que se titula *Efecto del entrenamiento de Taekwondo sobre el control glucémico en personas con Diabetes Mellitus tipo 1 de 13 y 14 años: Un Estudio Piloto*, que propuso evaluar el efecto del entrenamiento de Taekwondo sobre el control glicémico.²⁰

Se empleó una metodología de investigación cuantitativa de carácter descriptivo con diseño cuasiexperimental. Las conclusiones del estudio demostraron que el TKD es una buena herramienta para realizar ejercicios anaeróbicos, ya que se evidenció que durante el entrenamiento hay una estabilidad glucémica, por lo que genera una baja variabilidad.

Este antecedente es esencial para la investigación actual, ya que ofrece una nueva estrategia de entrenamiento que influye en las variables metabólicas y la estabilidad glicémica durante el ejercicio.

Corvos-Hidalgo (2024) en un estudio realizado en Uruguay titulado *Ejercicio físico y diabetes mellitus tipo 1: Una revisión narrativa*, se propuso analizar la evidencia más reciente sobre los efectos del ejercicio aeróbico, del ejercicio resistido y el ejercicio intermitente de alta intensidad sobre distintas variables de salud en adultos diabéticos tipo 1.²¹

Se empleó una metodología de búsqueda bibliográfica en las bases de datos de *PubMed* y *SPORTDiscus*. Las conclusiones del estudio indicaron que el ejercicio representa un importante y eficaz elemento en el tratamiento de la DM1, sugieren que el HIIT y el ER han demostrado que favorece en la regulación de perfiles inflamatorios y lipídicos.

Este antecedente es fundamental para la investigación actual, ya que detalla los protocolos de ejercicios y el entrenamiento más adecuado para las personas con diabetes mellitus tipo 1.

Navarrete (2021) realizó una investigación en Cuba titulada *Importancia del ejercicio físico en las personas con diabetes mellitus*, describe los efectos y la importancia del ejercicio físico en las personas con diabetes mellitus.²²

Se empleó una metodología de investigación documental, utilizó como buscador de información científica *Google Académico*. Las conclusiones de la investigación indicaron que el ejercicio es beneficio en personas con DM1 y que cada paciente se debe individualizar para tener un ajuste de régimen terapéutico adecuado.

Este antecedente es esencial para la investigación actual, ya que brinda los beneficios del ejercicio aeróbico y de resistencia en las personas con diabetes mellitus.

Murillo (2023), realizó una investigación en Barcelona titulada *Diabetes tipo 1 y deporte para niños, adolescentes y adultos jóvenes*, se propuso aumentar el conocimiento sobre el ejercicio físico y establecer las adaptaciones necesarias de los tratamientos propios de la diabetes.²³

Se empleó una metodología cualitativa. Las conclusiones de la guía indican que es necesario implementar el ejercicio y el deporte como figura fundamental en el tratamiento, ya que las características de cada actividad pueden dar un resultado diferente de nivel de glicemia en cada persona.

Este antecedente es valioso para la investigación actual, ya que incluye recomendaciones, tipos de ejercicios, intensidades y duraciones tomando en cuenta los índices glicémicos de las personas con diabetes mellitus tipo 1.

San-Millán (2020) realizó un estudio en Colorado (USA) titulado *Diabetes tipo 1 y ejercicio Type 1 diabetes and exercise*, se propuso explicar las respuestas metabólicas del ejercicio en personas con DT1 de cara al mejor entendimiento de la prescripción del ejercicio y el manejo de la administración de insulina a personas con DT1.²⁴

Se empleó una metodología de revisión sistemática. Las conclusiones de la investigación abordan lo difícil que es recetar ejercicio de forma correcta en personas con DT1, sin embargo, se ha demostrado que personas con diabetes tipo 1 pueden hacer deporte competitivo y recreacional al más alto nivel.

Este antecedente es crucial para la investigación actual, ya que aporta ambos casos de hipoglicemia e hiperglicemia realizando ejercicio y el abordaje más adecuado.

Alarcón (2021) en un estudio realizado en Valencia titulado *Efectos del entrenamiento interválico de alta intensidad sobre variables cardiovasculares funcionales y psicológicas en personas con diabetes tipo 1*, se propuso analizar los efectos que un protocolo de HIIT genera en personas adultas y sedentarias con DT1, sobre diferentes variables cardiovasculares, funcionales y psicológicas, las cuales están negativamente condicionadas en estas personas por la acción de la enfermedad.²⁵

Se empleó una metodología de análisis pre y post-intervención de un grupo experimental (HIIT) que constó de 11 participantes y un grupo control, que no entrenó, de 8 voluntarios. Las conclusiones de esta investigación evidenciaron que el ejercicio físico tipo HIIT es un entrenamiento eficaz para las personas con DT1.

Este antecedente aporta información fundamental para la investigación actual, ya que evidencia que el entrenamiento tipo HIIT ayuda a prevenir problemas cardiovasculares y funcionales y mejora el bienestar psicológico.

Morla (2021), realizó una investigación en República Dominicana titulada *Protocolo Clínico de Diagnóstico y Tratamiento de la Diabetes Mellitus tipo 1 en Niños, Niñas y Adolescentes*, se propuso estandarizar la atención clínica a través del diagnóstico y tratamiento oportuno, con la finalidad de retrasar la aparición de las complicaciones tardías de la enfermedad, manteniendo una mejor calidad de vida y disminuir la mortalidad.²⁶

Se empleó una metodología de revisión bibliográfica. Las conclusiones indicaron que la recomendación de al menos de 3 días a la semana de ejercicio de tipo HIIT ayuda al fortalecimiento muscular y el monitorizar frecuentemente la glucosa antes, durante y después del ejercicio previene la hipoglicemia.

Este antecedente es fundamental para la investigación actual, ya que permite valorar el manejo y tratamiento de las hipoglicemias en niños y adolescentes al momento de la actividad física.

Pino (2022), realizó una investigación en España titulada *Diabetes Mellitus tipo 1 en deportistas de alto rendimiento*, evalúa la eficacia de una intervención educativa dirigida a mejorar los conocimientos y habilidades para el autocontrol en deportistas de alto rendimiento con diabetes mellitus tipo 1.²⁷

Se empleó una metodología de revisión bibliográfica a través de la búsqueda y lectura de artículos científicos en diferentes bases de datos. Las conclusiones de la investigación indicaron que la realización de ejercicio de forma regular hace que se disminuyan las necesidades de insulina y, al realizarlo frecuentemente, hace que las personas que padezcan de esta patología tengan un mejor control de su enfermedad.

Este antecedente es crucial para la investigación actual, ya que permite desarrollar ampliamente los avances tecnológicos más un plan de ejercicios en personas que padecen diabetes tipo 1.

Simon Helleputte (2024) realizó un estudio en Bélgica titulado *Physical activity and sedentary behaviour in relation to body composition, estimated insulin sensitivity and arterial stiffness in adults with type 1 diabetes*, se propuso examinar la asociación de los niveles diarios de PA y el comportamiento sedentario con la composición corporal, la sensibilidad estimada a la insulina y la rigidez arterial en adultos con diabetes tipo 1.²⁸

Se empleó una metodología de estudio transversal con 54 adultos. Las conclusiones indicaron que el tener un estilo de vida menos sedentario e implementar la actividad física se asocia favorablemente al control glucémico a largo plazo y mejorar la composición corporal, tanto como un detenimiento de la rigidez arterial.

Este antecedente es fundamental para la investigación actual, ya que informa sobre que la limitación del comportamiento sedentario mejora la salud metabólica y cardiovascular en la población con DT1.

Paulina Przybys (2024) realizó un estudio en Polonia titulado *Optimizing Physical Activity for Glycemic Control in Type 1 Diabetes: Strategies and Risk*, se propuso destacar la importancia de los planes de ejercicio personalizados y las medidas preventivas para mitigar riesgos como la hipoglicemia nocturna y la cetoacidosis elevada.²⁹

Se empleó una metodología de análisis de literatura en *PubMed* y *Google Académico* en un base de datos de 2006 a 2024. Las conclusiones del estudio indicaron que implementar la actividad física da beneficios sustanciales en el índice glucémico y la salud cardiovascular. En el manejo de los pacientes con diabetes mellitus tipo 1.

Este antecedente aporta información esencial para la investigación actual, ya que determina los factores de riesgo y prevenciones al realizar ejercicio aeróbico y anaeróbico tomando en cuenta los índices glicémicos.

Vásquez (2023) realizó una investigación en México titulada *Diabetes mellitus tipo 1. Actualización*, se propuso hacer una revisión actualizada de la diabetes mellitus tipo 1 para el médico pediatra de primer contacto en atención primaria.³⁰

Se empleó una metodología de revisión básica de actualización de diabetes mellitus tipo 1. Las conclusiones indicaron que el tratamiento principalmente se basa en la aplicación de insulina exógena, y la realización de ejercicio con niveles de glucosa por encima de 100mg/dL.

Este antecedente es crucial para la investigación, ya que permite tener un enfoque de la diabetes tipo 1, diagnóstico, clínica y el manejo en primera instancia.

1.5.3 Antecedentes nacionales

En la búsqueda de antecedentes nacionales no se encontró información en este contexto, solo en antecedentes históricos donde el más reciente publicado es del año 2004.

Ejes temáticos

Definición de Diabetes mellitus

Clasificación de Diabetes

Definición de Diabetes mellitus tipo 1

Estadios

Etiología

Fisiopatología de la Diabetes mellitus tipo 1

Epidemiología de Diabetes

Comportamiento de la Diabetes en Costa Rica.

Manifestaciones clínicas

Diagnóstico

Complicaciones

Tipos de tratamientos

Aplicaciones de la tecnología

Abordaje farmacológico y no farmacológico

Efectos de los ejercicios en pacientes con Diabetes mellitus tipo 1

Tipos de ejercicios que favorece las incidencias cardiovasculares y funcionales

Ejercicio aeróbico

Ejercicio anaeróbico

Ejercicio interválico de alta intensidad (HIIT)

Ejercicio y monitoreo físico

Cómo alimentarse para evitar las hipoglucemias e hiperglucemias

Complicaciones de la actividad física

Afectación psicológica en los adolescentes que padecen Diabetes tipo 1

CAPÍTULO II- MARCO TEÓRICO

2.1 Definición de diabetes mellitus

La Diabetes Mellitus es una enfermedad crónica que comprende múltiples trastornos metabólicos que llevan a la hiperglicemia, puede provocar deterioro en la salud de los pacientes si no son tratados adecuadamente, reduciendo la calidad de vida y aumentando el riesgo de la aparición de efectos secundarios y complicaciones. El manejo se ha dicho que es minimizar los factores de riesgo como la obesidad, la hipertensión, dislipidemia, fumado, enfermedades cardiovasculares, infecciosas, interacciones medicamentos y efectos secundarios del tratamiento.

Su etiología es multifactorial, ya que es un conjunto de cambios crónicos como hiperglicemia, deficiencia relativa o absoluta de insulina. Puede relacionarse con un exceso de glucagón o un defecto de la secreción o acción de la insulina.³¹

2.2 Clasificación

La Asociación Americana de Diabetes (ADA) clasifica la diabetes mellitus en las siguientes categorías:

- Diabetes mellitus tipo 1: autoinmune hay un a destrucción de las células beta pancreáticas.
- Diabetes mellitus tipo 2: resistente a la insulina.
- Diabetes gestacional: sensibilidad a la insulina.

2.3 Definición de diabetes tipo 1

Esta enfermedad se caracteriza por la falta casi total de generación de la insulina, hay una distracción de las células beta pancreáticas, por lo cual, como consecuencia de la destrucción irreversible de aproximadamente el 80 % de la masa funcional de las células, provoca un ataque inmunológico autorreactivo.

Según la revista médica de Sinergia (2020)³², La diabetes mellitus tipo 1 (DMI), también llamada diabetes insulino dependiente, es una enfermedad autoinmune crónica que presenta aproximadamente el 5 % de los casos totales de la diabetes, esta enfermedad sigue siendo la forma más común y prevalente de diabetes mellitus en la población pediátrica y adolescentes.

2.4 Estadíos de la diabetes

La diabetes es un proceso progresivo y se distinguen varios estadíos en su evolución. En la diabetes tipo 1 se han identificado tres estadíos antes de la diabetes clínica y un pre-estadío 1 que son las personas que tienen de base una predisposición genética a la autoinmunidad contra los islotes pancreáticos en quienes los autoanticuerpos son aún indetectables. La masa funcionante de células beta va disminuyendo a lo largo de los estadíos de la diabetes.³⁷

Se definen tres estadíos los cuales se describen a continuación:

- Estadío 1: presencia de múltiples autoanticuerpos (2 o +) con niveles normales de glucosa sin síntomas. Su duración oscila entre meses a años.³⁷
- Estadío 2: presencia de múltiples autoanticuerpos, con aumento de los niveles de glucosa a niveles en rango no diabético y sin síntomas.³⁷
- Estadío 3: la presencia de múltiples autoanticuerpos, aumento en los niveles de glucosa en rango de diabetes y síntomas de diabetes.³⁷

Algunos añaden un cuarto estadío que sería la diabetes tipo 1 de larga evolución.³⁷

2.5 Etiología

Es una enfermedad desencadenada por mecanismo autoinmunes, están asociados en el inicio y la progresión de factores ambientales y genéticos, entre ellos están:

- Etiología inmunológica: esta afecta las funciones tanto endocrinas como las exocrinas del páncreas, donde las células presentan antígenos de células beta pancreáticas al sistema inmune, provocando una respuesta inmunológica aguda, que en un funcionamiento normal sería frenada por los mecanismos de auto tolerancia, pero en caso de DM1, estos son deficientes y conducen a la respuesta inmunológica crónica que finalmente lleva a la destrucción de las células beta y la ausencia de secreción endógena de insulina.³²
- Etiología genética; la DM1 tiene herencia poligénica por lo que es posible estimar el riesgo de padecer la enfermedad por medio del tamizaje, estos han logrado detectar la diabetes tipo 1 por medio de los antecedentes heredo familiares, en caso de gemelos, el riesgo de padecer DM1 si ya uno lo padece

es de un 30-70 % y de un 6-7 % si la padece un hermano o un progenitor. Además, existe un patrón de comportamiento de acuerdo con el sexo, ya que es ligeramente más común en hombres y en niños.³²

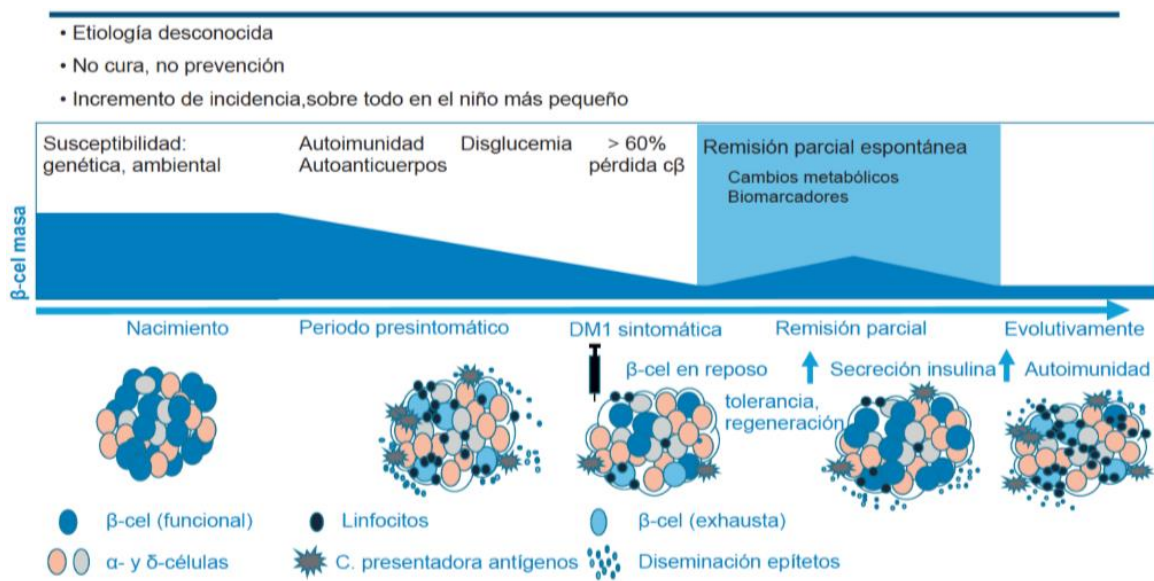
2.6 Fisiopatología

La fisiopatología de la DM1 es un proceso complejo que se desencadena cuando el sistema inmunológico del cuerpo comete un error. Inicialmente, el sistema inmunitario identifica erróneamente las células beta del páncreas como amenazas, desencadenando una reacción autoinmune. Este error puede estar influenciado por varios factores, incluida la predisposición genética e incluso las infecciones virales. La respuesta inmunitaria errónea da lugar a la producción de autoanticuerpos, en particular anticuerpos anti-islotos pancreáticos. Estos autoanticuerpos se dirigen a las células beta del páncreas, que son responsables de la producción de insulina, una hormona vital en el control de los niveles de azúcar en sangre. Con la acción de los autoanticuerpos, los linfocitos T del sistema inmunológico comienzan a infiltrarse en los islotes de Langerhans, donde residen las células beta. Estas células linfocíticas T inician una respuesta inflamatoria y persisten en el ataque a las células beta, un proceso que se extiende a lo largo del tiempo. A medida que se produce esta destrucción progresiva de las células beta, la capacidad del páncreas para producir insulina se ve drásticamente comprometida. Este proceso ocurre de forma silenciosa, a menudo sin síntomas visibles, hasta que la mayoría de las células beta han sido aniquiladas.

La ausencia de insulina en el organismo tiene repercusiones significativas en el metabolismo de la glucosa. La insulina juega un papel crucial al facilitar la entrada de glucosa en las células, donde puede convertirse en energía. Sin insulina, este proceso se ve gravemente afectado. Ante esto, la hiperglucemia, caracterizada por el aumento de los niveles de glucosa en sangre, se convierte en una consecuencia directa de la falta de insulina. Además, el hígado reacciona a la ausencia de insulina aumentando la producción de glucosa a través de la gluconeogénesis, exacerbando aún más el cuadro de hiperglucemia. Para compensar la falta de glucosa como fuente de energía, el cuerpo comienza a descomponer los ácidos grasos, lo que resulta en la formación de cuerpos cetónicos. Esta situación puede conducir a la cetoacidosis diabética, una complicación grave y potencialmente peligrosa de la DM1. La insulina juega un papel fundamental en la regulación de los niveles de azúcar en la sangre. Facilita la captación de glucosa por parte de las células, reduciendo los niveles de

azúcar en la sangre después de las comidas. Además, la insulina inhibe la producción de glucosa por el hígado, evitando aumentos excesivos en los niveles de azúcar en la sangre.³³

Figura 1. Historia natural diabetes mellitus tipo 1. ³⁷



Fuente: imagen obtenida de la referencia ³⁷.

2.7 Epidemiología

Es una enfermedad con una alta prevalencia que afecta a un número considerable de la población mundial, en Estados Unidos uno de cada 400 jóvenes es diagnosticados y de estos al menos un 15-20 % tiene menos de los cinco años. La incidencia anual se ha incrementado dentro de un 2-3 % desde el 2001.

Datos recientes revelaron que muchos presentan cetoacidosis diabética al momento del diagnóstico y mantienen un control subóptimo de la glicemia y solo un 23 % de los niños de esta incidencia cumplen con lo parámetros metas del control glicémico establecidas por la Asociación Americana de Diabetes. ³²

2.8 Comportamiento de la diabetes en Costa Rica

Según la revista de epidemiología de la Diabetes en Costa Rica,⁵ por el momento no existe ningún estudio que haya evaluado la prevalencia en Costa Rica. Y a nivel mundial las estadísticas sugieren un aumento de la incidencia en los últimos años. El Hospital de Nacional de Niños en el 2001 publicó su único ensayo costarricense sobre la incidencia el cual fue de

un periodo de seguimiento de 10 años (1990-2000) y en este documentaron a escala nacional 416 nuevos casos totales de DM1, un 53 % de estos en mujeres y de 3,14 casos nuevos por cada 100 000 menores de 15 años al año. Teniendo una media de edad el diagnóstico de 8,14 años, donde los casos nuevos aparecieron en octubre, coincidiendo con los picos estacionales de las virosis respiratorias. Se cree, según un estudio que se realizó en el 2022, que hay al menos 2289 personas viviendo con diabetes tipo 1 en el país y por cada 250 familias hay una persona que padece esta enfermedad, se proyecta que para el 2040 1 de cada 173 familias se verán afectadas.⁷

2.9 Manifestaciones clínicas

Los síntomas de la diabetes tipo 1 pueden aparecer de forma repentina, e incluyen los siguientes:

- Polidipsia: necesidad persistente de consumir líquidos, sed excesiva.
- Poliuria: producción de orina de > 3 L por día, lo que genera la necesidad de micción excesiva.
- Polifagia: ingestión excesiva de alimentos.
- Pérdida de peso no intencionada.
- Visión borrosa.
- Irritabilidad o cambios en el estado de ánimo.
- En caso de niños, nicturia cuando nunca les sucedió antes.
- Astenia.
- Casos graves de cetoacidosis.
- Infecciones recurrentes de tracto urinario y de la piel.

