

EFFECTO DE UN TRABAJO AERÓBICO VS UN TRABAJO DE FUERZA EN EL PERFIL GLUCÉMICO EN ADOLESCENTES DIABÉTICOS TIPO 1

DOBLE GRADO CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y EL DEPORTE Y FISIOTERAPIA

**FACULTAD CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y
FISIOTERAPIA**



Realizado por: Víctor Alonso Gómez

Grupo TFG: Mix61

Año Académico: 2021-2022

Tutor/a: Jonathan Ospina Betancurt

Área: Estudio experimental

Resumen:

Introducción: La diabetes tipo 1 es una enfermedad crónica que afecta a nuestro metabolismo y hoy en día la padecen muchas personas, con una prevalencia que oscila entre 0,8 y 4,6/1.000 habitantes, siendo el grupo con más incidencia de 10-15 años. Sabemos que un mal control de la glucosa en estos pacientes puede causar daños en los órganos principales pudiendo producir futuras complicaciones crónicas que van a poner en serio riesgo a las personas. En su tratamiento va a ser indispensable la inyección diaria de la insulina para evitar los aumentos excesivos de glucosa en sangre (hiperglucemias). Además una época de cambio como lo es la adolescencia va a dificultar el control de la enfermedad ya que es una etapa en la que hay una gran liberación de hormonas va a afectar directamente sobre el control glucémico. Para evitar que se produzca un mal control, no sólo va a valer con el uso de la insulina, sino que van a tener que llevar una dieta controlada y equilibrada y la práctica deportiva.

Objetivo general: Comparar el efecto de un entrenamiento de modalidad aeróbica y un entrenamiento de fuerza durante 3 meses en la bioquímica basal de los adolescentes diabéticos tipo 1.

Metodología: Estudio experimental prospectivo con muestreo por conveniencia, realizando una división aleatorizada para la asignación de ambos grupos AE y AN con sujetos DT1 que cumplen los criterios de inclusión y exclusión. Los 20 sujetos se dividirán de forma aleatoria en dos grupos de 10 sujetos. El grupo AE realizará las sesiones en un cicloergómetro (Monark Ergomedic 874e), durante 45 minutos a 60% VO₂máx, mientras que el grupo AN realizará dos bloques alternando en los días de 3 ejercicios durante el mismo tiempo a 70%RM. Ambos grupos lo harán a la vez durante 36 sesiones (3 meses). Los resultados los analizaremos mediante la comparación de las analíticas que se harán previas y posteriores al estudio. En cuanto a la estadística, para el análisis de las variables cualitativas vamos a usar las pruebas no paramétricas; frecuencia absoluta y frecuencia relativa. Por otro lado para el análisis de las variables cuantitativas vamos a usar las pruebas paramétricas; media, desviación típica y el error estándar de la media.

Palabras clave: Diabetes tipo 1, Control metabólico, Ejercicio aeróbico, Ejercicio anaeróbico, Adolescentes.

Abstract:

Introduction: Type 1 diabetes is a chronic disease that affects our metabolism and today many people suffer from it, with a prevalence that ranges between 0.8 and 4.6/1,000 inhabitants, being the group with the highest incidence of 10-15 years. We know that poor glucose control in these patients can cause damage to the main organs and can produce future chronic complications that will put people at serious risk. In its treatment, the daily injection of insulin will be essential to avoid excessive increases in blood glucose (hyperglycemia). In addition, a time of change such as adolescence will make it difficult to control the disease since it is a stage in which there is a great release of hormones that will directly affect glycemic control. To prevent poor control from occurring, not only will the use of insulin be valid, but they will have to follow a controlled and balanced diet and practice sports.

General objective: To compare the effect of aerobic modality training and strength training for 3 months on the basal biochemistry of type 1 diabetic adolescents.

Methodology: Prospective experimental study with convenience sampling, performing a randomized division for the allocation of both groups AE and AN with DT1 subjects who meet the inclusion and exclusion criteria. The 20 subjects will be randomly divided into two groups of 10 subjects, thus forming group AE and group AN. The AE group will perform the sessions on a cycle ergometer (Monark Ergomedic 874e), for 45 minutes at 60% VO₂max, while the AN group will perform two blocks alternating on the days of 3 exercises for the same time at 70%RM. Both groups will do it at the same time for 36 sessions (3 months). We will analyze the results by comparing the analyzes that will be done before and after the study. Regarding statistics, for the analysis of qualitative variables we are going to use non-parametric tests, absolute frequency and relative frequency. On the other hand, for the analysis of the quantitative variables we are going to use the parametric tests; mean, standard deviation, and standard error of the mean.