2.10 Criterios diagnósticos

El diagnóstico de DM1 es un paso crucial en el manejo eficaz de esta enfermedad y para lograr este diagnóstico, existen varias pruebas ya descritas y criterios ampliamente reconocidos que al menos debe cumplir uno de los siguientes:

1. Una de las primeras pruebas realizadas es la glucosa en sangre en ayunas, que requiere que el paciente no consuma alimentos ni bebidas, excepto agua, durante al menos 8 horas. Si en en dos ocasiones diferentes los niveles de glucosa en ayunas son iguales o superiores a 126 mg/dL, esto indica la presencia de diabetes.³³

2. Otra prueba importante es la de la hemoglobina glicosilada (HbA1c) que evalúa el promedio de los niveles de glucosa en sangre a lo largo de 2 a 3 meses. Un resultado igual o más del 6,5 % es un signo de diabetes.
3. Glicemia al azar >200 mg/dL (alterada) en al menos dos ocasiones, en ausencia de síntomas, sugiere la presencia de diabetes.
4. Detección de anticuerpos autoinmunes, como los anti-islotos pancreáticos o antiinsulina, es altamente indicativo de diabetes tipo 1.³³

2.11 Consideraciones importantes de la DM1

Al momento del diagnóstico y después se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:²⁶

1. En el paciente sin clínica de DM1 los criterios son analíticos y deben establecerse en condiciones basales (ayunas, sin estar cursando con ninguna enfermedad, ni recibiendo ningún tratamiento que pueda alterar la glucemia).
 - La hiperglucemia detectada en contexto de enfermedad aguda, trauma u otras situaciones de estrés, puede ser transitoria y no debe ser clasificada como diabetes.
2. Los criterios para diagnosticar la diabetes en niños y adolescentes se basan en la medición de los niveles de glucosa en sangre y la presencia o ausencia de síntomas.
3. La positividad para 1 o más de los anticuerpos de diabetes confirma el diagnóstico de DM1.
4. Las personas con un familiar de primer grado con DM1 tienen 15 veces más riesgos de desarrollar diabetes tipo 1.
5. Las personas con dos o más anticuerpos de los islotes presentan mayor riesgo de desarrollar DM1.
6. La mayoría de los niños en riesgo de DM1 con más de un anticuerpo de los islotes positivos, desarrollaran diabetes en los próximos 15 años, en comparación con el 10 % de aquellos que tienen un solo anticuerpo de islote.
7. La mayoría de los niños y adolescentes con DM1 requerirán regímenes intensivos de insulina, ya sea mediante múltiples inyecciones diarias o mediante infusión subcutánea continua de insulina.¹¹

8. Se recomienda realizar cribado anual de albuminuria, una vez que el niño ha tenido diabetes por 5 años.
9. Realizar examen ocular en jóvenes que han tenido DM1 durante 3-5 años, siempre que estén en edad mayor o igual a 10 años o en aquellos que han iniciado la pubertad.
10. Considerar un examen anual de los pies al comienzo de la pubertad o a la edad de 10 años, una vez el niño ha tenido DM1 por 5 años.²⁶

2.12 Complicaciones

Según la Guía de Diabetes Barcelona³⁴ existen dos tipos de complicaciones que pueden llegar a presentar un paciente con diabetes mellitus tipo 1: las de tipo agudas y crónicas, que se desarrollan a continuación:

2.12.1 Complicación aguda

Las complicaciones agudas son las que se producen en un determinado momento en el tiempo y son básicamente dos: hipoglicemias e hiperglucemias con cetonas que pueden llevar a una cetoacidosis aguda.

Si no se manejan de la manera adecuada y rápidamente puede ser un riesgo vital para el paciente.

2.12.2 Complicación crónica

Las complicaciones crónicas llegan a ser causadas por el aumento persistente de la azúcar en sangre haciendo que ocluya a los vasos sanguíneos, de manera que sea más difícil que la sangre circule hacia un órgano determinado. Ante ello las complicaciones más precoces y comunes son las microvasculares entre ellas se encuentran:

Retinopatía diabética; es una afectación en el ojo que deteriora los vasos que irrigan la retina, provocando retinopatía diabética que se caracteriza por conducir a la ceguera.

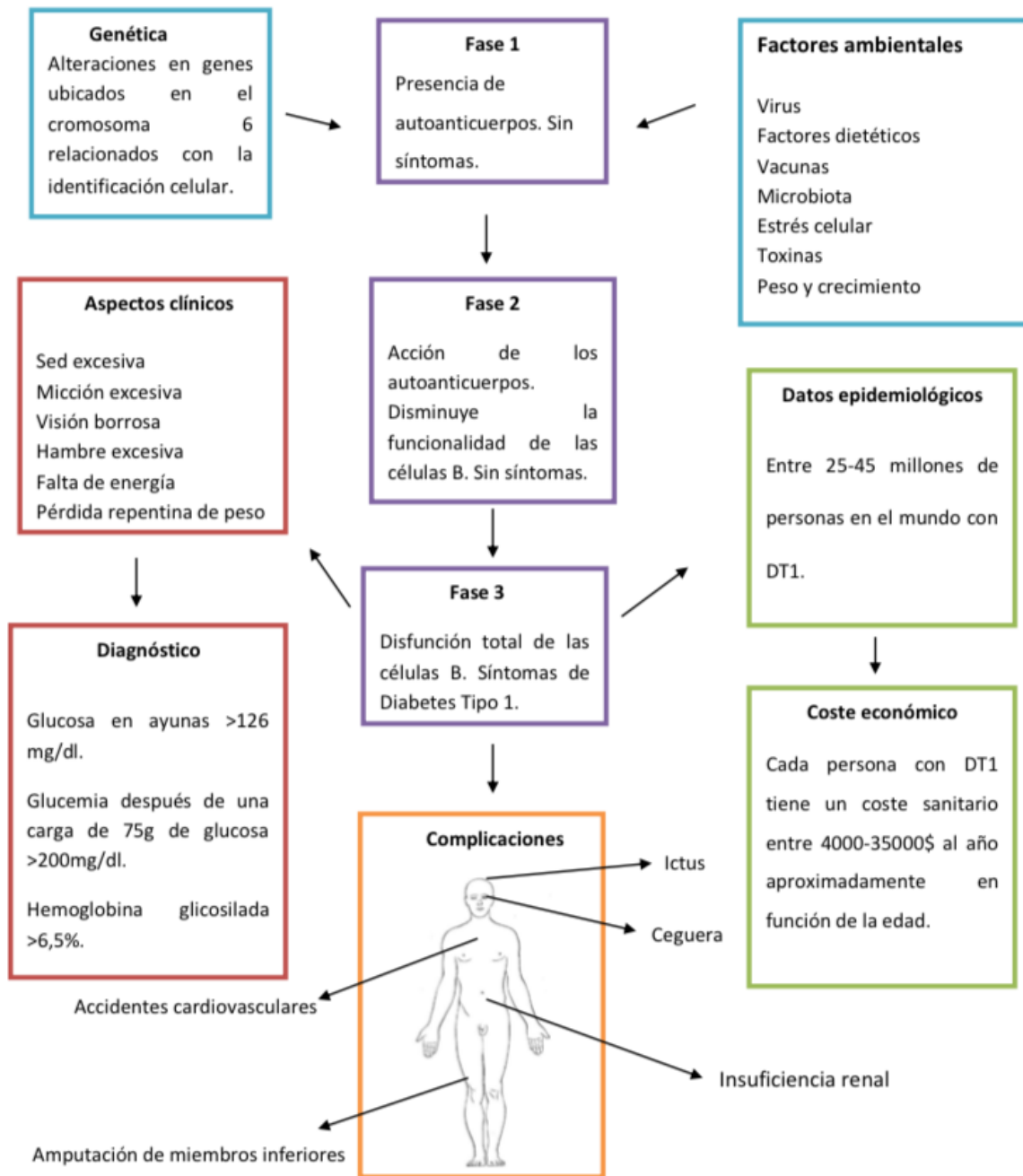
Nefropatía diabética: es la afectación del riñón que se caracteriza por presentar esclerosis y fibrosis glomerular llevando al funcionamiento anormal causada por los cambios metabólicos y hemodinámicos y puede acabar produciendo una insuficiencia renal, el primer signo que se encuentra en la presencia de microalbuminuria.

Neuropatía diabética: afecta a los nervios y con el tiempo puede provocar dolor de piernas, sensación de hormigueo, problemas musculares, problemas gastrointestinales, entre otros.

También existen complicaciones macrovasculares, que estas afectan a los vasos sanguíneos más grandes como la aorta, la carótida o vasos sanguíneos de extremidades, el daño a estos vasos puede originar infartos, ECV y mala irrigación sanguínea.³⁴

En el siguiente esquema se muestra sintetizado el desarrollo de la DM1.

Figura 2. Desarrollo de la diabetes tipo 1, consecuencias fisiológicas y socioeconómicas.



Fuente: imagen obtenida de la referencia ³⁴.

2.13 Tratamiento

La universidad europea (2022),¹⁹ divide el tratamiento en tres pilares fundamentales y entrelazados entre sí: la administración de insulina, alimentación y ejercicio físico.

La administración de insulina o insulinoterapia mediante la vía subcutánea es la base primordial del tratamiento y se puede administrar de dos formas: utilizando un boli con el que se tiene que realizar varias inyecciones al día, o utilizando una bomba de insulina que es fija y se puede regular, con esto se consigue que la liberación de la hormona sea más precisa. A su vez también se dividen de formas en general en insulinas lenta o basal que su duración va de 12-24 horas y la insulina rápida esta no sobrepasa las 4 horas. Además, se puede hacer una división más detallada de insulinas las prandiales, que se usan para comer o realizar correcciones; basales, que corresponderían a la insulina que se está liberando continuamente y se pueden mezclar entre ellas.¹⁹

Se ha evidenciado que realizar ejercicio de forma regular conduce una mejor calidad de vida y a una disminución de la posibilidad de aparición de las complicaciones asociadas a la patología. Además, hay un aumento de los GLUT-4 mediante la práctica de cualquier tipo ejercicio.¹⁹

El último de los pilares por mencionar es la alimentación, siendo lo recomendable evitar los hidratos de absorción rápida (a no ser que sea indispensable debido a una hipoglicemia), aumentar el consumo de fibras e intentar realizar al menor de 4 a 5 comidas y mantener horarios estables.¹⁹

Aparte de estos tres pilares comentados, se establece la importancia del apoyo psicológico, tanto en los pacientes como en su entorno más cercano, ya que la responsabilidad que tiene esta enfermedad, sobre todo en las edades de niñez o adolescencia, especialmente, puede ocasionar una percepción de una peor calidad de vida y bienestar psicológico en comparación con las personas sanas a su alrededor, se ha observado que hay una relación entre la DM1 y el trastorno depresivo mayor a nivel biológico.¹⁹

En la siguiente tabla se nombran los tipos de insulina, el inicio de acción con el tiempo de duración en metabolismo y el aspecto de cada uno.

Tabla 1. Nombres de insulinas prandiales, basales y mezclas con sus características respectivas.¹⁹

Insulina			Viales	Plumas	Inicio	Pico máximo	Duración	Aspecto	
Prandiales	Ultrarrápidas	Aspart			NovoRapid FlexPen®	10-15 min	1-2 h	3-5 h	Claro
		Glulisina		Apidra®	Apidra Solostar®				
		Lispro	100 UI/ml	Mumalog®	Humalog K wikPen®				
	200 UI/ml			Humalog K wikPen 200®					
Rápidas			Actrapid® Humulina Regular®	Actrapid Innolet®	30 min	2-4 h	6 h	Claro	
Basales	Intermedias	NPH		Insulatard® Humulina NPH®	Insulatard FlexPen® Humulina NPH KwinPen®	1-2 h	4-8 h	12 h	Turbio
	Prolongadas	Glargina	100 UI/ml		Abasaglar KwinPen® (biosimilar)	1-2 h	Sin pico	20-24 h	Claro
				Lantus®	Lantus Solostar®	1-2 h	Sin pico	20-24 h	Claro
		300 UI/ml		Toujeo Solostar®	3-4 h	Sin pico	24-36 h	Claro	
	Detemir				Levemir FlexPen® Levemir Innolet®	1-2 h	Sin pico	12-18 h	Claro
	Degludec				Tresiba 100 FlexTouch®	1-2 h	Sin pico	24-42 h	Claro
Mezclas	Con insulina humana	Rápida + NPH		Mistard 30® Humulina 30:70®	Mixtard 30 Innolet® Humulina 30/70 KwinPen®	30 m	Doble	12 h	Turbio
	Con análogos de insulina	Aspart + NPA			NovoMix FlexPen® 30 NovoMix FlexPen® 50 NovoMix FlexPen® 70	10-15 min	Doble	12 h	Turbio
		Lispro + NPA			Humalog Mix25 KwinPen® Humalog Mix50 KwinPen®	10-15 min	Doble	12 h	Turbio

Fuente: imagen obtenida de la referencia¹⁹.

2.14 Opciones de tratamiento

2.14.1 **Tratamientos insulínicos:** la insulina NPH (protamina neutra de Hagedom) se utiliza con más frecuencia en menores de cinco años, en combinación de análogos rápido-postprandiales y en menos frecuencia la insulina regular preparandial, esta mejora los

niveles de hemoglobina glicosilada, pero induce más a hipoglicemias. Se ha demostrado que Aspart ultrarrápida son útiles para mejorar el control de glucosa posprandial, ya que presenta un inicio más rápido y mayor efecto en reducción temprana de la glucosa e imita mejor la liberación fisiológica de la insulina postprandial y da una mejor cobertura al comer.³²

2.14.2 Tratamientos no insulínicos:

- **Pramlintide:** es el único tratamiento complementario oral no insulínico aprobado para control glucémico en pacientes con DM1. Otros se usan. De forma *off label*, como metformina, tiazolidinedionas, análogos de amilina, inhibidores del co-transportador de sodio-glucosa 2 (SGLT2), agentes basados en incretina como agonistas del receptor del péptido similar al glucagón-1 (GLP-1) y dipeptidil peptidasa-4 (DPP-4).³²
- **Metformina:** posee efectos pleiotrópicos, se utiliza principalmente para disminuir la resistencia a la insulina. Sin embargo, se han reportado otros mecanismos de acciones interesantes, incluido su efecto protector sobre las células β y prevención de complicaciones cardiovasculares.³²
- **Inhibidores de SGLT-2:** bloquean la reabsorción de glucosa en los túbulos renales, aumentando la excreción urinaria, mejoran el metabolismo de la glucosa, tienen un efecto positivo sobre el perfil lipídico y protección y regeneración de las células β en DM 1. También datos indican un papel potencial en la protección de las funciones renales, reducción de peso y presión arterial.³²
- **Amilina (polipéptidoamiloide de islotes IAPP):** es una hormona anorexígeno, esta regula la secreción de insulina y glucagón, en DM1 existe un déficit de esta, lo que aumenta las hipoglicemias después de la insulina. Se ha visto que esta terapia continua subcutánea de insulina con pramlintida disminuye los niveles de HbA1c, más corporal y las necesidades de insulina.³²
- **Agentes basados en incretinas:** agonistas del receptor del péptido 1 similar al glucagón (GLP-1) e inhibidores de la dipeptidil peptidasa-4 (DPP-4), que

su mecanismo de acción es aumentar la secreción de GLP-1, que actúa estimulando la secreción de insulina, bloquea la producción de glucagón e inhibe la apoptosis de las células β pancreáticas.³²

2.14.3 Nuevas terapias

- **Alotrasplante de islotes:** es una alternativa terapéutica en pacientes de difícil control. Existen varios tipos, pero en pacientes con DM1 se usa el trasplante de islotes solo, existen pocos estudios con evidencia muy limitada los cuales demuestran que, en pacientes con DM1 con y sin enfermedad renal, mejora el control glucémico y las complicaciones diabéticas. La principal limitante para su uso es la escasez de donantes.³²
- **Células madre mesenquimales (BM-MSC):** se trata de células adultas multipotentes que son derivadas de la médula ósea, hígado o tejido adiposo, las cuales tienen el potencial de diferenciarse en células productoras de insulina (IPC). Presentan varias ventajas respecto a las células madre embrionarias, por su alta capacidad de diferenciación, mayor estabilidad cromosómica, menor tendencia a formar neoplasmas en el receptor y no presentan problemas de inmunocompatibilidad porque tienen baja expresión HLA-I y no expresan HLA-II, tienen un bajo riesgo de rechazo alógeno y de enfermedad de injerto contra huésped.³²

2.15 Aplicaciones de la tecnología

El uso de las nuevas tecnologías aplicadas a la diabetes mellitus tipo 1 han transformado el manejo de esta, llegando a ser una parte indispensable en el tratamiento integral de la enfermedad.

Tanto como los nuevos sistemas de liberación de insulina como los dispositivos de monitorización de la glucosa han contribuido a optimizar el control glucémico, mejorando tanto su calidad de vida como la de sus cuidadores. Así mismo este desarrollo y perfeccionamiento durante los años ha logrado que estas tecnologías permitan el acceso de “asa cerrada” o páncreas artificial. Por consiguiente, se mencionarán los sistemas de administración de insulina:

- Plumas de insulina: tiene una capacidad de administrar 0.5 unidades (U) de insulina, tanto recargables como desechables, el siguiente paso ha sido convertir esta pluma de una tradicional en una pluma inteligente, conectándola a un dispositivo móvil que permita monitorizar las dosis de insulina administradas, controlar la temperatura de la insulina, sincronizarse con sistemas de monitorización de glucosa, o actuar como calculadora de bolos.³⁵
- Puertos para la administración de insulina subcutánea: estas han demostrado mejoría al control clínico en la adherencia al tratamiento. Permiten la infusión de insulina a través de una cánula de plástico que está localizada en el tejido subcutáneo y que se cambia cada 3 días.³⁵
- Bombas de insulina: también conocidos como sistemas de ISCI, en los que se dispone de una infusión continua programada de insulina, así como de la posibilidad de administrar bolos para las comidas o para las correcciones de hiperglucemia. Además, tiene utilidades como calculadoras de bolos, diferentes formas de administración otorgan ayuda para mejorar la gestión de la diabetes. La mayoría de estos sistemas están conectados con un catéter, aunque también existen bombas sin catéter, conocidas como “bombas parche”.³⁵
- Bombas parche: esta se adhiere a la piel mediante una capa adhesiva, ofrecen varias ventajas adicionales, como ser más pequeñas, discretas, fáciles de usar, se puede colocar en cualquier parte del cuerpo, la aplicación es casi indolora; muchas bombas parche proporcionan una inserción automática de la aguja y son económicas al resto de los otros sistemas tecnológicos de insulina.³⁶
- Sistemas integrados o de liberación automática de insulina: consta de tres componentes uno es el sistema de monitorización de glucosa (MCG), el ISCI y un algoritmo matemático de control o controlador. Este algoritmo matemático determina la cantidad de insulina a infundir en función de los valores de glucosa intersticial a tiempo real, siendo de esta forma, la administración de la insulina automática y más parecida a la liberación fisiológica. Se le conoce como sistemas híbridos de asa cerrada al no ser completamente automáticos. A pesar de su uso reciente, ya han publicado

diferentes trabajos en los que se han demostrado su beneficio clínico. Se ha observado una mejoría del control clínico con un aumento del tiempo en rango sin aumento el tiempo en hipoglicemia, una mejoría significativa del control glucémico nocturno, así como una mejoría de la calidad del sueño y de vida de los niños y de sus cuidadores.³⁵

- Sistemas de asa cerrada bihormonales o páncreas duales: estos permiten añadir glucagón al sistema de infusión de insulina. El uso del glucagón agrega una protección adicional antes las hipoglicemias y permiten ser más agresivos al momento de tratar las hiperglucemias. Sin embargo, termina siendo un sistema más complicado de usar ya que precisa de dos sistemas de infusión independientes.³⁵

En la siguiente tabla se muestra el nombre de los dispositivos comerciales con el tiempo máximo de uso si se debe o no estar calibrando, las capacidades que tiene cada uno para sustituir las inyecciones capilares y si se reciben alertas de dispositivo directamente o a través del celular, en caso de alguna eventualidad.

Tabla 2. Resumen de las principales características de los diferentes sistemas de monitorización de glucosa

	DURACIÓN (DÍAS)	CALIBRACIÓN	VISIÓN DE DATOS	¿SUSTITUYE a la glucosa capilar?	ALERTAS
Dexcom® G5	7	SI (2/día)	Tiempo real	SI	SI
Dexcom® G6	10	NO	Tiempo real	SI	SI (G7*)
Freestyle Libre 2 (Abbott®)	14	NO	A demanda	SI	SI
Freestyle Libre 3 (Abbott®)*	14	NO	Tiempo real	SI	SI
Guardián Connect/Sensor 3 (Medtronic®)	7	SI (2/día)	Tiempo real	NO	SI
Guardian Connect/Sensor 4 (Medtronic®)	7	NO	Tiempo real	SI	SI
Guardian Connect/Sensor 4 (Medtronic®)	7	NO	Tiempo real	SI	SI
GlucoMen® Day	14**	SI (1-2/día)	Tiempo real	NO	SI**
Eversense(Implantable) (Senseonics®). Roche®	180	SI (2/día)	Tiempo real	No EU (si USA)	SI

*Free Style Libre 3 de Abbott (fase de comercialización), Dexcom ® G7 (en desarrollo). **: inserción sin aguja y alarmas personalizables

Fuente: Tabla obtenida de la referencia ³⁵.

2.16 Aspectos generales del ejercicio

Actividad física: es cualquier movimiento del cuerpo que cause una contracción de los músculos esqueléticos y que incremente el gasto de energía comparado a cuando se está en reposo.

Ejercicio: es una actividad física estructurada que se hace con la intención de mantener o mejorar las salud y estado de forma.

La realización de actividad física regular y ejercicio planificado es muy importante para las personas con diabetes mellitus tipo 1 (DM1), sea cual sea la edad, por la variedad de efectos positivos que tiene en la salud y el control de las glucemias, ahora con los avances tecnológicos de la monitorización continua o a demanda de la glucosa intersticial, también se puede beneficiar con el monitoreo para valorar la intensidad del ejercicio, esto ayuda a realizar con mayor seguridad. ³⁷

2.17 Efectos del ejercicio en pacientes con diabetes mellitus tipo 1

Entre los múltiples efectos beneficiosos se ha demostrado, en población pediátrica con DM1, que la actividad física regular es un factor que contribuye a prolongar el periodo de remisión. Para poder conseguir los beneficios del ejercicio sin riesgos se precisa tener conocimientos que deben ser adquiridos con una adecuada educación y la experiencia individual, para saber ajustar la insulina y la ingesta al mismo.³⁷

- Incrementa la capacidad cardiorrespiratoria
- Mejora el sueño
- Aumenta el nivel de energía
- Mejora el perfil lipídico
- Mejora el control de la tensión arterial
- Disminución del riesgo cardiovascular
- Ayuda a controlar el peso
- Fortalecimiento neuromuscular y óseo
- Mejora el control glucémico (realizado en buenas condiciones)
- Disminuye la resistencia a la insulina
- Disminuye las necesidades diarias de insulina
- Mejora el estado de ánimo, da una sensación de bienestar
- Disminuye las complicaciones microvasculares
- Disminuye la mortalidad
- Insulinosensibilidad, sobrevida y función de las células β en remisión³⁷

2.18 Recomendaciones para la actividad física en niños y adolescentes

En la siguiente tabla se muestran las recomendaciones de la OMS de las actividades físicas que pueden realizar los niños y adolescentes con diagnóstico de diabetes mellitus tipo 1.

Tienen las mismas recomendaciones que cualquiera de la población en general, según la Organización Mundial de la Salud.

Tabla 3. Recomendaciones para la actividad física en niños y adolescentes de la OMS

Recomendación según edad	Actividad física (AF)	Sedentarismo
Niños/as que no caminan menores de 1 año	Entornos seguros, juegos en el suelo o en el agua, supervisados por adultos	Sillitas o carros en vigilia menos de una hora seguida Pantallas NO en menores de 2 años Recomendación: Clase 1, Evidencia C
Niños/as que caminan de 1 a 4 años	Al menos 180 min al día (3 h) todo tipo de actividad - Estructurada y juego libre - De cualquier grado de intensidad. A mayor edad aumenta la intensidad - Trepas, correr, saltar, juegos de pelota, carrera Recomendación: Clase 1, Evidencia C	No más de una hora seguida en vigilia sentados, en sillas o carros, computadoras, etc. Pantallas no educativas: - <2 años NO recomendada - >2 años hasta 4 años no más de 1 h diaria Recomendación: Clase 1; Evidencia B
Niños/as y adolescentes de 5 a 17 años	- Al menos 60 min diarios de AF moderada a vigorosa (puede fraccionarse) - Tres días a la semana de actividades de fortalecimiento muscular y mejora de masa ósea. Recomendación (A) - Entrenamiento de la fuerza con personal idóneo - AF en ambiente seguro Recomendación: Clase 1, Evidencia A	- Reducir períodos sedentarios prolongados: - Reducir el tiempo de transporte motorizado (auto, colectivo, tren) - Fomentar el transporte a pie, en bicicleta - Pantallas no educativas máximo 2 h diarias Recomendación: Clase 1, Evidencia B
	MÁS ES MEJOR	MENOS ES MEJOR

Fuente: tabla obtenida de la referencia ³⁸.

2.19 Recomendaciones del ejercicio en las personas con DM

El ejercicio físico es un pilar fundamental del tratamiento integral de las personas con diabetes mellitus. Los pacientes deben de ser orientados desde el inicio clínico de la enfermedad y reforzados en cada consulta sobre los diferentes aspectos del ejercicio físico y actividad práctica. ³⁹

Antes de aumentar los patrones de actividad física o desarrollar un programa de ejercicios, el individuo con DM debe de someterse a una evaluación médica y a los exámenes diagnósticos para identificar la presencia de complicaciones, ya que dependiente de los resultados se realizan las recomendaciones. Entre las recomendaciones que se pueden brindar serían las siguientes: mantener una hidratación adecuada, se sugiere que antes de empezar la ingesta de líquidos (al menos 500ml consumidos en 2 horas previas al inicio del ejercicio al inicio del ejercicio físico) y durante la realización de este mantener la ingesta de modo frecuente. Se debe de utilizar calzado adecuado y cómodo, los pies deben ser supervisados de manera sistemática antes y después del ejercicio, para evitar lesiones en ellos. El programa de ejercicios debe de incluir al menos un período de calentamiento y enfriamiento.

La práctica de deportes extremos de alta peligrosidad no es recomendada en las personas con diabetes mellitus, si es recomendable el ejercicio regular; al menos 150 minutos o más a la semana de, ya sea ejercicio aeróbico de alta intensidad o de intensidad moderada, manteniendo un 50-70 % de la frecuencia cardiaca máxima según edad en años ($FC_{máx.} = 220 - \text{edad}$), también incluir ejercicios de resistencia al menos tres veces por semana y asegurarse que estén bien ejecutados.³⁹

2.20 Respuestas metabólicas al ejercicio

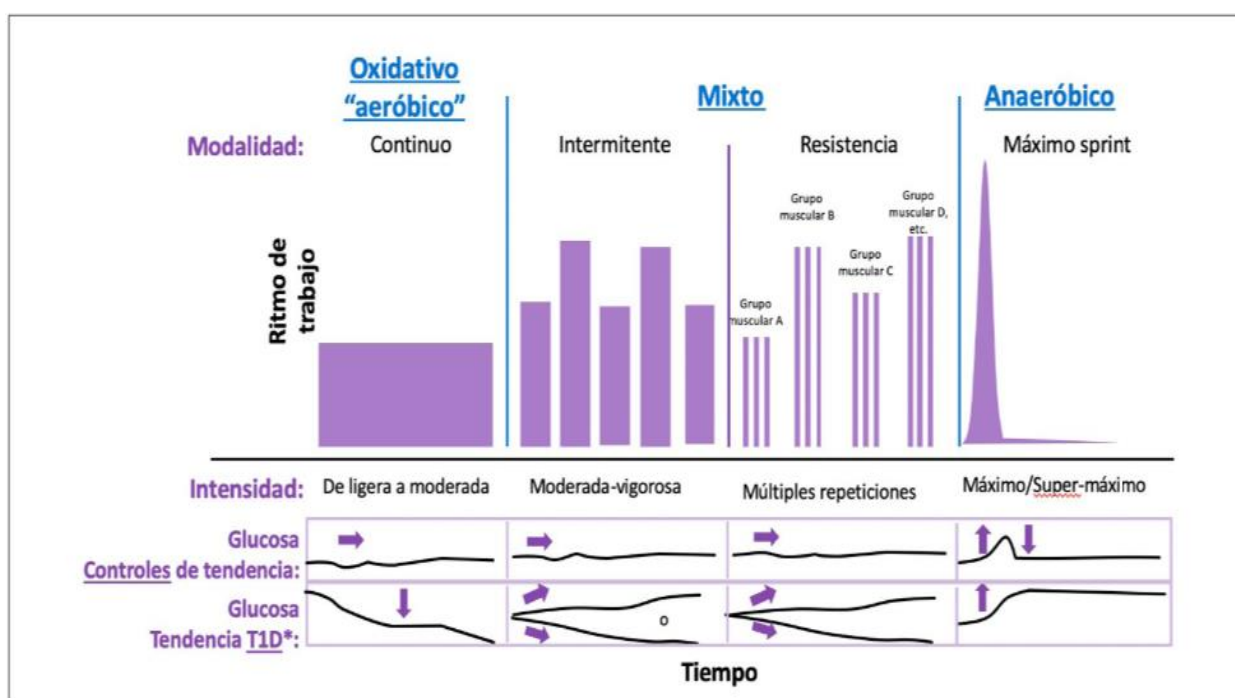
El ejercicio físico conlleva distintos tipos de intensidades y duraciones, las cuales ocasionan diferentes respuestas metabólicas. Las necesidades bioenergéticas celulares dictan la utilización de sustratos para proporcionar energía que fundamentalmente es mediante los ácidos grasos y carbohidratos (CHO). Este concepto es importante tomarlo en cuenta, ya que es la base para entender las hipoglucemias durante el ejercicio.

Las intensidades de ejercicio bajas como el aeróbico se caracterizan principalmente por un estado oxidativo donde la principal fuente de energía son los ácidos grasos y con ligera aportación de los CHO. Durante la historia, se ha tenido la idea de que el único sustrato energético utilizado en a bajas intensidades de ejercicio son las grasas y sin aportación energética de la glucosa. Este concepto es erróneo, ya que a intensidades bajas de trabajo también se oxida la glucosa como fuente de energía. A medida que la intensidad del ejercicio aumenta, la demanda de mayor velocidad a la hora de producir ATP aumenta y, por tanto, existe importante cambio bioenergético, el cual hace que disminuyan las grasas y la glucosa aumente, esto por la capacidad de producir ATP a través de la oxidación de las grasas más lenta que la de los carbohidratos y en esta situación las fibras de contracción muscular que son requeridas con las rápidas o tipo IIa, que son altamente glucolíticas.

A intensidades de ejercicio más altas aún (al umbral del lactato) la demanda de producción de ATP es muy elevada y las grasas ya no pueden sostener dicha demanda y por tanto la glucosa es el único sustrato utilizado, aumentando significativamente la utilización de glucosa. Finalmente, a intensidades superiores al consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}), la aportación de energía es exclusivamente anaeróbica y los músculos dependen del ATP almacenado en el músculo, así como del sistema ATP-PC (fosfocreatina).⁴⁰

La glucogenólisis hepática tiene como principal misión la exportación de glucosa hacia el músculo conllevando un aumento de la glucosa en sangre, este concepto es importante para entender la hiperglucemia provocada por el ejercicio inmediatamente después. En personas que padecen de DM1 el control glucémico resulta ser más difícil, lo que conlleva a las situaciones de hipo/hiperglucemias frecuentes. Por lo que las demandas bioenergéticas y metabólicas terminan dictando el rumbo de la glucosa sanguínea como se muestra en la figura 1.

Figura 3. Respuesta de la glucosa sanguínea a distintas intensidades de ejercicio



Fuente: imagen obtenida de la referencia ⁴⁰.

2.21 Beneficios del ejercicio que favorece las incidencias cardiovasculares y funcionales

La actividad física regular beneficia significativamente la salud física, mental y social, pero más del 60 % de las personas con diabetes tipo 1 (DT1) no participan en actividades físicas regularmente. Los adultos activos con DT1 a menudo logran mejores niveles de HbA1c y presión arterial, mantener un IMC más saludable y experimentar necesidades diarias de insulina reducidas, junto con menores riesgos de enfermedad arterial

coronaria, isquemia miocárdica y evento cerebrovascular si se realiza esta actividad regularmente reduce significativamente el riesgo de enfermedades cardiovasculares y los niveles de HbA1c en aproximadamente un 0,3 % en pacientes pediátricos con DT1.²⁹

El ejercicio también mejora el perfil de lípidos en sangre, incluyendo el colesterol total y los triglicéridos, y mejora función endotelial, el ejercicio físico y la actividad en pacientes con DT1 condujo a reducciones en el colesterol total, el colesterol LDL y triglicéridos, aunque la actividad moderada se relacionó con una disminución del colesterol HDL. Estas mejoras cardiometabólicas son cruciales, ya que la enfermedad cardiovascular es la principal causa de morbilidad y mortalidad en individuos jóvenes con T1D, ya que presentan el doble de riesgo de desarrollar enfermedad cardiovascular en comparación con aquellos sin diabetes. Sin embargo, los tipos de ejercicio más efectivos para mejorar el cardiometabólico el control en pacientes con T1D todavía se está investigando.²⁹

Un programa de entrenamiento de intervalos de alta intensidad (HIIT) de seis semanas ha demostrado significativamente beneficios para personas previamente inactivas con DT1 incluido mejorando el bienestar, adherencia al ejercicio y calidad de vida relacionada con la salud, el ejercicio HIIT que implica ráfagas cortas de ejercicio de alta intensidad seguidas de períodos de recuperación, es eficiente en el tiempo en comparación con el entrenamiento continuo de intensidad moderada (MICT) en el ejercicio HIIT se describen mejoras en la calidad del sueño, disfrute y motivación, junto con menos incidentes de cetoacidosis diabética e hipoglucemia graves. A Un estudio de 18 028 adultos con DT1 encontró que aquellos que hacían ejercicio al menos dos veces por semana tenían niveles mejorados de HbA1c, IMC más saludables y menos complicaciones como la retinopatía y microalbuminuria. El efecto de la actividad física sobre la HbA1c es particularmente notable para individuos jóvenes con T1D.²⁹

2.22 Tipos de ejercicios

Tabla 4. Tipos de actividades físicas con sus características

Tipo de ejercicio	Descripción	Efectos en el cuerpo	Ejemplos
Aeróbico	Entrenamiento cardiovascular continuo, rítmico y repetitivo, movimiento de grandes grupos muscular.	Aumento de la frecuencia cardiaca y del uso de oxígeno.	Correr, ciclismo, nadar
Anaeróbico	Ejercicio con pesas, corto y más intenso	Implica glucolisis, en donde la glucosa se convierte en adenosina trifosfato (ATP) sin usar oxígeno.	Pesas, gimnasia
HIIT	Ráfagas cortas de ejercicio de alta intensidad seguidas de períodos de recuperación.	Mejora la salud cardiometabólica, reducción significativa de HbA1c	Combinación de ejercicios de fuerza con resistencia.

Fuente: elaboración propia con base en referencia ²⁹.

2.23 Ejercicio aeróbico

Es un tipo de entrenamiento cardiovascular de resistencia que se basa en los movimientos continuos, como caminar, correr, nadar, montar en bicicleta, remar o ejercicio tipo clase de spinning, son lo que dan lugar a un mayor consumo de glucosa y, por tanto, se puede esperar que haya una reducción de la glucemia. Este efecto ocurre tanto durante el ejercicio como hasta en las 12-24 horas posteriores. Se denominan este tipo de ejercicios como hipoglucemiantes.²³

2.24 Ejercicio anaeróbico

Son ejercicios de fuerza muscular, como levantar pesas o ejercicios utilizando el propio cuerpo como peso, en estos ejercicios también se encuentra el grupo de deportes como el judo, la lucha o la gimnasia deportiva pues se realizan trabajos de fuerza muscular. Estos ejercicios tienen un menor impacto hipoglucemiante e incluso pueden llegar a incrementar la

glucemia cuando son de muy alta intensidad y corta duración, se denominan este tipo de ejercicio como hiperglucemiantes.²³

En la siguiente tabla se muestran las características de la prescripción de ejercicio aeróbico y de fuerza para pacientes con diabetes.

Tabla 5. Características con tipo de ejercicio, intensidad, duración y frecuencia de ejercicios de fuerza y aeróbicos

	Ejercicio aeróbico	Ejercicio de fuerza
Tipo de ejercicio	Caminar, correr, nadar, ir en bicicleta, remar, esquí de fondo, algunos tipos de clases dirigidas, bailar, etc.	Trabajo con pesas, máquinas de resistencia, cintas elásticas, autocargas, etc.
Intensidad	Moderada: 55-69 % de la frecuencia cardíaca máxima Alta: 70-89 % de la frecuencia cardíaca máxima	Entre el 40 y el 80 % de 1 repetición máxima
Duración	> 150 minutos a la semana, habitualmente en sesiones de 30 a 60 minutos	Unos 20 a 30 minutos por sesión
Frecuencia	Preferiblemente todos los días o bien de 3 a 5 días a la semana en días alternos	3 sesiones a la semana

Fuente: tabla obtenida de la referencia ⁴¹.

2.25 Ejercicio interválico de alta intensidad (HIIT)

Recientemente se han popularizado los entrenamientos de tipo interválico (HIIT), que se trata de combinaciones de series cortas de alta intensidad con periodos de recuperación. Uno de los protocolos más estudiados en diabetes consiste en realizar de 5 a 10 series de 30 segundos a 1 minuto de duración de ejercicio a muy alta intensidad seguido de periodos de recuperación de 1-5 minutos.

Este tipo de entrenamiento tiene un mínimo de efecto sobre los niveles de glucosa en sangre, por lo que no suelen necesitar suplementos con hidratos de carbono ni reducciones de dosis de insulina antes del ejercicio. Sin embargo, si se realizan intervalos de ejercicio muy cortos de 10 a 30 segundos, pueden dar lugar a hipoglicemias.²³

Figura 4. Factores previsibles del efecto glucémico del ejercicio

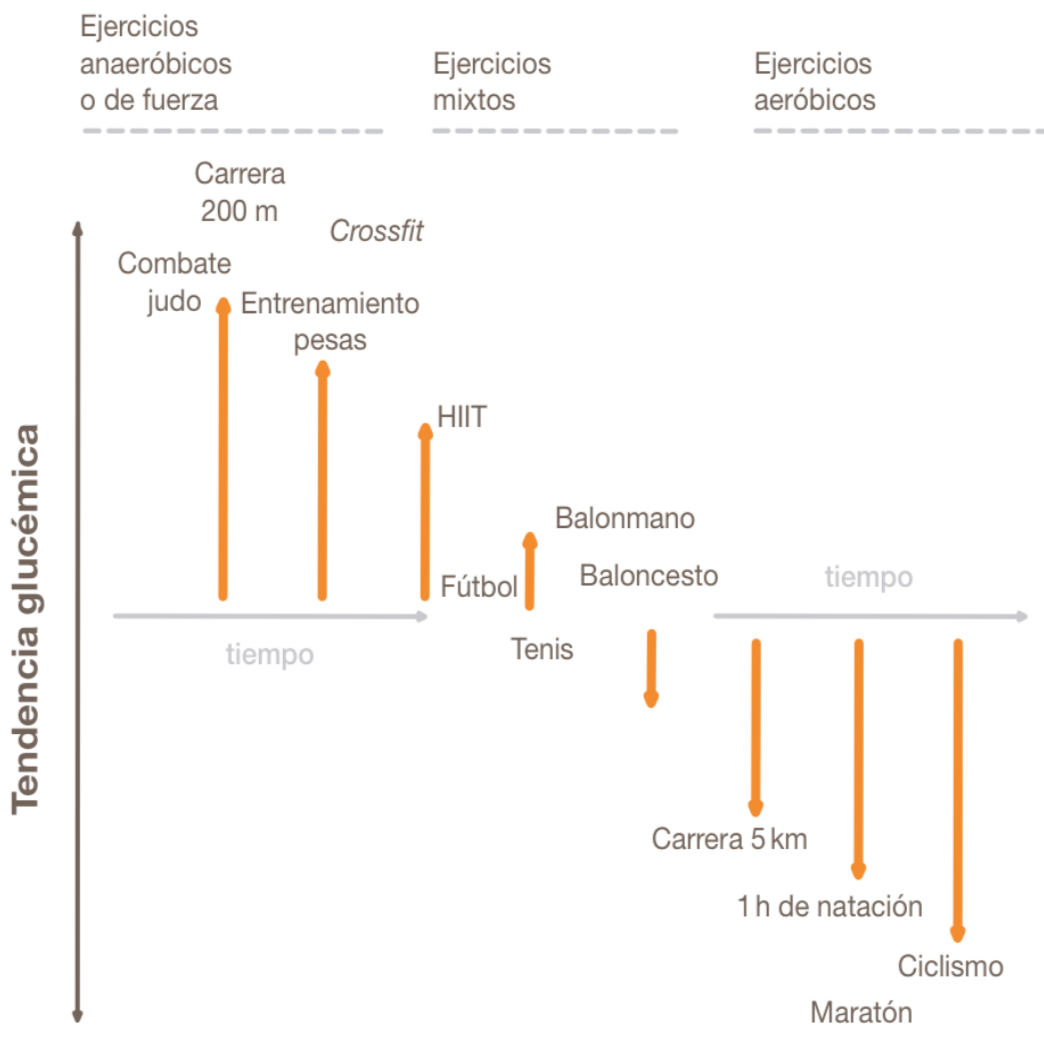


Fuente: imagen obtenida de la referencia²³.

En la práctica cada tipo de ejercicio o deporte puede tener un impacto diferente sobre los niveles glucémicos, ya que cada actividad tiene un impacto distinto con características

específicas. En la siguiente figura se muestra los efectos glucémicos para cada tipo de ejercicio.

Figura 5. Reflejo previsible del efecto glucémico para cada tipo de ejercicio



Fuente: imagen obtenida de la referencia ²³.