Keywords: Type 1 diabetes, Metabolic control, Aerobic exercise, Anaerobic exercise, Adolescents.

Índice de abreviaturas

Abreviaturas	Significado
AE	Grupo de trabajo aeróbico
AN	Grupo de trabajo de fuerza
ATP	Trifosfato de adenosina
DM	Diabetes Mellitus
DT1	Diabético Tipo 1
DT2	Diabético Tipo 2
FC	Frecuencia Cardíaca
FCM	Frecuencia Cardíaca Máxima
FCR	Frecuencia Cardíaca en Reposo
GED	Gasto Energético Diario
GET	Gasto Energético Total
HbA1c	Hemoglobina glicada
HCO	Hidratos de Carbono
NEFA	Ácidos grasos no esterificados
OMS	Organización Mundial de la Salud
PA	Presión Arterial
RPE	Escala de Esfuerzo Percibido
SED	Sociedad Española de Diabetes
VO2máx	Volumen Máximo de Oxígeno

Índice:

1. Introducción.....	7
1.1 La Diabetes.....	7
1.2 Tratamiento	10
1.3 Insulina y deporte.....	11
1.4 Control metabólico en diabetes.....	12
1.5 La adolescencia	15
1.6 Ejercicio aeróbico y diabetes	17
1.7 Ejercicio anaeróbico y diabetes.....	22
2. Justificación	25
3. Objetivos e hipótesis	26
3.1 Objetivo principal	26
3.2 Objetivos secundarios.....	26
3.3 Hipótesis	26
4. Metodología	27
4.1 Comité de ética	27
4.2 Diseño	27
4.3 Muestra y formación de grupos	28
4.4 Variables y material de medida.....	30
4.5 Procedimiento.....	32
4.6 Análisis de datos.....	37
5. Equipo investigador.....	39
6. Viabilidad del estudio	40
7. Bibliografía.....	41
8. Anexos.....	45
8.1 Anexo 1	45
8.2 Anexo 2	47

Índice de tablas:

Tabla 1. Modelos de insulina con su tipología y características.	10
Tabla 2. Valores óptimos del control metabólico en diabetes mellitus tipo 1 (DT1).	12
Tabla 3. Etapas de desarrollo del estudio.....	33
Tabla 4. Equipo investigador y sus funciones.	39

Índice de figuras:

Figura 1. Utilización preferencial de nutrientes con respecto a la duración del evento deportivo.	13
Figura 2. Efecto de un trabajo aeróbico y anaeróbico sobre la glucosa en un diabético tipo 1 (DT1).....	18
Figura 3. Cantidad de glucosa en sangre tras un trabajo anaeróbico a diferentes intensidades.	24

1. Introducción

1.1 La Diabetes

La diabetes es una enfermedad crónica que afecta a nuestro metabolismo haciendo que los niveles de glucosa en sangre sean más elevados de lo normal. Esta es una enfermedad muy común en nuestra sociedad que afecta a millones de personas en todo el mundo, dentro de ella podemos diferenciar dos tipos. Por un lado, encontramos la diabetes tipo 1 (DT1) o también conocida como diabetes juvenil o insulino dependiente y por otro lado encontramos la diabetes tipo 2 (DT2) o conocida como diabetes adulta. En el estudio de Rodríguez et al. (2018), nos explica que la diabetes mellitus constituye una epidemia global que tiene efectos en nuestro control metabólico y de esta forma esta enfermedad se ha convertido en un desafío a la calidad y expectativa de vida mundial en personas que la padecen.

Además, se estima que esta enfermedad es el tercer factor de riesgo de muerte prematura siguiendo al tabaquismo y la hipertensión arterial. También nos indica que ha existido un gran aumento de la diabetes mellitus tipo 1 en el mundo, especialmente en menores de 15 años, alrededor de un 3% cada año, y que en su desarrollo influyen factores tanto genéticos como ambientales. Organización Mundial de la Salud (OMS, 2016).

La DT1 suele empezar en la infancia o en la adolescencia, pero podemos encontrar casos aislados en los que sea en otra fase de la vida. Hoy en día se desconocen las causas de por qué se produce esta enfermedad, lo que se sabe es que el sistema inmunitario del cuerpo encargado de combatir bacterias y virus destruye las células pancreáticas encargadas de disminuir el azúcar en sangre producidas en los islotes de Langerhans, otros factores que podrían ser causantes de la enfermedad es la genética y los factores ambientales. Por otro lado, algunos de los signos y síntomas que producen esta enfermedad son:

- Aumento de la sed y del hambre.
- Incontinencia urinaria repentina y necesidad de orinar a menudo.
- Visión borrosa.
- Fatiga y cansancio.
- Cambios de humor e irritabilidad.