2.26 Ejercicio y monitoreo continuo de la glucosa

El MCG ha permitido entender mejor los cambios de concentración de glucosa durante el ejercicio particularmente en las horas inmediatamente posteriores. Un estudio más reciente también determinó el beneficio de adicionar un monitoreo continuo de glucosa a un sistema de apoyo a la de toma de decisiones para los pacientes y el manejo de su diabetes. La unión del MCG les permitió a los pacientes ajustar las dosis de insulina, la ingesta de

carbohidratos y la intensidad del ejercicio, obteniendo mejores resultados en cuanto a control glucémico e hipoglucemia. Una posible limitación del MCG es la poca exactitud durante el ejercicio. Una explicación son los rápidos cambios en las concentraciones de glucosa, lo cual retrasa el equilibrio que existe entre compartimentos vascular e intersticial. Por ejemplo, un estudio encontró una diferencia de 25,2 mg/dL entre el reporte de glucosa intersticial medida por MCG (Medtronic guardián real time system) y plasmática durante ejercicio aeróbico, implicando una sobreestimación de la glucosa plasmática¹⁸

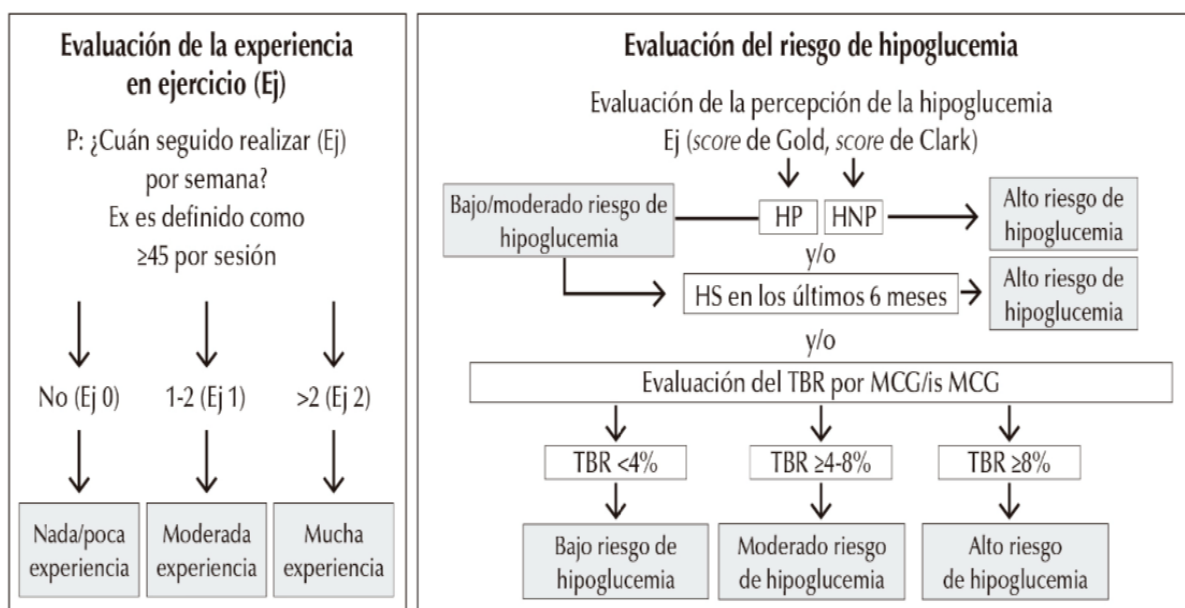
2.27 Prevención de la hipoglucemia posterior al ejercicio aeróbico y anaeróbico

Las hipoglicemias en general son debido en gran parte a la mayor sensibilidad a la insulina que aparece tras el ejercicio, que puede durar muchas horas (hasta más de 24h), sobre todo, después de un ejercicio intenso o prolongado. La tendencia a la hipoglucemia podemos verla inmediatamente tras el ejercicio o de manera tardía, según el tipo de ejercicio, duración y, además, es diferente en cada persona. En el ejercicio anaeróbico la tendencia a la hipoglucemia puede tardar en expresarse más tiempo.

¿Como prevenirlo?

- Intentar comer más después de la actividad.
- Tomar una mezcla de hidratos de carbono ricos en fibra, con grasa y proteínas después del ejercicio puede ayudar a mantener estable la glucosa, esto suele ser mejor que tomar hidratos de carbono exclusivamente. Hay que experimentar con diferentes alimentos y diferentes cantidades.
- Reducir el bolo de insulina posterior a la actividad. A veces se precisa reducir el bolo hasta un 50 % o más para evitar hipoglucemia después del ejercicio. Otras veces es suficiente con una disminución del 20 %.
- Reducir la insulina basal. La reducción de la insulina basal (la tasa basal de la bomba insulina retardada en MDI) después del ejercicio puede ayudar a evitar la hipoglucemia tardía. La cantidad por reducir es individual y puede variar entre el 20 y el 50 %. Aprender cuánto bajar y durante cuánto tiempo.
- Si realizan el mismo ejercicio todos los días no es necesario cambios de basal, pues la basal ya estará ajustada para ese tipo de ejercicio.³⁷

Figura 6. Manejo de la glucemia durante el ejercicio utilizado sistema de monitoreo continuo de glucosa y sistema flash en diabetes mellitus tipo 1



Adaptada de Moser et al¹¹.

HP: hipoglucemia percibida; HNP: hipoglucemia no percibida; HS: hipoglucemia severa; TBR: tiempo bajo rango <70mg/dl; MCG: monitoreo continuo de glucosa.

Fuente: imagen obtenida de la referencia ³⁸.

2.28 Prevención de la hiperglucemia posterior al ejercicio aeróbico y anaeróbico

La principal causa de la hiperglucemia es la realización de ejercicio aeróbico intenso o anaeróbico (competiciones, esprintar). Es debido a que el organismo libera hormonas como la adrenalina que sacan glucosa de los depósitos (hígado) a la sangre. Otra causa de hiperglucemia durante el ejercicio es comer demasiado, o muy próximo a la realización de ejercicio, ponerse poca insulina, sobre tratar las hipoglucemias o hacer una actividad con la que no se esté familiarizado.

El individuo tiene que aprender a realizar cambios en la ingesta o en la insulina antes de este tipo de ejercicio intentar comer menos HC o cambiar el tipo de HC.

Consejos que pueden ayudar a evitar la hiperglucemia relacionada con el ejercicio, se pueden usar los siguientes:

- Bolos correctores con insulina

- Puede ser peligroso poner dosis muy agresivas para corregir la hiperglucemia antes durante el ejercicio ya que a la actividad de la insulina se añade la acción el ejercicio. Corregir solo por encima de 180 mg/dl y solo el 25 % del bolo habitual si se está realizando un ejercicio intenso.
- Estar bien hidratado, ya cuando se está deshidratado, en general, la glucosa se eleva. Beber lo suficiente antes y después del ejercicio para reemplazar las pérdidas por el sudor.³⁷

2.29 Cómo alimentarse para evitar las hipoglucemias e hiperglucemias

Durante las actividades las células son capaces de captar cierta cantidad de glucosa de la sangre sin ayuda de la insulina, pero es necesario saber que este efecto se mantiene una vez finalizado el ejercicio entre 24-36 horas. Si se toma en cuenta que al terminar la actividad las reservas de glucosa en forma de glucógeno muscular y hepático están disminuidas, las comidas siguientes requieren una especial atención, ya que los hidratos de carbono que se ingieren pasan a la sangre, aumentando la glicemia de manera puntual, pero esta glicemia no se mantendrá elevada mucho tiempo, pues gran parte de esta viaja al hígado y los músculos para ser almacenada de nuevo en forma de glucógeno y reponer las reservas del hígado que fueron previamente consumidas, lo que incrementa en gran medida el riesgo de hipoglicemias en las horas posteriores al ejercicio.

En el caso de ingerir una cantidad excesiva de hidratos de carbono podría generar una hiperglicemia o, por el contrario, una cantidad mínima podría suponer una hipoglicemia y no poder llevar a cabo las actividades deportivas en el momento.

Al igual que ocurre con el ejercicio, debemos conocer los distintos tipos de hidratos de carbono. De forma habitual se usarán alimentos con un índice glucémico moderado o bajo, lo que se traduce como un incremento lento de la glicemia, aunque el uso de alimentos con índice glucémico alto (incremento rápido de la glicemia) puede servirnos en situaciones como: antes de una competición o entrenamiento si la glicemia es inferior a 100-130 mg/dl, durante el ejercicio para aportar glucosa con rapidez a la sangre y los músculos o después del ejercicio si los valores se sitúan por debajo de los 100 mg/dl evitando hipoglicemias en los minutos siguientes a la actividad.²⁷

A la hora de elegir un alimento, es importante tener muy claro la velocidad con la que incrementa la glicemia y la cantidad de hidratos de carbono que contiene. Antes del ejercicio se recomiendan hidratos de carbono con un índice glicémico moderado-bajo; durante el ejercicio, moderado-alto y después del ejercicio, moderado-alto en caso de una glicemia normal y moderado-bajo si la glucemia fuese elevada. Para ello, una de las medidas a seguir, será el incremento del consumo de hidratos de carbono, es decir, una dosis extra de hidratos tras el ejercicio cuando la glicemia sea inferior a 100-130 mg/dl, además de aumentar la cantidad de hidratos de carbono en la comida posterior al ejercicio. Cuando este sea de larga duración, añadir un suplemento de unos 5-15 g de HC antes de dormir, evitando así la aparición de hipoglicemias nocturnas.²⁷

En general, no puede predecirse con exactitud qué sucederá con cada paciente, por ello es fundamental mantener un equilibrio entre las mediciones de la glicemia, la insulina y la alimentación. Aquellos niños que realizan actividades diarias para la salud y cumplen con las recomendaciones de actividad física, no deberían ingerir colaciones extras a los de un plan alimentario saludable. Es más probable que se necesiten snacks por la actividad física no programada, salvo que el ejercicio sea mayor a 60 min de AF moderada a vigorosa.

No existen pautas específicas sobre la ingesta de carbohidratos en cantidad y momento del día para prevenir la hipoglicemia tardía. El tipo de carbohidrato a indicar dependerá de la duración, tipo e intensidad del ejercicio, aunque se deben evitar los snacks con exceso de hidratos de carbono de alto índice glucémico, grasas saturadas y trans.³⁸

Tabla 6. Tabla de hidratos de carbono a ingerir en función de la glucemia previa a la práctica de deporte

Glucemia previa	Estrategia en niños y adolescentes	Estrategia en adultos
<90 mg/dl.	Suplemento de unos 10-20 g de hidratos de carbono y esperar hasta que la glucemia supere los 90 mg/dl. + Suplemento de unos 10-20 g de hidratos de carbono si se van a realizar ejercicios de tipo aeróbico o mixto.	Suplemento de unos 20-30 g de hidratos de carbono y esperar hasta que la glucemia supere los 90 mg/dl. + Suplemento de unos 20-30 g de hidratos de carbono si se van a realizar ejercicios de tipo aeróbico o mixto.
90-150 mg/dl.	Suplemento de hidrato de carbono (según la intensidad) si se van a realizar ejercicios de tipo aeróbicos o mixtos.	Suplemento de hidrato de carbono (según la intensidad) si se van a realizar ejercicios de tipo aeróbicos o mixtos.
151-250 mg/dl.	Empezar el ejercicio y retrasar la toma de hidratos de carbono hasta que la glucemia sea inferior a 150 mg/dl.	Empezar el ejercicio y retrasar la toma de hidratos de carbono hasta que la glucemia sea inferior a 150 mg/dl.
>250 mg/dl.	Valorar los cuerpos cetónicos si la hiperglucemia es mantenida y no tiene explicación. Si es superior a 0.6mmol/l, retrasar el ejercicio y corregir la cetosis.	Valorar los cuerpos cetónicos. Si es superior a 0.6mmol/l, retrasar el ejercicio y corregir la cetosis. Se puede realizar ejercicio aeróbico de moderada o baja intensidad, evitando ejercicios de muy alta intensidad (hiperglucemiantes) hasta que la glucemia sea inferior a 250 mg/dl.
>350 mg/dl.		valorar los cuerpos cetónicos. Si es superior a 0.6mmol/l, retrasar el ejercicio y corregir la cetosis. Si es negativo o hay trazas, considerar una corrección conservadora de la hiperglucemia, con un 50% de la dosis de corrección habitual. También se puede realizar ejercicio aeróbico de moderada o baja intensidad, evitando ejercicios de muy alta intensidad (hiperglucemiantes)
	Para ejercicios de tipo aeróbico o mixto, considerar seguir aportando hidratos de carbono a medida que aumenta el tiempo de actividad.	

Fuente: tabla obtenida de la referencia ²⁷.

Tabla 7. Hidratos de carbono a ingerir en función de la intensidad del ejercicio realizado

	INTENSIDAD BAJA	INTENSIDAD MEDIA	INTENSIDAD ALTA
Por cada hora de ejercicio.	10-20 g ó 0,2-0,3 g HC por kg de peso.	30 g ó 0,4 g HC por kg de peso.	50 g ó 0,7 g HC por kg de peso.

Fuente: tabla obtenida de la referencia ²⁷.

En la siguiente tabla se proporcionan las recomendaciones generales basadas en la evidencia científica con respecto a la actividad física y el ejercicio en personas con diabetes. Estas han de ser adaptadas a las características individuales y al estado de salud.

Tabla 8. Ejercicio físico en la diabetes

	Aeróbico	Fuerza	Flexibilidad y equilibrio
Tipo de ejercicio	Actividades en las que se pongan en marcha grandes grupos musculares (caminar, correr, nadar, bicicleta). Pueden ser realizadas de manera continua o a intervalos.	Ejercicios contra resistencias que pueden ser realizados en máquinas de musculación, pesos libres, bandas elásticas y/o peso corporal.	Flexibilidad: estiramientos de grandes grupos musculares, yoga, pilates, taichí. Equilibrio (> 65 años): caminar con apoyos talón-punta, posturas con apoyo monopodal, desplazamientos multidireccionales.
Intensidad	Moderada a vigorosa (4-8 en una escala subjetiva del 1 al 10).	De moderada (p. ej., 15 repeticiones, pudiéndose realizar no más de 15 repeticiones más) A vigorosa (p. ej. 6-8 repeticiones, pudiéndose realizar no más de 6-8 repeticiones más).	Flexibilidad: estirar hasta el punto de tirantez o el punto de ligera incomodidad. Equilibrio: ligera a moderada.
Duración	Intensidad moderada: 150 min/ semana o más. Deberán hacerse en intervalos de al menos 10 minutos con un objetivo de al menos 30 minutos diarios. Intensidad vigorosa: 75 min/semana serían suficientes para una persona físicamente activa (capaz de correr a 9,7 km/h durante al menos 25 min).	Al menos 8-10 ejercicios de 1 a 3 series.	Flexibilidad: aguantar el estiramiento dinámico o estático durante 2-4 repeticiones; 10-30 segundos de cada ejercicio. Equilibrio: cualquiera.
Frecuencia	3-7 días a la semana (sin pasar 2 días consecutivos sin realizar actividad).	2-3 días a la semana en días no consecutivos.	2-3 días a la semana.
Progresión	Aumentar intensidad, frecuencia y/o duración hasta alcanzar la recomendación de 150 min/sem a una intensidad moderada. Se debe poner un mayor énfasis en el ejercicio aeróbico de intensidad vigorosa, si no está contraindicado.	Al principio, la intensidad debe ser moderada; se realizan 10-15 repeticiones por serie y se incrementa la carga a medida que baja el número de repeticiones (8-10). La subida de la carga puede ir seguida de un aumento del número de series y finalmente se podría aumentar la frecuencia	Incrementar la duración y/o la frecuencia a lo largo del tiempo.

Fuente: tabla obtenida de la referencia²⁷.

2.30 Ajustes de la dosis de insulina pre y posejercicio

Tabla 9. Modificación de bolos de insulina pre y posejercicio

	Bolo comida previa Ejercicio 30 minutos	Bolo comida previa Ejercicio 60 minutos	Bolo de la comida posterior
Aeróbicos: continuos de moderada a alta intensidad	Reducción del bolo 25-50%	Reducción del bolo 50-75%	Reducir hasta un 50%
Fuerza: levantamiento de pesas	No necesita habitualmente hacer reducción	Reducción del bolo 25-75%	No necesita reducción del bolo
Ejercicios intensos de corta duración (anaeróbicos): levantamiento de potencia, velocistas	No necesita reducción ya que el ejercicio dura poco minutos	No necesita reducción ya que el ejercicio dura poco minutos	Puede necesitar una pequeña corrección apenas termina el ejercicio si hay hiperglucemia (50% del bolo)
Mixtos: aeróbicos y anaeróbicos	Reducción del bolo alrededor de un 25%	Reducción del bolo alrededor de un 50%	Reducir hasta un 50%

Fuente: tabla obtenida de la referencia ³⁸.

2.31 Factores de riesgo y contraindicaciones de la actividad física

Tabla 10. Factores de riesgo y contraindicaciones del ejercicio

Factores de riesgo	Descripción	Medidas preventivas
Hipoglucemia	Bajo nivel de glucosa en sangre (≤ 70 mg/dl ≤ 3.9 mmol/l) durante el ejercicio. Síntomas: temblor, confusión y en casos graves pérdida de conciencia.	<ul style="list-style-type: none"> • Durante y después del ejercicio. • Ajustar las dosis de insulina y carbohidratos Ingesta en consecuencia. • Consuma carbohidratos de acción rápida si es necesario durante el ejercicio. • Evite el ejercicio dentro de las 24 horas posteriores a un episodio hipoglucémico grave.

Hipoglicemia postprandial	Hacer ejercicio después de una comida puede llevar a una caída significativa en los niveles de sensibilidad a la insulina y a la absorción de glucosa por los músculos durante el ejercicio.	<ul style="list-style-type: none"> · Controlar los niveles de glucosa en sangre antes y los niveles de glucosa en sangre · Ajuste las dosis de insulina y los carbohidratos por músculos durante la ingesta. · Considere el tiempo del ejercicio para evitar los períodos máximos de actividad de la insulina.
Hipoglicemia nocturna	El ejercicio de intensidad moderada puede aumentar el riesgo de hipoglicemia nocturna debido a la sensibilidad prolongada a la insulina y a la absorción de glucosa.	<ul style="list-style-type: none"> · Controlar los niveles de glucosa antes de acostarse a dormir · Reducir las dosis insulina basal nocturna · Consumir bocadillos de bajo índice glucémico antes de acostarse.
Hiperglicemia durante el ejercicio	El ejercicio puede causar un aumento inicial en los niveles de glucosa en sangre debido a la liberación de hormonas del estrés (adrenalina, cortisol), que estimulan la producción de glucosa en el hígado.	<ul style="list-style-type: none"> · Controlar los niveles de glucosa en sangre antes, durante y después del ejercicio. · Ajustar la dosis de insulina y la ingesta de carbohidratos. · Evite el ejercicio de alta intensidad si los niveles

		de glucosa en sangre ya están elevados y hay cetonas presentes.
Altos niveles de cetonas	Cetona alta Niveles elevados de cetona en sangre 21,5 niveles mmol/L) indican niveles inadecuados de insulina, que conducen a la descomposición de las grasas para la energía y la producción de cetonas, pueden causar cetoacidosis diabética (DKA).	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobar los niveles de cetonas antes de hacer ejercicio cuando la glucosa en sangre es alta • Administrar la insulina y consumir carbohidratos si los niveles de cetonas son elevados • Evitar el ejercicio si los niveles de cetonas son significativamente altos (≥ 3.0 mmol/L).
Bajos densidad mineral ósea	Hueso Mayor riesgo de reducción de la densidad mineral ósea (DMO), lo que lleva a un mayor riesgo de osteoporosis y fracturas.	<ul style="list-style-type: none"> • Participar en ejercicios regulares de soporte de peso y resistencia para fortalecer los huesos. • Monitorear la densidad ósea periódicamente. • Asegurar la ingesta adecuada de calcio y vitamina D.

Fuente: elaboración propia con base en la referencia ²⁹.

2.32 Afectación psicológica en los adolescentes que padecen diabetes tipo 1

A nivel psicológico, la diabetes condiciona un estado predisponen para la aparición de trastornos emocionales, más allá de los propios de la pubertad. El hecho de que la diabetes sea para toda la vida y condiciona que los jóvenes se sientan diferentes. Además, el cuidado continuo que implica tener diabetes puede generar frustraciones en el estado de ánimo. En muchas ocasiones esta dinámica puede degenerar en un estado de agotamiento de la diabetes,

con el consecuente riesgo descompensación por abandono del tratamiento. Se ha visto que uno de cada siete adolescentes con diabetes cumple criterios de depresión mayor y de más de la mitad muestran algún momento de este periodo síntomas depresivos, la mayoría de estos síntomas se presentan en mayor frecuencia femeninos.

Dentro de los trastornos psiquiátricos llama a la atención el aumento del riesgo de trastornos de conducta alimentaria, que es conocido con el término de diabulimia, este es un problema se puede presentar tanto en personas con diabetes tipo 1 que son obesas o con un índice de masa corporal normal.¹⁰

La probabilidad de que una persona con diabetes presente algún rasgo de trastorno de conducta alimentaria a lo largo de su vida es de hasta un 60-80 %, siendo esta probabilidad significativamente mayor en el sexo femenino. El rasgo más frecuente de diabulimia es el de la manipulación de la dosis de insulina con el objeto de no ganar, o incluso perder peso. Un estudio en población americana constató que, durante la adolescencia, hasta un 32 % de mujeres con diabetes tipo 1 cumplían criterios de trastorno de conducta alimentaria.¹⁰

En la siguiente tabla se contextualizan las estrategias del abordaje del control glucémico en la adolescencia, ya que en general la pubertad hay un aumento de la resistencia a la insulina que acontece tanto en personas que tienen diabetes como en personas que no la tiene.

Figura 7. Estrategias de abordaje del control glucémico en la adolescencia

<i>Comunicación y empatía</i>	No juzgar, utilizar un lenguaje adecuado, no amenazar, proporcionar un ambiente de intimidad.
<i>Negociación</i>	Establecer objetivos cortoplacistas. Fijar pactos en relación a bolos omitidos, administración de bolos extra en snacks y merienda, número de escaneos, utilización del sensor y mejoría esperada de la hemoglobina glicada o el tiempo en rango.
<i>Explorar oportunidades</i>	Utilización de tecnología (monitorización continua de glucosa) Empleo de juegos (serious games) Uso de redes sociales Visitas telemáticas o telemonitorización
<i>Detección e intervención precoz de problemas</i>	Uso de escalas específicas de valoración de experiencia y despistaje de trastornos psicológicos (depresión, ansiedad, trastornos de consulta alimentaria) ya que el diagnóstico precoz mejora significativamente el pronóstico en estos casos

Fuente: tabla obtenida de la referencia ¹⁰.

2.33 Manejo de la diabetes en relación con los hábitos de vida

Hábito tabáquico: La diabetes comporta un riesgo aumentado de enfermedad isquémica (infarto de miocardio o accidente cerebrovascular). Estudios en adultos han mostrado que la mortalidad en una persona con diabetes que fuma es el doble que el de una persona con diabetes que no fuma. Por todo ello, es importante prevenir que el adolescente con diabetes comience a fumar, y si llegara a hacerlo, facilitarle todas las opciones para que pueda abandonar dicho hábito lo antes posible.¹⁰

Consumo de alcohol: En general el riesgo de descompensación cetónica y de hipoglucemias graves en la adolescencia es significativamente mayor en aquellos jóvenes que beben ocasional o frecuentemente, frente a aquellos que no lo hacen. ¹⁰

Relaciones sexuales: Es importante en este caso usar anticonceptivos para evitar un embarazo no deseado y, además, preservativos para evitar las enfermedades de transmisión sexual. Además, recomienda que los anticonceptivos hormonales reversibles de larga duración, como los implantes o los dispositivos intrauterinos hormonales, sean el método de elección para adolescentes con diabetes que desean anticoncepción hormonal. Los

anticonceptivos hormonales pueden ser utilizados en adolescentes con diabetes sin complicaciones microvasculares y siempre y cuando hayan transcurrido menos de 20 años de duración del inicio de la diabetes.¹⁰

Menstruaciones: Muchas mujeres jóvenes con diabetes notan que sus necesidades de insulina varían con relación a la menstruación. Así, suele ser frecuente que los días previos a la menstruación el nivel de glucosa tienda a aumentar (necesidades de insulina más altas) y una vez se produzca la misma, el nivel de glucosa (y las necesidades de insulina) tiendan a disminuir bruscamente. Además, debe tenerse presente, que cuando la diabetes esté fuera de control, es posible que se produzcan irregularidades menstruales.¹⁰

Figura 8. Recomendaciones para un consumo seguro de bebidas alcohólicas en jóvenes con diabetes

- En relación al riesgo de hipoglucemia es aconsejable disminuir la insulina que te administras antes de ir a dormir, así como la de antes del desayuno del día siguiente.
- La ingesta de alcohol debería limitarse como máximo a una bebida en el caso de las mujeres o dos bebidas en el caso de hombres.
- Es importante que la gente con la que estés bebiendo sepa que tienes diabetes ya que si tienes una hipoglucemia grave sus síntomas se pueden confundir fácilmente con los de una borrachera y pasar desapercibida.
- Antes de ir a dormir es imprescindible comer algún hidrato de carbono adicional para evitar la hipoglucemia nocturna. Este hecho tiene aún más importancia si durante la noche has estado bailando o has caminado.
- Es peligroso quedarse durmiendo hasta tarde la mañana siguiente después de haber estado bebiendo. Es importante que le digas a tus padres o a tus compañeros de cuarto que te despierten relativamente pronto, controles tu nivel de azúcar y desayunes.
- Las bebidas alcohólicas azucaradas (licores, ron, ginebra,...) tienden a subir el azúcar transitoriamente de forma inicial pero luego pueden producir hipoglucemia tardía igualmente.
- El glucagón es poco efectivo para corregir una hipoglucemia grave motivada por el alcohol ya que el alcohol contrarresta el efecto del glucagón a nivel del hígado.

Fuente: imagen obtenida de la referencia¹⁰.

CAPÍTULO III- MARCO METODOLÓGICO

3 Marco metodológico

A continuación, en el siguiente capítulo, se presenta el marco metodológico de la investigación. Se va a describir la metodología la cual es la que se va a implementar en el estudio, esta es la parte del escrito donde se argumentan los métodos, procedimientos, limitaciones para la recopilación de datos en relación con un tema o problema en específico, por lo tanto, el marco metodológico aborda desde epistemología, el objeto de estudio.

3.1 Enfoque metodológico

Esta investigación se considera que tiene un enfoque de revisión de literatura, ya que usa la recolección y análisis de los datos para afinar preguntas de investigación o revelar nuevas interrogantes y bibliográfica. Se describe este tipo de metodología como el estudio de artículos que recupera la bibliografía publicada recientemente sobre un tema como forma de sintetizar y actualizar el estado del arte.⁴³

3.2 Tipo de investigación

Se realiza una investigación observacional analítica retrospectiva con enfoque cualitativo. Es observacional, ya que el investigador observa y recoge datos sin intervenir en los sujetos de estudio. Además, es analítica porque se analizan y relacionan los datos obtenidos para buscar patrones, asociaciones o correlaciones entre las variables.⁴⁴

También es retrospectiva al utilizar información general previamente recolectada para el análisis, como registros médicos o bases de datos existentes para extraer datos relevantes para la investigación. Tiene un enfoque cualitativo, debido a que usa la recolección y análisis de los datos para afinar preguntas de investigación o revelar nuevas interrogantes.⁴⁴

Parreño en su libro sobre la metodología de investigación refiere lo siguiente sobre la investigación observacional:

La investigación analítica indaga sobre causas relacionadas con determinados hechos o fenómenos o el riesgo ante un fenómeno. Tiene características como:

- Es un estudio de observación.
- Es un nivel más avanzado de investigación.
- Se plantean hipótesis explicativas o causales.
- Se trabaja con grupo de estudio y grupo control.⁴⁴

Los resultados de este tipo de investigación validan o rechazan hipótesis explicativas, y da base para otros estudios analíticos o experimentales.⁴⁴

3.3. Fuentes de información

Las fuentes primarias es la que contienen información original, es decir, es de primera mano, son el resultado de ideas, conceptos, teorías y resultados de investigaciones. Contienen información directa antes de ser interpretada, o evaluado por otra persona. Las principales fuentes de información primaria son los libros, monografías, publicaciones periódicas, documentos oficiales o informe técnicos de instituciones públicas o privadas, tesis, trabajos presentados en conferencias o seminarios, testimonios de expertos, artículos periodísticos, videos documentales, foros.⁴⁵

Se toman en cuenta fuentes de información primaria, estudios y artículos desarrollados que estén vinculados con el tema objeto de estudio y objetivos, que se encuentran en bases de datos como *PubMed*, *Elsevier*, *Scopus*, *Scielo* y *Google Académico* usando palabras claves como “diabetes tipo 1”; “actividad física y diabetes tipo 1”; “Ejercicio y diabetes tipo 1”.

3.3 Criterios de búsqueda

Tabla 11. Criterios de búsqueda

Objetivo	Descriptor	Motores de búsqueda	Periodo de estudio	Idioma
Describir los efectos del ejercicio físico sobre variables cardiovascular, físicas y psicológicas en	Efectos del ejercicio físico en diabetes mellitus tipo 1. Variables	<i>Google Académico</i> , <i>PubMed</i> , <i>Elsevier</i> , y <i>Scielo</i>	2011-2024	Español/Inglés/Portugués

Objetivo	Descriptores	Motores de búsqueda	Periodo de estudio	Idioma
los pacientes adolescentes con diagnóstico de diabetes mellitus 1.	cardiovasculares, físicas y psicológicas en diabetes mellitus tipo 1.			
Explicar según la nueva evidencia científica las estrategias de prescripción de ejercicio en paciente con diabetes tipo 1 en la adolescencia sin llegar a hipoglucemias.	Prescripción de ejercicio sin llegar a hipoglucemias en diabetes mellitus tipo 1.	<i>Google Académico PubMed, Elsevier y Scielo</i>	2011-2024	Español /Inglés/Portugués
Contrastar información	Diabetes mellitus en	<i>Google Académico</i>	2011-2024	Español/Inglés/Portugués

Objetivo	Descriptor	Motores de búsqueda	Periodo de estudio	Idioma
<p>encontrada con las estrategias actuales utilizadas dentro del sistema de salud costarricense para la prescripción de ejercicio en paciente adolescentes con diagnóstico de DMT1, para la identificación de las mejoras prácticas.</p>	<p>Costa Rica.</p>	<p><i>Pubmed,</i> <i>Elseviery</i> <i>Scielo</i></p>		

Fuente: Elaboración propia, 2024.

3.4 Criterios de inclusión y exclusión

Tabla 12. Criterios de inclusión y exclusión

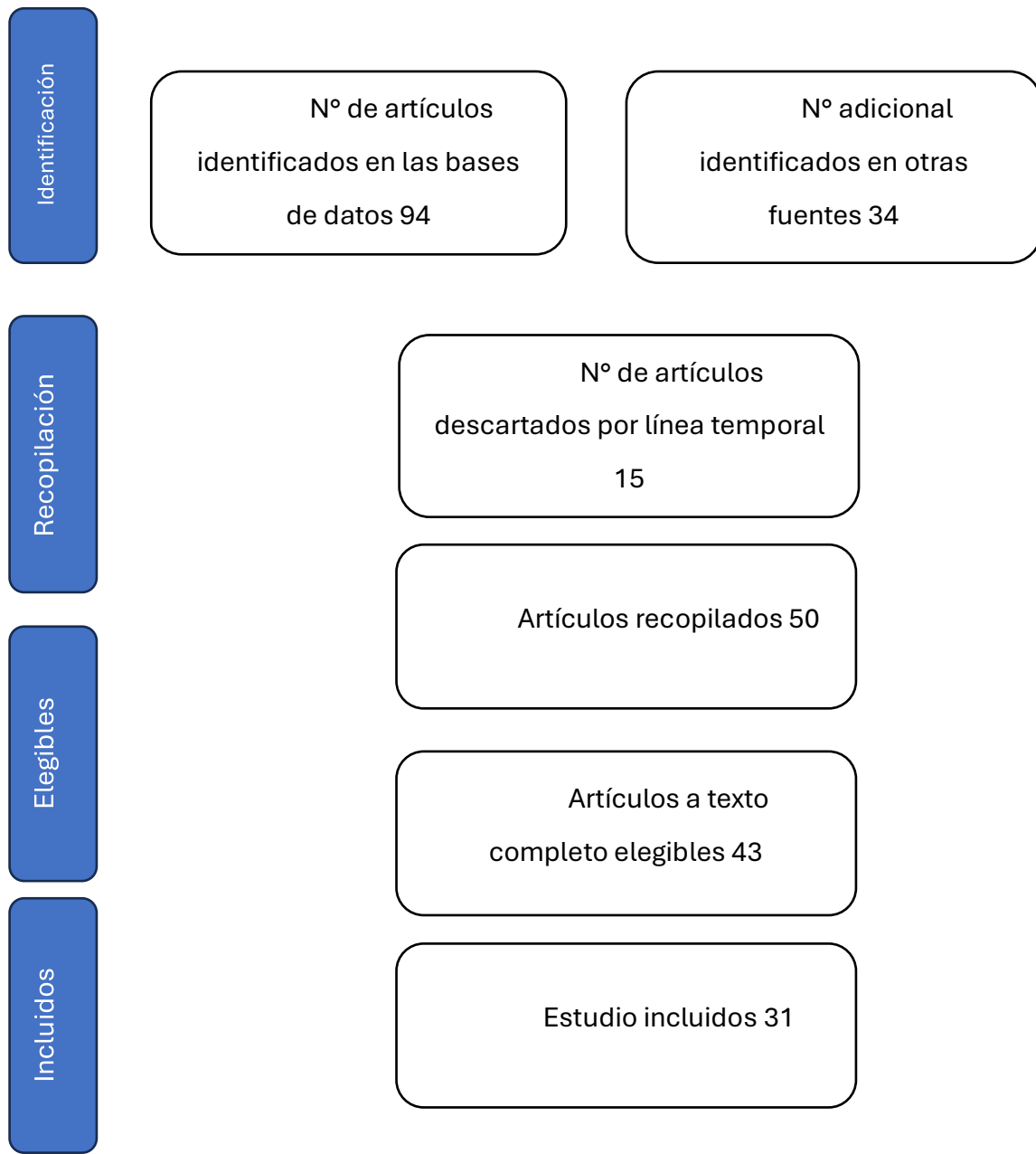
Criterios de Inclusión	Criterios de exclusión
Investigación desarrollada en Chile, España, Estado Unidos y Costa Rica.	Investigación desarrollada en países no relacionados con el objeto de estudio.
Investigaciones relacionadas con diabetes mellitus tipo 1.	Investigaciones relacionadas con Diabetes mellitus tipo 2.
Artículos en idioma inglés, español y portugués	Investigaciones que no se desarrollen en español, inglés y portugués.
Investigaciones desarrolladas 2010-2025	Investigaciones inferiores del 2010
Investigación relacionada con el tema objeto de estudio.	Investigaciones que no se relacionen con diabetes mellitus 1 y ejercicio.
Aquellos artículos cuya población sea comprendida en adolescentes.	Estudios que no aborden el ejercicio físico como intervención.
Tipos de estudios basados en revisiones de artículos, ensayos clínicos, revistas médicas, estudios longitudinales.	Población fuera del rango de edad.
Artículos con el manejo de la diabetes mellitus tipo 1.	Estudios de caso o revisión narrativa sin metodología clara.
Variables en el impacto en salud	

cardiovascular y psicológica.	
-------------------------------	--

Fuente: Elaboración propia, 2024.

3.5 Análisis de la información

Figura 9. Diagrama de flujo o algoritmo de búsqueda



Nivel de evidencia	Tipo de estudio	Cantidad según tipo de estudio	Cantidad según nivel de evidencia	%
Ia	Revisión sistemática	8	8	25.81%
	Metaanálisis	1	1	3.23%
IIb	Ensayo clínico aleatorizado	5	5	16.13%
III	Estudio trasversal	3	3	9.68%
	Estudio experimental	1	1	3.23%
	Estudio observacional	2	2	6.45%
IV	Reporte de caso	2	2	6.45%
V	Opinión de expertos	9	9	29.03%
Total		31		100%

CAPÍTULO IV- ANÁLISIS DE RESULTADOS

4. Análisis de resultados

En este capítulo se presentará el análisis de resultados obtenidos de la investigación, analizando cómo la prescripción de ejercicio afecta a los adolescentes en los países en objeto estudio. A través de la comparación de los hallazgos y su relación con la literatura científica, se busca comprender el verdadero alcance del ejercicio en esta población y los beneficios sobre las variables cardiovasculares, físicas y psicológicas.

4.1 Efectos del ejercicio físico sobre las variables cardiovasculares, físicas y psicológicas en pacientes adolescentes con diabetes mellitus tipo 1

Efectos cardiovasculares

Las personas con diabetes mellitus tipo 1, por las limitaciones en la precarga ventricular volumen sistólico y gasto cardiaco justo con las periféricas, causadas por la enfermedad, tiene un menor VO_2 máx que personas de la misma edad, antropométrica y nivel de actividad. El ejercicio físico, especialmente el aeróbico, ha demostrado mejorar significativamente la función cardiovascular en adolescentes con diabetes tipo 1, reflejando un aumento del volumen máximo de oxígeno y una mejoría en la capacidad cardiorrespiratoria.¹⁶

Tabla 13. Datos recolectados de los efectos cardiovasculares según el tipo de ejercicio.

Tipo de ejercicio	Edad de los sujetos	Intervención	Efecto cardiovascular
Aeróbico	16 niños y adolescentes (edad de 10-18 años)	70 minutos/2 veces emana/ 20 semanas	Aumento de la frecuencia cardíaca y mejora la VO_2 máx.
Aeróbico y de fuerza (combinado)	16 adolescentes (edad de 8 a 15 años)	20-60 minutos/ 3-6 días por semana/ 8 semanas	Incremento de la capacidad cardiorrespiratoria.

Anaeróbico	196 adolescentes (edad de 14 a 15 años)	40 minutos/ 3 veces semana/ 6 meses	Mejora el perfil lípido y la funcionalidad vascular general.
HIIT	26, 23, 20 años	3 sesiones /semana total de 8 semanas	Mejora la salud cardiorrespiratoria (aumenta el VO2 máx) y cardiometabólica, aumentó la función endotelial.

Fuente: elaboración propia con base en las referencias ²⁰⁻²³⁻²⁵⁻¹⁶.

El análisis de los resultados de la tabla 11, evidencia que la realización de ejercicios tiene beneficios cardiovasculares importantes, aunque se vio que en relación con el ejercicio tipo HIIT y anaeróbico tiene efectos que beneficiaron la función endotelial y vascular de forma general, donde no se pudo evidenciar en ejercicio de tipo aeróbico y aeróbico combinado, en esto solo se evidencia una mejora en la capacidad cardiorrespiratoria.

Tabla 14. Datos de los efectos cardiovasculares según cada país

País	Intervención	Efectos cardiovasculares
España	Ejercicio de resistencia cardiorrespiratoria en 13 pacientes.	La mejoría que la actividad física ocasiona sobre los conocidos factores de riesgo de arteriosclerosis es posiblemente un factor clave para la reducción del riesgo cardiovascular.
Chile	Entrenamiento de 60 sesiones de Taekwondo en 5 pacientes de 13 y 14 años.	El entrenamiento de predominio anaeróbico genera una disminución la HbA1c, por lo que se demostró que esto es un factor protector en el buen control metabólico e incremento de la capacidad cardiorrespiratoria.

Estados Unidos	Un día de actividad física moderada a vigorosa en 4.751 jóvenes entre jóvenes sanos y con DM-1	Los adolescentes con diabetes tipo 1 son menos activos, más sedentarios y tienen niveles más bajos de aptitud cardiorrespiratoria que sus compañeros sanos.
Costa Rica	Sin investigaciones.	No tiene artículos, ni estudios recientes que enfatizen el tema de diabetes mellitus tipo 1 y el efecto de la actividad y ejercicios físicos.

Fuente: elaboración propia con base a las referencias ^{12, 20, 25-62}.

Se analizó que en los diferentes países en estudio tienen diferente programa de ejercicios que, aunque varían en intensidad y tipo mostraron beneficios cardiovasculares en los países a estudios, en Estados Unidos se hizo una comparación de un día con pacientes sanos y jóvenes se evidenció que el basal de los pacientes diabéticos tipo 1 es el sedentarismo, por lo que mantienen niveles más bajos de aptitud respiratoria y cardiaca. En la búsqueda rigurosa de un plan de ejercicios con beneficios en circulación Microvascular o cardiovascular en Costa Rica, no se encontraron publicaciones históricamente ni actuales, la falta de programas estandarizados puede influir en la ausencia de mejorar significativas.

Efectos físicos

La actividad física regular beneficia significativamente la salud física, mental y social, Los adultos activos con DT1 a menudo logran mejores niveles de HbA1c y presión arterial, mantener un IMC más saludable y experimentar necesidades diarias de insulina reducidas, junto con menores riesgos de enfermedad arterial coronaria, isquemia miocárdica y evento cerebrovascular. Si se realiza esta actividad regularmente reduce significativamente el riesgo de enfermedades cardiovasculares y los niveles de HbA1c en aproximadamente un 0,3 % en pacientes pediátricos con DT1.²⁹

Tabla 15. Cambios en la HbA1c según la evidencia del país y el tipo de ejercicio

País	Pacientes	Tipo de ejercicios	Cambios en la HbA1c
España	240 pacientes con diabetes mellitus tipo 1, de al menos dos años de estar diagnosticados.	Aeróbicos	Reducción significativa de los niveles de HbA1c, glucosa, albúmina glicosilada y la sensibilidad a la insulina.
Chile	5 pacientes con diabetes tipo 1 de 13 y 14 años.	Anaeróbico	Baja variabilidad glucémica, no generan hiperglucemias y hay un buen control de HbA1c.
Estados Unidos	10 pacientes con diabetes tipo 1 (4 hombres y 6 mujeres).	Aeróbico	Mejora del control glucémico, incluso cuando se ajusta a cambios en ingesta y dosis de insulina.
Costa Rica	Sin estudios	Sin estudios	Sin evidencia.

Fuente elaboración propia con base a las referencias ¹⁶⁻²⁰⁻⁴⁹.

El ejercicio aeróbico supervisado mostró resultados en la reducción de HbA1c, aunque tipos de ejercicios ofrecieron otros beneficios sobre el control de la glicemia, en Chile el tipo de ejercicio anaeróbico mostró que hay menos variabilidad glicemia, por lo que es un buen deporte para iniciar la actividad física, aunque se muestra mayores beneficios en los ejercicios de tipo aeróbicos. Se deja en evidencia en esta tabla, que en Costa Rica carece de controles de protocolos de ejercicios para poder tener resultados sobre variables.

Tabla 16. Efectos de la actividad física en el control glicémico

País	Intervención	Frecuencia	Duración	Resultados sobre el control glicémico
Estados Unidos	Ejerció vigoroso (30min)	3 veces/semana	12 semanas	Mejoras en los niveles de HbA1c entre 0,2-11% en los grupos de intervención.
España	Programa de ejercicio físico aeróbico.	3-5 días/semana	3 meses	Los niveles de HbA1c no se modificaron.
Estados Unidos	Entrenamiento con pesas de alta intensidad	3 días/semana	10 semanas	Los niveles de HbA1c mejoraron preintervención y postintervención: 6,9+-1,4 vs5,8+-0,9%)
Estados Unidos	Sesiones presenciales orientadas al cambio de conductas seguidas de llamadas telefónicas	No se especifica	1 año	Los niveles de HbA1c postintervención no mejoraron significativamente.

Fuente elaboración propia con base en la referencia ¹².

Los estudios muestran variabilidad en los resultados dependiendo del tipo de intervención, frecuencia y duración. Aunque algunos programas no evidencian cambios significativos en HbA1c, otros sí logran reducciones modestas que pueden ser clínicamente relevante y beneficiosas para los pacientes con diabetes mellitus tipo 1.

Efectos funcionales

Tabla 17. Recolección de datos de los cambios funcionales del ejercicio y VO2máx.

País	VO2máx	Cambios funcionales
España	Aumentó significativo	Mejora en pruebas de esfuerzo e incremento de la fuerza muscular.
Chile	Aumento significativo	Mejora en pruebas de esfuerzo e incremento moderado de la fuerza muscular.
Estados Unidos	Aumento moderado	Resultados variables de resistencia aeróbica e incremento parcial de la fuerza muscular.
Costa Rica	Datos insuficientes	Sin evidencia clara

Fuente elaboración propia con base en las referencias ^{55-27-16.12}.

Efectos psicológicos

Se ha visto que uno de cada siete adolescentes con diabetes cumple criterios de depresión mayor y de más de la mitad muestran algún momento de este periodo síntomas depresivos, la mayoría de estos síntomas se presentan en mayor frecuencia femeninos.¹⁰

Para muchas familias el debut o diagnóstico de DMT1 genera un gran impacto, provocando incluso a un trauma significativo. Esto resulta en un estado de *shock* con sentimientos de dolor, ira y aislamiento debido a la naturaleza compleja, implacable e invasiva de la enfermedad y el enfrentamiento a una reconstrucción de una nueva vida normal. Los adolescentes con enfermedades crónicas tienen conductas de mayor riesgo, evidenciándose más en las niñas por el menor nivel de actividad física y sumándose los cambios hormonales, por lo que se ha visto que son en ellas donde hay un peor manejo de la

diabetes y un incremento de complicaciones, por lo que podría deberse a que las adolescentes tienen más preocupaciones psicosociales y emocionales.⁵³

Además, el ejercicio también reduce el estrés y la depresión al tiempo que mejora la sensación general de bienestar y calidad de vida.

4.2 Nuevas evidencias científicas las estrategias de prescripción de ejercicio sin llegar a hipoglucemias en diabetes mellitus tipo

Para prevenir las hipoglucemias durante el ejercicio, se recomienda ajustar las dosis de insulina basal y consumir carbohidratos de bajo índice glucémico antes del ejercicio

Tabla 18. Evidencia de la prescripción de ejercicios hipoglucemiantes.

Tipo de ejercicio	Efectos glucémicos
Anaeróbicos o de fuerza	Hiperglucemiantes
Aeróbicos	Hipoglucemiantes
HIIT	Sin efectos significativos en la glucemia
Mixtos	Sin efectos significativos en la glucemia

Fuente elaboración propia con base a las referencias ⁵⁴⁻⁵⁶⁻⁶³.

Tabla 19. Detección de los efectos de la hipoglucemia

Cómo reducir de los efectos de la hipoglucemia en el ejercicio	
País	Estrategias
España	Medición frecuente de glucemia
Chile	Medición esporádica de la glucemia

Estados Unidos	Uso de sensores continuos de glucosa
Costa Rica	Sin protocolos

Fuente elaboración propia con base a las referencias⁵⁴⁻⁵⁶⁻⁶³.

Tabla 20. Estrategias de ejercicios, monitorización de glucosa y ajuste de insulina según estudio del país

País	Tipo de Ejercicio Recomendado	Monitorización de Glucosa	Ajuste de Insulina
Estados Unidos	Aeróbico y de resistencia combinados	Uso de sensores continuos	Ajustes pre y post ejercicio
España	Aeróbico y de resistencia combinados	Medición frecuente	Ajustes personalizados
Chile	Aeróbico moderado	Medición esporádica	Ajustes generales
Costa Rica	Aeróbico ocasional	Poca monitorización	Sin protocolos claros

Fuente elaboración propia con base a las referencias⁵⁴⁻⁵⁶⁻⁶³.

Las estrategias varían, pero todas enfatizan la importancia del monitoreo glicémico y los ajustes en la insulino terapia para evitar hipoglicemias.

Los países con estrategias avanzadas incluyeron tecnología de monitorización continua y ajustes específicos de insulina, reduciendo el riesgo de hipoglucemias. En Costa Rica, la falta de regulación en la prescripción de ejercicio limita la aplicación de estas estrategias.

4.3 Información de las estrategias utilizadas dentro del sistema de salud costarricense para la prescripción de ejercicios en pacientes con diagnósticos de diabetes mellitus tipo 1

Tabla 21. Estrategias de tratamiento en el sistema de salud de Costa Rica

Sistema de salud de Costa Rica y estrategias de tratamiento con pacientes con DM-1	
Elementos usados	Plan
Protocolos de ejercicios	No hay estandarizados
Monitorización de glucosa	No se implementa
Ajustes de insulina	No hay individualización
Supervisión médica	Limitada
Cambios en las variables	No registradas

Fuente elaboración propia con base en el análisis de los datos recolectados.

Tabla 22. Estrategias de los países internacionales

País	Estrategias actuales	Mejoras recomendadas
Costa Rica	No estandarizadas	Control de los pacientes, mayor acceso a tecnología de monitoreo y programas de ejercicio supervisado.
España	Usos de monitores de glucosa son los más utilizados, protocolos de	Consideran la importancia de subrayar los hallazgos del impacto de la PA en el

	ejercicios e investigaciones constantes en la búsqueda de mejoras al tratamiento individual	monitoreo de la glucosa y el potencial de los métodos de ML para mejorar el manejo de la diabetes.
Chile	Protocolos de ejercicios e investigaciones constantes en la búsqueda de mejoras al tratamiento individual	Buscar la importancia de mejorar el control de la DMT1, una de estas podría ser incluir a profesionales en salud mental y conductual para niños y adolescentes dentro del equipo interdisciplinario, tales como psicólogos, trabajadores sociales y psiquiatras, generando intervenciones y programas con abordaje psicosocial en el país.
Estados Unidos	Usos de monitores de glucosa, protocolos de ejercicios e investigaciones constantes en la búsqueda de mejoras al tratamiento individual.	Recomiendan que participar en la AP regular y limitar el comportamiento sedentario es importante para mejorar la salud cardiometabólica en estos pacientes.

Fuente: elaboración propia con base a las referencias ¹⁶⁻²⁰⁻⁴⁹.

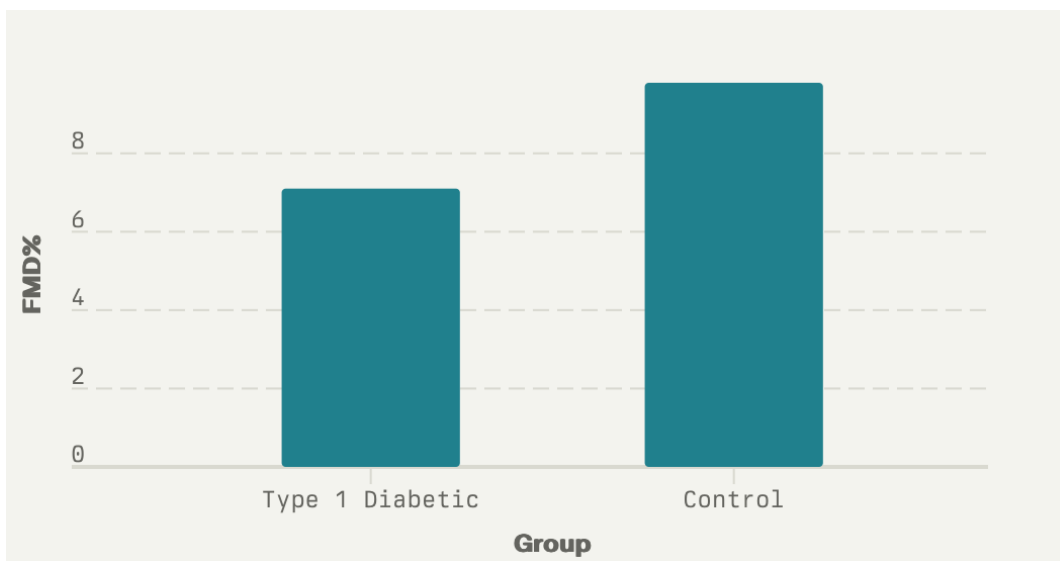
La comparación de estrategias evidenció que en Costa Rica la prescripción de ejercicio carece de protocolos definidos, lo que podría limitar sus beneficios en adolescentes con diabetes tipo 1. La implementación de estrategias utilizadas en Estados Unidos y España

podría mejorar el impacto positivo del ejercicio en esta población, en los países en estudios hay recomendaciones de mejora que se pueden implementar en el sistema de salud de Costa Rica.

4.4 Medición de la función endotelial en los pacientes con diabetes mellitus tipo 1.

Estudiaron a 21 niños diabéticos 1 (de $8,3 \pm 0,3$ años con duración de la diabetes de $4,3 \pm 0,4$ años) y 15 hermanos sanos del grupo (de $7,6 \pm 0,3$ años). La glucosa plasmática en ayunas (FPG), el perfil lipídico, la HbA1c, la proteína C reactiva de alta sensibilidad (hs-CRP), el fibrinógeno, la homocisteína y el folato de eritrocito (glóbulo rojo [RBC]) se evaluaron en todos los sujetos. Cada sujeto se sometió a mediciones de c-IMT y del porcentaje de FMD de la arteria braquial (FMD%) utilizando ultrasonido vascular de alta resolución.⁶⁴

Figura 9. Medición de la función endotelial (FMD%) en diabetes tipo 1 vs sujetos control sanos



Fuente: de referencia ⁶⁴.

La figura proporcionada muestra los resultados de la medición de la función endotelial (FMD%) en niños preadolescentes con diabetes mellitus tipo 1 en comparación con un grupo control saludable. Los datos indican lo siguiente:

Grupo con diabetes tipo 1: La función endotelial medida por dilatación mediada por flujo (FMD%) fue significativamente menor, con un promedio de $7.1 \pm 0.8 \%$.

Grupo control saludable: La FMD% fue mayor, con un promedio de $9.8 \pm 1.1 \%$.

Estos resultados reflejan una disfunción endotelial en los niños con diabetes tipo 1, lo que sugiere un riesgo cardiovascular temprano incluso en etapas prepuberales.

4.5 Manejo integral a través del ejercicio físico personalizado y la educación utilizando un sistema mHealth por monitoreo en la aplicación Diactive 1

El uso de nuevas tecnologías presenta una oportunidad para promover la actividad física, especialmente entre los jóvenes con diabetes tipo 1 (T1DM), que tienden a ser menos activos en comparación con sus contrapartes saludables.

Un mínimo de 52 niños y adolescentes de 8 a 18 años, que fueron diagnosticados con T1DM hace al menos 6 meses, serán asignados aleatoriamente a un grupo que participe en un programa individualizado de ejercicios de resistencia al menos 3 veces por semana durante un período de 24 semanas o a un grupo de control de lista de espera. El resultado principal será el requisito de dosis diaria de insulina. Los resultados secundarios incluirán control glucémico, perfil cardiometabólico, composición corporal, función vascular, aptitud física, comportamientos de movimiento de 24 horas, dieta y parámetros psicológicos. También se evaluará la usabilidad de la aplicación.⁶⁰

Tabla 23. Variables examinadas en el estudio de la aplicación Diactive-1

Variable	Impacto esperado con Diactive-1
Requisitos de dosis diarias de insulina	Reducción significativa en la dosis diaria de insulina por kilogramos de peso corporal.
Control glucémico	Mejora en los niveles de HbA1c y estabilización de la glucosa en sangre.

Perfil cardiometabólico	Mejora en los niveles de lípidos (colesterol y triglicéridos) y reducción del riesgo cardiovascular.
Composición corporal	Incremento en la masa muscular y reducción del porcentaje de grasa corporal.
Función vascular	Mejora la función endotelial, medida por dilatación medicada por flujo.
Aptitud física	Incremento en la fuerza muscular (evaluada por fuerza de agarre) y capacidad aeróbica.
Movimiento en 24 horas	Aumento en los niveles de actividad, con mayor adherencia a recomendaciones nutricionales saludables.
Dieta	Mejora en los hábitos alimenticios, con Mataró adherencia a recomendaciones nutricionales saludables.
Parámetros psicológicos	Reducción del estrés, mejora en la calidad de vida y mayor motivación para el autocuidado.

Fuente: elaboración propia con base en la referencia ⁶⁰.

Estos resultados reflejan el potencial del uso de la tecnología y apps móvil personalizadas para control de diferentes variables mejorando múltiples aspectos relacionados con la salud filia, metabólica y psicológica en pacientes jóvenes con DM1.

Tabla 24. Influencia del ejercicio físico sobre los sujetos sedentarios con diabetes mellitus tipo 1.

Variable estudiada	Intervención	Resultados observación
Glicemia	Ejercicio aeróbico moderado y de resistencia adaptado a las características del sujeto	Mejora en el control glicémico y reducción de episodios de hiperglucemia.
Insulina	Ajuste en la dosis de insulina según la intensidad y duración del ejercicio físico.	Reducción de la cantidad de insulina necesaria para mantener niveles normales de glucosa en sangre.
Hemoglobina glicosilada	Programa de actividad física regular durante 3 meses.	Disminución progresiva de los niveles de HbA1c, indicando mejor control glicémico a largo plazo.
Índice de masa corporal	Ejercicio aeróbico y fuerza adaptado al estado inicial del sujeto.	Reducción del IMC debido a la mejora en la composición corporal.
Presión arterial	Actividad física moderada y regular durante 3 meses.	Descenso significativo en los valores de presión arterial sistólica y diastólica.
Consumo máximo de oxígeno	Ejercicio aeróbico progresivo con medición mensual.	Incremento en el VO ₂ máx reflejando una mejora en la capacidad cardiorrespiratoria del sujeto.

Frecuencia cardiaca en reposo	Entrenamiento adaptado con seguimiento mensual.	Reducción progresiva de la frecuencia cardiaca en reposo indicando mejor condición cardiovascular.
-------------------------------	---	--

Fuente elaboración propia con base en la referencia ⁵⁴.

Benéficos observados

- Control glucémico: La actividad física favorece una mejor captación de glucosa por los músculos esqueléticos, reduciendo la necesidad de insulina exógena.
- Prevención de complicaciones: Mejora la sensibilidad a la insulina, disminuye el riesgo cardiovascular y optimiza el metabolismo.
- Condición física: Incremento sostenido del VO₂máx y reducción del IMC, lo que contribuye a una mejor calidad de vida.
- Estabilidad metabólica: Los efectos agudos del ejercicio físico incluyen mayor densidad capilar y expresión de canales GLUT-4, lo que mejora la homeostasis glucémica.

Por lo que se evidencia que un programa regular y adaptado de actividades físicas es una herramienta eficaz para mejorar múltiples factores relacionados con la diabetes tipo 1 en personas sedentarias.

Tabla 25. Intervenciones no farmacológicas en diabetes mellitus tipo 1

Intervención	Efecto principal
Ejercicios multicomponente (aeróbico+ fuerza)	Mayor reducción de HbA1c, de hasta 0,87 %.

Suplementos nutricionales (Probióticos, canela, antioxidantes y miel)	Reducción notable de HbA1c.
Ejercicios multicomponente (anaeróbico + fuerza)	Mayor reducción en las necesidades de insulina diaria.
Suplementos nutricionales (probióticos)	Reducción significativa en las necesidades de insulina diaria.

Fuente elaboración propia con base en la referencia ⁵⁵.

El estudio subraya que las intervenciones no farmacológicas, como el ejercicio multicomponente y los suplementos nutricionales, tienen el potencial de mejorar significativamente el control glicémico en jóvenes con diabetes tipo 1.

**CAPÍTULO V- CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES**

5.1 Conclusiones

Este estudio permitió analizar la prescripción de ejercicio en adolescentes con diabetes mellitus tipo 1 (DM1) y su impacto en variables cardiovasculares, funcionales y psicológicas en Estados Unidos, España, Chile y Costa Rica. A partir de los hallazgos, se identificaron diferencias significativas en la forma en que cada sistema de salud aborda la actividad física en esta población, con implicaciones directas en la efectividad de los programas de ejercicio y la calidad de vida de los pacientes.

En países con sistemas de salud más desarrollados, como Estados Unidos y España, se han implementado planes individualizados de prescripción de ejercicio, lo que ha generado beneficios claros en las variables funcionales, cardiovasculares y psicológicas. En Chile, aunque se han promovido ejercicios aeróbicos moderados, la monitorización de la glucosa y los ajustes de insulina no han sido tan individualizados. En contraste, en Costa Rica, la falta de regulación en la prescripción de ejercicio ha impedido hacer comparaciones directas con los países en estudio, limitando la aplicación de estrategias efectivas.

Respecto al primer objetivo del estudio, que buscó describir los efectos del ejercicio en las variables cardiovasculares, funcionales y psicológicas de los adolescentes con DM1, se observó que en Estados Unidos y España los programas estructurados generaron mejoras significativas en la frecuencia cardíaca en reposo, la variabilidad cardíaca y la presión arterial. Además, los estudios indicaron un aumento considerable en el consumo de oxígeno máximo (VO_2 máx), la resistencia aeróbica y la fuerza muscular. A nivel psicológico, estos programas contribuyeron a reducir los niveles de ansiedad y depresión, mejorando la autoestima y la calidad de vida. En Costa Rica, la ausencia de programas estructurados dificultó la evaluación de estos beneficios.

En relación con el segundo objetivo, que analizó las estrategias de prescripción de ejercicio para evitar hipoglucemias en adolescentes con DM1, se encontró que en Estados Unidos y España se implementaron programas que combinaban entrenamiento aeróbico y de resistencia, junto con el uso de sensores de monitoreo continuo de glucosa y ajustes personalizados en la administración de insulina. En Chile, aunque se promovieron ejercicios

aeróbicos moderados, la monitorización de la glucosa fue menos frecuente y los ajustes de insulina no fueron tan individualizados. En Costa Rica, la falta de regulaciones claras y de acceso generalizado a tecnología de monitoreo limitó la aplicación de estas estrategias, aumentando el riesgo de hipoglucemias.

En cuanto al tercer objetivo, que buscó contrastar las estrategias internacionales con las del sistema de salud costarricense, se evidenció que Costa Rica carece de protocolos estandarizados en la prescripción de ejercicio para adolescentes con DM1. Mientras que en otros países se aplican directrices basadas en las recomendaciones de la Asociación Americana de Diabetes (ADA) y otras sociedades médicas, en Costa Rica los profesionales de la salud no cuentan con guías específicas y la supervisión médica de estos programas es limitada. Además, la tecnología de monitoreo de glucosa no está ampliamente implementada, lo que impide realizar ajustes precisos en el tratamiento y en la prescripción de ejercicio físico.

Los hallazgos del estudio confirmaron en parte la hipótesis general, ya que en los países con estrategias definidas (Estados Unidos, España y Chile), el ejercicio tuvo un impacto positivo en las variables estudiadas. En Costa Rica, la ausencia de estrategias estandarizadas limitó estos beneficios, lo que reafirma la necesidad de desarrollar e implementar protocolos claros y efectivos.

La revisión de la literatura evidenció que la prescripción de ejercicio en adolescentes con DM1 puede generar mejoras significativas en la salud cardiovascular, funcional y psicológica, siempre que se implementen estrategias adecuadas de monitorización y ajuste de insulina. Los países con regulaciones bien establecidas lograron optimizar estos beneficios, mientras que Costa Rica presenta un rezago en la aplicación de estas prácticas.

Estos hallazgos subrayan la importancia de desarrollar e implementar estrategias de ejercicio físico en adolescentes con DM1 en Costa Rica, tomando como referencia los modelos efectivos observados en otros países. La inclusión de protocolos estructurados y el acceso a tecnología de monitoreo podrían mejorar la calidad de vida de esta población y optimizar su manejo metabólico.

7.1 Recomendaciones

A partir de los hallazgos, se identificaron diferencias significativas en la forma en que cada sistema de salud aborda la actividad física en esta población, con implicaciones directas en la efectividad de los programas de ejercicio y la calidad de vida de los pacientes.

Se recomienda que el sistema de salud costarricense adopte guías basadas en la evidencia para la prescripción de ejercicio en esta población, promoviendo el uso de tecnología de monitoreo continuo, la personalización de ajustes de insulina y la capacitación de los profesionales de la salud en este ámbito, para también tener un buen control de la glicemia sin que corran el riesgo de hacer picos hipoglucémicos o hiperglucémicos.

En países con sistemas de salud más desarrollados, como Estados Unidos y España, se han implementado planes individualizados de prescripción de ejercicio, lo que ha generado beneficios claros en las variables funcionales, cardiovasculares y psicológicas. En contraste, en Costa Rica, la falta de regulación en la prescripción de ejercicio ha impedido hacer comparaciones directas con los países en estudio, limitando la aplicación de estrategias efectivas, por lo cual es recomendable implementar el uso de controles y monitorización constante de estos pacientes e individualizarlos para la prescripción más precisa de ejercicios en cada paciente, además implementando el conocimiento de los médicos de primer nivel de salud de los efectos glicémicos de la DM-1.

En Costa Rica, la ausencia de estrategias estandarizadas limitó los beneficios, lo que reafirma la necesidad de desarrollar e implementar protocolos claros y efectivos.

Estos hallazgos subrayan la importancia de desarrollar e implementar estrategias de ejercicio físico en adolescentes con DM1 en Costa Rica, tomando como referencia los modelos efectivos observados en otros países. La inclusión de protocolos estructurados y el acceso a tecnología de monitoreo podrían mejorar la calidad de vida de esta población y optimizar su manejo metabólico en adolescentes con diabetes mellitus tipo 1 (DM1), Costa Rica debe implementar estrategias basadas en los modelos exitosos de Estados Unidos, España y Chile. Entre las mejoras que podría implementar el sistema de salud de Costa Rica, se encuentran:

- Elaboración de protocolos estandarizados: Se recomienda que la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS) desarrolle guías nacionales para la prescripción de ejercicio en adolescentes con DM1, alineadas con las directrices de la Asociación Americana de Diabetes (ADA) y otras sociedades científicas.
- Capacitación del personal de salud: Es esencial que médicos generales reciban formación continua sobre la importancia del ejercicio en pacientes con DM1 y cómo individualizar su prescripción y no solo dejarles el cargo a especialistas en endocrinología.
- Acceso a monitoreo continuo de glucosa: La incorporación de sensores de glucosa en el sistema público permitiría un mejor control glucémico durante la actividad física, reduciendo el riesgo de hipoglucemias, añadiendo que esta sería una de las mejores formas de mantener un control más fidedigno de los niveles de glucosa, que, al estar al alcance en el primer nivel de salud, más personas con diabetes mellitus tipo 1 y con bajo estatus socioeconómico estarían en regulación constante.
- Creación de programas interdisciplinarios: Se deben desarrollar equipos multidisciplinarios que incluyan de primera mano médicos generales, endocrinólogos, fisioterapeutas, entrenadores especializados y psicólogos para brindar un enfoque integral en la prescripción de ejercicio.
- Implementación de centros especializados: en este punto se recomienda establecer clínicas de atención integral para adolescentes con DM1, donde se incluyan programas de educación en actividad física, ejercicios y control de los efectos adversos de tales y con un manejo de la enfermedad.

Entre las estrategias de otros países que podrían ser aplicables al nivel de las instituciones de salud de Costa Rica serían:

- Prescripción personalizada de ejercicio: En Estados Unidos, los planes de ejercicio se adaptan a las características individuales del paciente, considerando su nivel de actividad previa, control glucémico y objetivos terapéuticos. Este enfoque podría aplicarse en Costa Rica para evitar complicaciones y maximizar beneficios.
- Monitoreo continuo de glucosa antes, durante y después del ejercicio: España ha implementado con éxito el uso de sensores de monitoreo continuo para prevenir

hipoglucemias, lo cual podría aplicarse en Costa Rica con la aprobación de monitores de la glucemia en el primer nivel de salud y en la CCSS.

- Uso de programas estructurados de ejercicio supervisado: En Chile, se han desarrollado programas específicos de entrenamiento aeróbico y de resistencia para pacientes con DM1, con seguimiento médico. Este modelo podría adoptarse en clínicas y hospitales o como antes dicho un centro especializado para el control continuo.
- Educación en autocontrol: En España y Estados Unidos, se han implementado talleres educativos dirigidos a pacientes y sus familias sobre la relación entre ejercicio, insulina y alimentación en Costa Rica podrían replicar estos programas que podrían ser brindados por médicos generales o bien desde el primer de salud en la caja costarricense del seguro social.

Dado que los médicos generales son el primer contacto para muchos pacientes con DM1, es fundamental que reciban orientación clara sobre cómo aconsejar a los adolescentes en cuanto a la actividad física. Algunas recomendaciones incluyen:

- Proponer la actividad física como parte esencial del tratamiento: Explicar que el ejercicio ayuda a controlar los niveles de glucosa, mejora la salud cardiovascular y reduce complicaciones a largo plazo.
- Recomendar ejercicios seguros: Sugerir actividades como caminar, nadar o practicar deportes bajo supervisión.
- Promover la actividad física regular: Informar a los adolescentes con DM1 que el ejercicio es seguro y beneficioso si se realiza con las precauciones adecuadas y el buen control de las insulinas y perfil glucémico.
- Evaluar el estado de salud previo al ejercicio: Antes de recomendar actividad física, el médico debe considerar el control general del adolescente con exámenes de sangre de rutina, registro glucémico del paciente y la presencia de complicaciones micro o macrovasculares.
- Aconsejar la monitorización de la glucosa: Se debe instruir a los pacientes sobre la necesidad de medir su glucosa antes, durante y después del ejercicio, y sobre cómo

ajustar la ingesta de carbohidratos o la insulina dependiendo de la actividad física que realice, individualizar cada paciente con su deporte a realizar.

- Recomendar ejercicios adecuados: El ejercicio aeróbico (caminar, nadar, montar bicicleta) y de resistencia pueden ser beneficiosos, existe una gran variedad que se puede ajustar a cada paciente según sus gustos, intensidad que requiera o quisiera y recodar modificar según la condición del paciente.
- Promoción del entrenamiento HIIT (entrenamiento interválico de alta intensidad): Este tipo de ejercicio ha mostrado ser más efectivo que el aeróbico continuo en mejorar parámetros metabólicos y cardiovasculares en pacientes con DT1. Su implementación podría ser promovida por los EBAIS.
- Prevenir hipoglucemias: Explicar a los pacientes y sus familias que deben llevar consigo carbohidratos de absorción rápida y conocer los signos de hipoglucemia, esto será útil para reconocer a tiempo y evitar riesgo en la salud.

Para optimizar los beneficios sobre las variables funcionales, cardiovasculares y psicológicas que aporta el realizar ejercicio en adolescentes con DM1, se recomienda lo siguiente:

- Variables cardiovasculares: Implementar ejercicios aeróbicos moderados (caminar, correr, nadar) al menos 150 minutos por semana, siguiendo las recomendaciones de la ADA, para mejorar la variabilidad cardíaca, la presión arterial y la frecuencia cardíaca en reposo. Realizar evaluaciones periódicas del perfil lipídico (colesterol y triglicéridos) para ajustar el plan terapéutico.
- Variables funcionales: Incluir ejercicios de resistencia progresiva al menos dos o tres veces por semana para mejorar la fuerza muscular, huesos, como ejercicios con pesas ligeras o bandas elásticas, y la capacidad aeróbica, siguiendo protocolos como los ya estructurados y utilizados en Estados Unidos.
Incorporar rutinas que mejoren la coordinación y equilibrio para prevenir caídas.
- Variables psicológicas: Fomentar la actividad física en grupo para mejorar la motivación, reducir la ansiedad y aumentar la autoestima, el tener una actividad física constate y que sea del gusto del paciente será útil para prevenir los problemas

alimenticios, añadiendo un buen sostén de redes de apoyo de familia o amigos. También se recomienda involucrar a psicólogos en la educación sobre el impacto del ejercicio en la salud mental.

Implementar estrategias claras y basadas en la evidencia científica permitirá mejorar la prescripción de ejercicio en adolescentes con DM1 en Costa Rica. Al adoptar enfoques exitosos de otros países y capacitar a los profesionales de salud en prescripción de ejercicio seguro, se podría optimizar la calidad de vida de estos pacientes y prevenir complicaciones a largo plazo. La regulación de protocolos y el acceso a tecnologías como el monitoreo continuo de glucosa son elementos clave para alcanzar estos objetivos.

CAPÍTULO VI- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Referencias bibliográficas

1. Martínez Cuenca, M. El efecto del IFN α en la autofagia de las células α y β pancreáticas en la diabetes tipo 1. Umh.es. [citado el 4 de octubre de 2024]. Disponible en: <https://dspace.umh.es/handle/11000/33330>
2. Investigación RS. Guía para el paciente diabético [Internet]. ▷ RSI - Revista Sanitaria de Investigación. 2024 [citado el 4 de octubre de 2024]. Disponible en: <https://revistasanitariadeinvestigacion.com/guia-para-el-paciente-diabetico/>
3. Org.ar. [citado el 4 de octubre de 2024]. Disponible en: <https://www.scielo.org.ar/pdf/rsad/v56s1/2346-9420-rsad-56-s1-29.pdf>
4. Fisiologiadelejercicio.com. [citado el 4 de octubre de 2024]. Disponible en: <https://www.fisiologiadelejercicio.com/manejo-del-ejercicio-en-diabetes-tipo-1/>
5. Hasbum-Fernández B. Epidemiología de la diabetes en Costa Rica. Av Diabetol [Internet]. 2010 [citado el 5 de octubre de 2024];26(2):91–4. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-avances-diabetologia-326-articulo-epidemiologia-diabetes-costa-rica-S1134323010620042>
6. Diabetes [Internet]. Paho.org. [citado el 5 de octubre de 2024]. Disponible en: <https://www.paho.org/es/temas/diabetes>
7. Costa Rica [Internet]. Type 1 Diabetes Index. 2022 [citado el 5 de octubre de 2024]. Disponible en: <https://www.t1dindex.org/es/countries/costa-rica/>
8. Diabetes tipo 1: ¿Qué es? [Internet]. Kidshealth.org. [citado el 5 de octubre de 2024]. Disponible en: <https://kidshealth.org/es/teens/type1.html>
9. Diabetes Tipo-1: De lo básico a lo práctico - Google Play [Internet]. Google.com. [citado el 5 de octubre de 2024]. Disponible en: <https://play.google.com/books/reader?id=DV3aEAAAQBAJ&pg=GBS.PA1&hl=es>
10. De transición LA es UE. Retos que plantea la diabetes Tipo 1 en la adolescencia [Internet]. Revistadiabetes.org. [citado el 5 de octubre de 2024]. Disponible en: <https://www.revistadiabetes.org/wp-content/uploads/10-Debes-saber-Retos-de-la-DM1-en-la-adolescencia.pdf>

11. Calabria A. Diabetes en niños y adolescentes [Internet]. Manual MSD versión para profesionales. [citado el 5 de octubre de 2024]. Disponible en: <https://www.msdmanuals.com/es/professional/pediatría/trastornos-endocrinos-pediátricos/diabetes-en-niños-y-adolescentes>
12. Carral. F Impacto de la actividad física sobre el control metabólico y el desarrollo de complicaciones crónicas en pacientes con diabetes mellitus tipo 1. Elsevier [citado el 5 de octubre de 2024]. Disponible en: <https://www.elsevier.es/index.php?p=revista&pRevista=pdf-simple&pii=S1575092210000525&r=12>
13. Lopes Souto D, de Miranda MP. Physical exercises on glycemic control in type 1 diabetes mellitus. *Nutr Hosp* [Internet]. 2011;26(3):425–9. Available from: https://scielo.isciii.es/pdf/nh/v26n3/01_revision_01.pdf
14. Colberg SR, Sigal RJ, Yardley JE, Riddell MC, Dunstan DW, Dempsey PC, et al. Physical activity/exercise and diabetes: A position statement of the American diabetes association. *Diabetes Care* [Internet]. 2016;39(11):2065–79. Available from: <http://dx.doi.org/10.2337/dc16-1728>
15. Hernández Elizondo J. Recomendaciones en la prescripción del entrenamiento con pesas (contra resistencia) para diabéticos e hipertensos. *Rev Educ* [Internet]. 2011 [cited 2024 Oct 6];28(2):269. Available from: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/educacion/article/view/2264>
16. Calvo-Muñoz I, Gómez-Conesa A. Efecto del ejercicio físico sobre el control metabólico y la función cardiorrespiratoria en niños y adolescentes con diabetes mellitus tipo I. Revisión sistemática. *Av Diabetol* [Internet]. 2012;28(1):10–8. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1134323012000385>
17. Martín-Payo R, Fernández-Alvarez M del M, García-García R, Pérez-Varela Á, Surendran S, Riaño-Galán I. Efectividad de un sistema híbrido de circuito cerrado en pacientes con diabetes tipo 1 durante el ejercicio físico: un estudio descriptivo en la vida real. *An Pediatr (Barc)* [Internet]. 2024;101(3):183–9. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1695403324001619>
18. Jaramillo P, Gómez AM, Muñoz OM, Robledo S. Diabetes tipo 1 y ejercicio: desde el manejo nutricional hasta el impacto de la tecnología. *RevACE* [Internet]. 2022;9(1).

- Available from:
<https://revistaendocrino.org/index.php/rcedm/article/download/729/974/4162>
19. Universidadeuropea.com. [cited 2024 Oct 9]. Available from:
<https://titula.universidadeuropea.com/bitstream/handle/20.500.12880/1381/AmeliaJaraArauz.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
 20. Carrillo JP, Palma PIC, Duarte E, Azocar MAB, Martínez-Salazar C, Carrasco-Alarcón V, et al. Efecto del entrenamiento de Taekwondo sobre el control glucémico en personas con Diabetes Mellitus tipo 1 de 13 y 14 años: Un Estudio Piloto Effect of Taekwondo training on glycemic control in 13 and 14-year-old people with type 1 Diabetes Mellitus from a Taekwondo school in Concepción: A Pilot Study [Internet]. Fecyt.es. [cited 2024 Oct 9]. Available from:
<https://recyt.fecyt.es/index.php/retos/article/download/102330/77830/415430>
 21. Corvos-Hidalgo C, Melendez-Gallardo J, Pintos-Toledo E, Silveira A, Souza-Marabotto F. Ejercicio físico y diabetes mellitus tipo 1: Una revisión narrativa (Physical exercise and type 1 diabetes mellitus: An narrative review). Retos Digit [Internet]. 2023 [cited 2024 Oct 9];51:159–66. Available from:
<https://recyt.fecyt.es/index.php/retos/article/view/99366>
 22. Navarrete Cabrera J, Carvajal Martínez F, Carvajal Aballe M, Ramos Robledo A, Rodríguez Carvajal A. del INTEC RA. Vista de Importancia del ejercicio físico en las personas con diabetes mellitus [Internet]. Edu.do. [cited 2024 Oct 9]. Available from:
<https://revistas.intec.edu.do/index.php/cisa/article/view/2503/2909>
 23. La Diabetes FP. Diabetes tipo 1 y deporte. Para niños, adolescentes y adultos jóvenes [Internet]. Fundacionparalasalud.org. [cited 2024 Oct 9]. Available from:
<https://www.fundacionparalasalud.org/general/material/10/diabetes-tipo-1-y-deporte-para-ninos-adolescentes-y-adultos-jovenes>
 24. Endocrinologiapediatrica.org. [cited 2024 Oct 9]. Disponible en:
<https://www.endocrinologiapediatrica.org/modules.php?name=articulos&idarticulo=601&idlangart=EN>
 25. Doctoral T. “EFECTOS DEL ENTRENAMIENTO INTERVÁLICO DE ALTA INTENSIDAD SOBRE VARIABLES CARDIOVASCULARES, FUNCIONALES Y PSICOLÓGICAS EN PERSONAS CON DIABETES TIPO 1” [Internet].

- Core.ac.uk. [cited 2024 Oct 9]. Available from: <https://core.ac.uk/download/459219232.pdf>
26. Morla, (SODEP). PROTOCOLO CLÍNICO DE DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO DE LA DIABETES MELLITUS TIPO 1 EN NIÑOS, NIÑAS Y ADOLESCENTES [Internet]. Fecyt.es. [cited 2024 Oct 9]. Available from: ISBN: 978-9945-621-49-5
27. De Enfermería AJ del PCTNMDGG. Diabetes Mellitus tipo I en deportistas de alto rendimiento [Internet]. Ull.es. [cited 2024 Oct 9]. Available from: <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/28900/Diabetes%20Mellitus%20tipo%20I%20en%20deportistas%20de%20alto%20rendimiento.pdf?sequence=1>
28. Helleputte S, Stautemas J, De Craemer M, Bogaert L, De Backer T, Calders P, et al. Physical activity and sedentary behaviour in relation to body composition, estimated insulin sensitivity and arterial stiffness in adults with type 1 diabetes. *Diabetes Res Clin Pract* [Internet]. 2024;111860. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.diabres.2024.111860>
29. Researchgate.net. [cited 2024 Oct 9]. Available from: https://www.researchgate.net/publication/383619401_Optimizing_Physical_Activity_for_Glycemic_Control_in_Type_1_Diabetes_Strategies_and_Risks
30. Diabetes mellitus type 1. Update. Diabetes mellitus tipo 1. Actualización [Internet]. Medigraphic.com. [cited 2024 Oct 9]. Available from: <https://www.medigraphic.com/pdfs/bolclinhosinfson/bis-2023/bis231d.pdf>
31. Cartín-Quintana N, Delgado-Villalobos S, Irías-Vargas JD, Ramírez-Flórez J. Diabetes Mellitus: pathogenesis, clinical presentation, diagnosis and treatment [Internet]. Poder-judicial.go.cr. [cited 2024 Oct 12]. Available from: <https://pjenlinea3.poder-judicial.go.cr/biblioteca/uploads/Archivos/Articulo/DIABETES%20MELLITUS%20CARTIN.pdf>
32. 01-01-. revista medica sinergia. [cited 2024 Oct 12]; Available from: <https://revistamedicasinergia.com/index.php/rms/article/view/452/967>
33. View of Diabetes Mellitus tipo 1 - uma revisão abrangente sobre a etiologia, epidemiologia, fisiopatologia, diagnóstico e tratamento [Internet]. Com.br. [cited

- 2024 Oct 12]. Available from: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/view/63739/45831>
34. Complicaciones [Internet]. Guía Diabetes tipo 1. [cited 2024 Oct 12]. Available from: <https://diabetes.sjdhospitalbarcelona.org/es/diabetes-tipo-1/debut/complicaciones>
35. Secretaría. Aplicación de la tecnología en diabetes tipo 1 en la edad pediátrica. Avances, limitaciones y futuro [Internet]. Revista Diabetes. 2022 [cited 2024 Oct 18]. Available from: <https://www.revistadiabetes.org/tecnologia/aplicacion-de-la-tecnologia-en-diabetes-tipo-1-en-la-edad-pediatrica-avances-limitaciones-y-futuro/>
36. Secretaría. Bombas parche: presente y futuro [Internet]. Revista Diabetes. 2024 [cited 2024 Oct 18]. Available from: <https://www.revistadiabetes.org/tratamiento/bombas-parche-presente-y-futuro/>
37. EhmI94wD. Libro: Diabetes tipo 1 en la edad pediátrica - Lo que se necesita saber para la autogestión de la diabetes - ADOLESCENCIASEMA [Internet]. ADOLESCENCIASEMA | Sociedad Española de Medicina de la Adolescencia. adolescenciasema; 2021 [cited 2024 Oct 18]. Available from: <https://www.adolescenciasema.org/libro-diabetes-tipo-1-en-la-edad-pediatrica-lo-que-se-necesita-saber-para-la-autogestion-de-la-diabetes/>
38. González DS, Flores A, Rodríguez D, Peredo S, Palacios Porta LF. Recomendaciones para la práctica clínica sobre el manejo de la actividad física, ejercicio y deporte en niños, niñas y adolescentes con diabetes mellitus tipo 1. Rev Soc Argent Diabetes [Internet]. 2022 [cited 2024 Oct 18];56(2Sup):29–35. Available from: <https://revistasad.com/index.php/diabetes/article/view/19>
39. Navarrete Cabrera J, Carvajal Martínez F, Carvajal Aballe M, Ramos Robledo A, Rodríguez Carvajal A. Importancia del ejercicio físico en las personas con diabetes mellitus. cysa [Internet]. [citado 18 de octubre de 2024];6(2):35-42. Disponible en: <https://revistas.intec.edu.do/index.php/cisa/article/view/2503>
40. Type 1 diabetes. Diabetes tipo 1 y ejercicio [Internet]. Available from: <https://www.endocrinologiapediatrica.org/revistas/P1-E33/P1-E33-S2635-A601.pdf>
41. García SM. El control glucémico adecuado para [Internet]. Diabetespractica.com. [cited 2024 Oct 19]. Available from:

https://www.diabetespractica.com/files/docs/publicaciones/146348501604_habilidades_7-1.pdf

42. Perez Perez. Ejercicio físico en la diabetes [cited 2024 Oct 19]. Available from: www.imc-sa.es
43. Martinovich V. Búsqueda bibliográfica: Cómo repensar las formas de buscar, recopilar y analizar la producción científica escrita [Internet]. De la UNLa - Universidad Nacional de Lanús; 2022. Disponible en: https://inie.ucr.ac.cr/descarga/KOHA-PDF/BUSQUEDA_BIBLIOGRAFICA.pdf
44. Hernández Sampieri. Metodología de la investigación. Disponible en: ISBN: 978-1-4562-6096-5
45. Edu.mx. [citado el 27 de octubre de 2024]. Disponible en: <https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/16700/LECT132.pdf#page91>
46. Roche Collado EJ, Sempere JM, Pascual-garcía S, Alonso Arco N, Martínez Peinado P. Cambios en parámetros metabólicos e inflamatorios en un paciente diabético tipo 1 realizando actividades extremas. *Nutr Hosp* [Internet]. 2018 [citado el 9 de noviembre de 2024];36(2):487–91. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112019000200487&lang=es
47. Velasco Manrique MV, Gómez-Cabello A, González-Agüero A, Rodríguez Rigual M, Moreno L, Vicente Rodríguez G, et al. Adiposidad en niños y adolescentes con diabetes tipo 1: situación actual y controversias. *Nutr Hosp* [Internet]. 2014 [citado el 9 de noviembre de 2024];30(6):1211–7. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112014001300003&lang=es
48. Riddell MC, Gallen IW, Smart CE, et al. Exercise management in type 1 diabetes: a consensus statement [published correction appears in *Lancet Diabetes Endocrinol*. 2017 May;5(5):e3. doi: 10.1016/S2213-8587(17)30086-4]. *Lancet Diabetes Endocrinol*. 2017;5(5):377-390. doi:10.1016/S2213-8587(17)30014-1
49. Reddy R, Wittenberg A, Castle JR, El Youssef J, Winters-Stone K, Gillingham M, et al. Effect of aerobic and resistance exercise on glycemic control in adults with type 1

- diabetes. *Can J Diabetes* [Internet]. 2019;43(6):406-414.e1. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S149926711830176X>
50. Diabetesjournals.org. [citado el 9 de noviembre de 2024]. Disponible en: <https://diabetesjournals.org/care/article/38/6/971/37394/Current-State-of-Type-1-Diabetes-Treatment-in-the>
51. Chushig-Muzo D, Calero-Díaz H, Fabelo H, Årsand E, van Dijk PR, Soguero-Ruiz C. Characterizing the impact of physical activity on patients with type 1 diabetes using statistical and machine learning models. *Appl Sci (Basel)* [Internet]. 2024 [citado el 11 de noviembre de 2024];14(21):9870. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2076-3417/14/21/9870>
52. Clinicaltrials.gov [Internet]. Clinicaltrials.gov. [citado el 11 de noviembre de 2024]. Disponible en: <https://clinicaltrials.gov/study/NCT03149770>
53. Scielo.cl. [citado el 11 de noviembre de 2024]. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-41062018000300391
54. Gómez Ibáñez, influencia del ejercicio físico sobre la diabetes tipo 1 en sujetos sedentarios [citado el 12 de noviembre de 2024]. Disponible en: <https://dspace.umh.es/bitstream/11000/2858/1/TFG%20Gómez%20Ibáñez%2C%20Rubén.pdf>
55. Muñoz-Pardeza J, López-Gil JF, Huerta-Urbe N, Hormazábal-Aguayo I, Izquierdo M, García-Hermoso A. Nonpharmacological interventions on glycated haemoglobin in youth with type 1 diabetes: a Bayesian network meta-analysis. *Cardiovasc Diabetol*. 2024;23(1). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1186/s12933-024-02301-3>
56. Ferrera M, Carlos J. Revisión sistemática sobre el efecto de distintos tipos de ejercicio físico en la glucemia de sujetos con diabetes tipo 1. Universidad Internacional de Andalucía; 2022.
57. Mosso C, Halabi V, Ortiz T, Hodgson M. Ingesta dietética, composición corporal y actividad física entre pacientes jóvenes con diabetes mellitus tipo 1. *Revista de Endocrinología y Metabolismo Pediátrico*. 2015;28(7-8): 895-902.<https://doi.org/10.1515/jpem-2014-0334>

58. Revista Chilena de Endocrinología y Diabetes. Revistasoched.cl. [citado el 2 de marzo de 2025]. Disponible en: https://www.revistasoched.cl/2_2020/01.html
59. Ke Ma, Hongkai Chen, and Shan Lin. 2023. An Ensemble Learning Approach for Exercise Detection in Type 1 Diabetes Patients. 1, 1 (May 2023), 10 pages. <https://arxiv.org/pdf/2305.10353>
60. Hormazábal-Aguayo I, Muñoz-Pardeza J, López-Gil JF, Huerta-Uribe N, Chueca-Guindulain MJ, Berrade-Zubiri S, et al. Comprehensive management of children and adolescents with type 1 diabetes mellitus through personalized physical exercise and education using an mHealth system: The Diactive-1 study protocol. *Front Endocrinol (Lausanne)* [Internet]. 2024;15. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3389/fendo.2024.1354734>
61. Bullard T, Ji M, An R, Trinh L, Mackenzie M, Mullen SP. A systematic review and meta-analysis of adherence to physical activity interventions among three chronic conditions: cancer, cardiovascular disease, and diabetes. *BMC Public Health* [Internet]. 2019;19(1). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1186/s12889-019-6877-z>
62. Huerta-Uribe N, Hormazábal-Aguayo IA, Izquierdo M, García-Hermoso A. Youth with type 1 diabetes mellitus are more inactive and sedentary than apparently healthy peers: A systematic review and meta-analysis. *Diabetes Res Clin Pract* [Internet]. 2023;200(110697):110697. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.diabres.2023.11069>
63. García-Hermoso A, Ezzatvar Y, Huerta-Uribe N, Alonso-Martínez AM, Chueca-Guindulain MJ, Berrade-Zubiri S, et al. Effects of exercise training on glycaemic control in youths with type 1 diabetes: A systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *EJSS (Champaign)* [Internet]. 2023;23(6):1056–67. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/17461391.2022.2086489>.
64. Babar GS, Zidan H, Widlansky ME, Das E, Hoffmann RG, Daoud M, et al. Impaired endothelial function in preadolescent children with type 1 diabetes. *Diabetes Care* [Internet]. 2011;34(3):681–5. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2337/dc10-2134>

ANEXO A

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nive l de evid encia	Població n	Metodología	Resultados y Conclusiones
RubénMar tin Payo/ Elsevier/2 024	17	Effectiveness of a hybrid closedloop system for children and adolescents with type 1 diabetes during physical exercise: A cross-sectional study in real life	Estudio transversal	VI	21 pacientes diagnosticados con diabetes mellitus tipo 1	Se realizó un estudio transversal. Invitó a participar a cada uno de los niños y adolescentes con diabetes tipo 1 manejados en la unidad que cumplían los criterios de inclusión durante una visita de rutina	El sistema híbrido de circuito cerrado fue efectivo y seguro en niños y adolescentes diagnosticados con diabetes tipo 1 durante ejercicios físicos competitivos en la vida real
Carral San Laureano, Gutiérrez, Ayala/ Elsevier/ 2010	12	Impacto de la actividad física sobre el control metabólico y el desarrollo de complicaciones crónicas en pacientes con diabetes	Metanálisis y estudio intervencionista	Ia	No aplica	Se realizó una búsqueda bibliográfica y posterior revisión de los trabajos que cumplían los criterios de inclusión	Se puede afirmar que la mayoría de los estudios evaluados evidencian que la práctica de actividad física regular afecta favorablement e al control metabólico de

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
		mellitus tipo 1					la DM (o al menos no lo empeora).
Amelia Jara Arauz/Universidad europea/2021	19	Efectos del entrenamiento concurrente en el perfil glucémico de diabéticos tipo 1.	Estudio experimental aleatorizado.	IIb	240 diabéticos tipo 1 residentes en la Comunidad de Madrid de entre 18 y 60 años.	Ensayo clínico controlado aleatorizado, muestra empleada de 240 adultos con DM1 residentes en la Comunidad de Madrid.	Si no se tiene un buen control en la práctica de ejercicio físico, se puede llegar a empeorar el manejo de la enfermedad y aumentar el gasto sociosanitario, como por la presencia de HTA o los problemas cardiovasculares.
Calvo Muñoz, Gómez Conesa/Elsevier/2022	16	Efecto del ejercicio físico sobre el control metabólico y la función cardiorrespir	Revisión sistemática de estudios experimentales	1a	No aplica	Se analizaron un total de 17 estudios independientes (9 grupos tratados y 8 grupos	La mayoría de los trabajos revisados evidencian que el

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
		<p>atoria en niños y adolescentes con diabetes mellitus tipo I. Revisión sistemática</p>				<p>controles).</p>	<p>ejercicio físico mejora el control metabólico y/o la función cardiorrespiratoria en los niños y adolescentes con DM1.</p>
<p>Pacheco, Candía, Duarte, Martínez/ Scielo/2024</p>	<p>20</p>	<p>Efectos del entrenamiento de Taekwondo sobre el control glucémico en personas con Diabetes Mellitus tipo 1 de 13 y 14 años: Un Estudio Piloto.</p>	<p>Enfoque cuantitativo, de carácter descriptivo.</p>	<p>IV</p>	<p>5 jóvenes diagnosticados con DM1, con edades comprendidas entre los 13 y 14 años.</p>	<p>Se analizaron un total de 17 estudios independientes (9 grupos tratados y 8 grupos controles).</p>	<p>TKD, demostró ser una buena herramienta para una de las variables que influyen en el control metabólico y la HbA1c, más una estabilidad glicemia durante el entrenamiento.</p>

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
Alarcón Gómez, Tella Muñoz/Pubmed/2021	25	Efectos del entrenamiento interválico de alta intensidad sobre variables cardiovasculares, funcionales y psicológicas en personas con diabetes tipo 1.	Estudio experimental, paralelo y aleatorizado.	III	19 personas con diabetes mellitus tipo 1, 10 mujeres y 9 hombres, entre 18.45 años.	Análisis pre y post intervención de un grupo experimental que constó de 11 participantes y un grupo control que no entrenó de 8 voluntarios.	Mejoras significativas en el grupo que realizó ejercicio HIIT sin producir episodios de hipoglucemia. Se concluyó que este tipo de entrenamiento es eficaz para las personas con DM1.
Pino, Díaz/Google académico /2022	27	Diabetes mellitus tipo 1 en deportistas de alto rendimiento	Estudio intervención educativa pre-post.	Iib	Pacientes del centro de salud "Barrio de la salud".	Intervención educativa en la Comunidad Autónoma de Canarias.	El deportista con diabetes debe de tratar de imitar el funcionamiento del organismo modificando las unidades de insulina y hidratos de carbono
Helleputta, Stautemasa/PubMed/2024	28	Physical activity and sedentary behaviour in relation to body composition, estimated insulin sensitivity and arterial stiffness in adults with	Estudio transversal.	III	54 Pacientes con DM1.	Estudio transversal con 54 pacientes con diabetes mellitus tipo 1.	Los niveles más altos de PA, el menor comportamiento sedentario y una mayor capacidad de ejercicio se asocian favorablemente con el control glucémico a

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nive l de evid encia	Població n	Metodología	Resultados y Conclusiones
		type 1 diabetes					largo plazo, la composición corporal, la dosis de insulina, la sensibilidad estimada a la insulina y la rigidez arterial en adultos con T1D.
Salazar, Sandí, Mejía/Rev ista Médica/20 20	32	Diabetes mellitus tipo 1: retos para alcanzar un óptimo control glicémico	Revisión bibliográ fica.	V	No aplica	Revisión de diferentes fuentes bibliográfica s, tanto en inglés como en español.	Se propone realizar intervencione s conductuales, y de capacitación a los padres, para que consigan llevar a cabo un adecuado monitoreo de la glicemia y puedan responder apropiadamen te a los cambios en esta, con ajustes de dosis de insulina, según la necesidad.
Colino, Ros/PubM ed /2022	35	Aplicación de la tecnología en diabetes tipo 1 en la	Revisión bibliogra fica	V	No aplica	Búsqueda en diferentes bases de datos	Las nuevas tecnologías aplicadas a la DM1, en constante

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nive l de evid encia	Població n	Metodología	Resultados y Conclusiones
		edad pediátrica. Avances, limitaciones y futuro					cambio y progreso, constituyen un área prometedora que intenta dar respuesta a las distintas necesidades de los pacientes, con el objetivo de contribuir a la optimización del control glucémico, a la par que disminuir la carga de la enfermedad.
Iñigo San Millán/Es pEndocrin oPediatr/2 020	40	Diabetes tipo 1 y ejercicio. Type 1 diabetes and exercise	Revisión bibliográ fica	V	No aplica	Explicar las respuestas metabólicas del ejercicio en personas con DM1 de acara al mejor entendimient o de la administraci ón de insulina.	El ejercicio y entrenamiento aumenta el aclaramiento de lactato y por tanto aumenta la capacidad glucolítica del sujeto, lo cual podría explicar las respuestas metabólicas del ejercicio en personas con DM1.
Murillo/Sc ielo /2016	41	Prescripción de ejercicio físico en personas con	Revisión narrativa	V	No aplica	Resumir y discutir la información	El control de estos factores

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nive l de evid enci a	Població n	Metodología	Resultados y Conclusiones
		diabetes.				encontrada	disminuye el riesgo cardiovascula r asociado y previene el empeo ramiento de alguna de las complicacion es propias de la DM.
Lopes Souto, Paes de Miranda/S cielo/2011	13	Physical excercises on glycemic control in type diabetes mellitus	Revisión sistemáti ca	Ia	No aplica	Búsqueda bibliográfica en base de datos de PubMed y SciencieSire ct.	Se debe de tener una asociación positiva entre el ejercicio y a la adecuación de control de la glucemia en el largo plazo, sin embargo, es contradictorio con respecto a la sensibilidad a la insulina.
N. Alonso, Martínez Peinado/ Scielo/ 2019	46	Changes in metabolic and inflammator y parameters in a type 1 diabetic patient performing extreme	Reporte de caso	IV	Un paciente diabético tipo 1 de 48 años	Un paciente de 48 años con diabetes tipo 1 diagnosticad o a los 23 y es profesional de alpinismo.	Las actividades extremas bien programadas y con una correcta intervención dietética puede reducir la

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
		activities					descompensación metabólica.
Vega, Gómez, González/ Scielo/2014	47	Adiposidad en niños y adolescentes con diabetes tipo 1: situación actual y controversias	Revisión de literatura	V	No aplica	Búsqueda bibliográfica en bases de datos.	Experimentan una ganancia ponderal durante la etapa de la pubertad, esto se ha visto al aumento de dosis de insulina, mayor prevalencia de enfermedad CV.
Riddell, Gallen/PubMed/2017	48	Exercise management in type 1 diabetes: a consensus statement	Revisión de literatura	V	No aplica	Búsqueda bibliográfica en base de datos biomédicas.	La actividad física regular debe de ser un objetivo rutinario para los pacientes con DM1.
Reddy, Wittenberg/PubMed/2019	49	Effect of Aerobic and Resistance Exercise on Glycemic Control in Adults With Type 1 Diabetes	Ensayo cruzado aleatorizado	Ia	4 hombres y 6 mujeres de 33 años con 18 años de padecer diabetes tipo 1.	Ensayo cruzado aleatorio de 3 semanas, 10 adultos con diabetes tipo 1 (4 hombres y 6 mujeres, de 33±6 años; duración de la diabetes, 18±10 años; nivel de hemoglobina glicosilada,	Los resultados indican que cuando se consideran varios factores de confusión, el entrenamiento de resistencia podría mejorar el control glucémico en esta población.

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nive l de evid enci a	Població n	Metodología	Resultados y Conclusiones
						7,4 % ± 1%) fueron asignados a 3 semanas de intervención: ejercicio aeróbico	
Miller/Pub Med/2015	50	Current State of Type 1 Diabetes Treatment in the U.S.: Updated Data From the T1D Exchange Clinic Registry	Estudio transvers al	III	Datos de 16.061 participa ntes.	16.061 participantes para los que se completó una actualización anual entre el 1 de septiembre de 2013 y el 1 de diciembre de 2014 que tenían un valor de HbA1c	Las altas proporciones de individuos que no alcanzan los objetivos glucémicos con las terapias actuales destacadas en nuestros análisis hacen que el desarrollo y la difusión de un páncreas artificial o un reemplazo seguro y efectivo de los islotos sean imperativos.
Chushing, Calero/Pu bMed/201 4	51	Characterizi ng the Impact of Physical Activity on Patients with Type 1 Diabetes Using Statistical	Estudio prospecti vo y observac ional	III	23 participa ntes, 10 mujeres y 13 hombres	Se emplearon los datos recopilados de la fundación de Bas van de Goor de España, cubriendo	En escenarios con PA de alta intensidad, el uso de dispositivos CGM debe ser cauteloso, ya que las mediciones de glucosa no

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
		and Machine Learning Models				una distancia de 263km en bicicletas de montaña	pueden ser lo suficientemente precisas.
Sequist/Elsevier/2017	52	Hypoglycemia After Exercise in Type 1 Diabetes: Intranasal Naloxone as a Novel Therapy to Preserve Hypoglycemia Counterregulation	Intervencionista	Iib	28 pacientes diabéticos tipo 1 de entre 18 – 65 años	Diabetes tipo 1 diagnosticada por motivos clínicos, uso de insulina dentro de los 6 meses posteriores al diagnóstico	Cambios en la puntuación de síntomas y cambios en los niveles de epinefrina.
Henríquez /Scielo/2018	53	Impacto psicosocial de la diabetes mellitus tipo 1 en niños, adolescentes y sus familias. Revisión de la literatura	Revisión bibliográfica	V	Niños y adolescentes con diabetes mellitus tipo 1	Analiza los principales aspectos relacionados al impacto psicosocial en niños y adolescentes con diabetes mellitus tipo 1 y sus familias.	Necesidad de buscar otras formas para mejorar el control de la DMT, una de estas podría ser incluir a profesionales en salud mental y conductual para niños y adolescentes dentro del equipo interdisciplinario.
Gómez/PubMed/201	54	Influencia del ejercicio físico sobre	Revisión bibliográfica	V	No aplica	Realización de una búsqueda	Los valores de hemoglobina glucosilada,

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nive l de evidenci a	Població n	Metodología	Resultados y Conclusiones
5-12016		la diabetes tipo 1 en sujetos sedentarios.	fíca			bibliográfica en base de datos	IMC, presión arterial y VO 2máx han sufrido pequeñas variaciones con respecto al inicio del programa.
Muñoz. López, huerta/ springer/2 024	55	Nonpharma cological intervention s on glycated haemoglobi n in youth with type 1 diabetes: a Bayesian network meta-analys	Revisión sistemáti ca	Ia	No aplica	Búsquedas sistemáticas	Los hallazgos del estudio parecen enfatar el potencial de un enfoque de manejo integral para mejorar el control glucémico en niños y adolescentes con DM1.
Mora/scho lar google/20 22	56	Revisión sistemática sobre el efecto de distintos tipos de ejercicio en la glucemia de sujetos con diabetes tipo 1	Revisión sistemáti ca y metaanál isis	Ia	No aplica	Búsqueda bibliográfica en base de datos de PubMed, EMBASE t Wed of Sciencie	El ejercicio aeróbico produce un descenso de la glucosa, en el ejercicio combinado contribuye a una menor variabilidad glucémica, el ejercicio realizado en las mañanas aumenta los niveles de glucemia que

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
							por la tarde.
M. Ávila/ Journal of pediatric Endocrinology and Metabolism/2015	57	Dietary intake, body composition, and physical activity among young patients with type 1 diabetes mellitus.	Estudio trasversal	III	30 niños y adolescentes chilenos con diabetes mellitus tipo 1-	Se incluyeron un total de 30 pacientes con T1DM (de 15,2 ± 4,0 años). Se evaluó utilizando un cuestionario cuantitativo de frecuencia alimentaria de 92 artículos.	Presentaron una ingesta de proteínas superior a la recomendada por la ISPAD. La ingesta de carbohidratos fue relativamente baja, mientras que la de grasas se mantuvo dentro de los límites recomendado.
Endocrinología y diabetes/2020	58	Programa de Transición: Evaluación de un modelo a 4 años de su implementación"	Estudio observacional descriptivo longitudinal	III	65 adolescentes de ambos sexos 15 y 18 años.	El estudio se realizó en 65 adolescentes de ambos sexos quienes participaron en el PT entre los años 2014 y 2018 en la Unidad de Diabetes del Hospital San Juan de Dios, de Santiago de Chile.	En los adolescentes con DM1, se debe incentivar la participación en el PT para fortalecer las conductas de adherencia al tratamiento diabético incluyendo el control metabólico.
Ke Ma, Hongkai Chen y	59	An Ensemble Learning	Ensayo clínico	Ib	12 pacientes con	Ensayo clínico	Los resultados sugieren que combinar las

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
Shan Lin/ACM/2023		Approach for Exercise Detection in Type 1 Diabetes Patients"			diabetes tipo 1		fortalezas de diferentes detectores puede conducir a un mejor rendimiento en la detección de ejercicios. El trabajo futuro se centrará en incorporar la detección de la ingesta de comidas en el enfoque propuesto para mejorar aún más su precisión en la escena del mundo real
Hormazábal, Muñoz, López/Pub Med/2024	60	Comprehensive management of children and adolescents with type 1 diabetes mellitus through personalized physical	Estudio de grupo paralelo y aleatorio	IIb	52 niños t adolescente de 8 a 18 años	Un mínimo de 52 niños y adolescentes de 8 a 18 años, que fueron diagnosticados con T1DM hace al menos 6 meses, serán asignados aleatoriamente a un grupo que participe en un programa individualiza	En conclusión, las aplicaciones de teléfonos inteligentes para el manejo de la diabetes han mostrado tendencias alentadoras en la mejora del control glucémico, lo que indica el potencial de las aplicaciones

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
		exercise and education using an mHealth system: The Diactive-1 study protocol				do de ejercicios de resistencia al menos 3 veces por semana durante un período de 24 semana	móviles como herramientas valiosas para una gestión efectiva.
Bullard, Mengmeng/PubMed/2019	61	A systematic review and metanalysis of adherence to physical activity interventions among three chronic conditions: cancer, cardiovascular disease, and diabetes	Revisión sistemática y un metanálisis	Ia	No aplica	Los ensayos controlados aleatorios (ECA) en los que la actividad física aeróbica fue la intervención primaria se seleccionaron de PsychInfo, PubMed, CINAHL (Índice Acumulativo de Enfermería y Literatura de Salud Afín), Clinical Key y SCOPUS de 2000 a 2018.	La evidencia actual sugiere que las personas con afecciones crónicas son capaces de mantener la actividad física aeróbica durante más de 3 meses, como una forma de tratamiento. Además, los programas en el hogar pueden ser tan factibles como los programas de actividad física supervisados y basados en clínicas.

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
Huerta, Hormazábal/PubMed /2023	62	Youth with type 1 diabetes mellitus are more inactive and sedentary than apparently healthy peers: A systematic review and meta-analysis	Revisión sistemática y metanálisis	Ia	No aplica	Búsqueda en base de datos EMBASE, PubMed y SportsDiscus .	Teniendo en cuenta la heterogeneidad entre los estudios en el diseño, la población y la evaluación, nuestros hallazgos muestran que los niños y adolescentes con diabetes tipo 1 parecen ser menos activos, más sedentarios y tener niveles de aptitud cardiorrespiratoria más bajos que sus compañeros sanos.
García, Ezzatvar/s cielo/ 2023	63	Effects of exercise training on glycaemic control in youths with type 1 diabetes: A systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials	Revisión sistemática	Ia	Jóvenes de 6 a 18 años con DMT1	14 estudios que incluyen aeróbicos/fuerza/resistencia y pilates	El estudio sugiere que los programas de más de 24 semanas con al menos 60 minutos/sesión de ejercicio concurrente de alta intensidad puede servir como terapia de apoyo para el control metabólico en

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nive l de evid enci a	Població n	Metodología	Resultados y Conclusiones
							jóvenes con DMT1
Babar,Zidan/PubMed/2011	64	Impaired Endothelial Function in Preadolescent Children With Type 1 Diabetes			21 niños diabéticos	Estudiamos a 21 niños diabéticos tipo 1 (de 8,3 ± 0,3 años con duración de la diabetes de 4,3 ± 0,4 años) y 15 hermanos sanos del grupo (de 7,6 ± 0,3 años).	Los datos sugieren que la disfunción endotelial y la inflamación sistémica, conocidos presagios del riesgo cardiovascular futuro, están presentes incluso en niños preadolescentes.