Lo que se sabe de los factores de riesgo que pueden causar esta enfermedad, encontramos la genética ya que la presencia de ciertos genes aumenta la posibilidad de padecer esta enfermedad. La edad ya que existen dos momentos de la vida donde se disparan los inicios de esta patología, uno de ellos se comprende entre los 4-7 años y el otro entre los 10-15 años, pero como se comentó anteriormente puede aparecer en otro momento de la vida. Los antecedentes familiares también son importantes, ya que si en la familia del paciente, ya sea padre, madre, abuelos o hermanos han padecido esta enfermedad, existe la posibilidad de que las descendencias también lo desarrollen. Por último, encontramos el factor de la ubicación en la que se reside, ya que diversos factores ambientales o localizaciones presentan mayor tasa de esta enfermedad, pudiendo verse afectada su aumento por el clima, la dieta o la situación socioeconómica de la persona.

Con el paso de los años un mal control de la glucosa en pacientes diabéticos tipo 1, puede causar daños en los órganos principales como son el corazón, los riñones, los vasos sanguíneos, los ojos y los nervios periféricos de nuestro cuerpo. Incluso en algunos casos más extremos, causando discapacidades, amputaciones y poniendo en serio riesgo la vida. En el artículo de Yang et al. (2010), nos explica que la exposición prolongada a la diabetes mellitus (DM), muestra algunas complicaciones si no existe un buen control, como puede ser entre las más conocidas la nefropatía diabética, también puede aparecer la retinopatía diabética que es causada por un nivel alto de azúcar en sangre prolongado a lo largo del tiempo. Cuando el nivel de glucosa en sangre es alto durante un período prolongado, puede aumentar la actividad de la enzima mioinositol oxigenasa (MIOX) y mejora el catabolismo del mioinositol. La degradación enzimática del mioinositol altera la actividad de la bomba de potasio ($\text{Na}^+ / \text{K}^+ \text{ATPasa}$) y fosfatidilinositol sintasas, dos de las moléculas muy importantes en la vía de señalización secundaria.

Importante es que debemos conocer que hay dos tipos de complicaciones en esta enfermedad, por un lado las complicaciones agudas que son las que van a parecer en el día a día de estos pacientes en las cuales vamos a encontrar la hipoglucemia y la hiperglucemia (que puede derivar a cetoacidosis) y por otro lado las complicaciones crónicas, las cuales van a parecer a la larga si los pacientes no llevan un buen control glucémico, en el estudio de Moreno (2010), nos explica las siguientes complicaciones:

- Complicaciones de corazón y circulatorias: ya que un aumento constante de la glucosa en sangre va a producir riesgos de padecer enfermedades circulatorias y de corazón como puede ser patologías en las venas coronarias, estrechamiento de las arterias (ateroesclerosis), ataques cardiacos y producir una presión arterial alta (PA).
- Complicaciones de los nervios (neuropatía): debido al aumento excesivo de la glucosa, va a poder dañar a los capilares encargados de llevar sangre a los nervios periféricos, produciendo de esta forma en las pacientes sensaciones de hormigueo, ardor entumecimiento siendo la zona más predominante los pies, llegando a ser más grave perdiendo la sensibilidad de los mismos. Algunas de las patologías más comunes que encontramos son; la neuropatía diabética la cual afecta a los nervios periféricos del cuerpo predominando los miembros inferiores y la retinopatía diabética la cual afecta al nervio óptico pudiendo llegar a formar ceguera en el paciente. Para evitarlo se recomienda pasar consulta por el oftalmólogo cada 2-3 años y hacer un examen a fondo del ojo.
- Complicaciones renales (nefropatía): ya que al tener la glucosa alterada, va a afectar a los vasos sanguíneos y el riñón, estando este último compuesto por millones de vasos sanguíneos los cuales se encargan de filtrar la sangre de los desechos. Un daño grave de este tejido puede llegar a provocar una insuficiencia o una enfermedad renal, un signo relevante para evitarlo, es controlar la presencia de microalbuminuria o pérdida de proteínas en sangre.
- Complicaciones en pies, boca y en la piel: ya que las personas diabéticas con un mal control glucémico van a ser más propensas a padecer infecciones en la piel y boca, así como problemas en las encías o sequedad en la boca. En cuanto a los pies, una afectación al tejido nervioso o vascular va a presentar complicaciones a este nivel al ser la zona más lejana del corazón, produciendo la no curación de heridas que podrían acabar en infecciones graves y en casos extremos en amputación.

1.2 Tratamiento

La insulina es el principal tratamiento de las personas diabéticas y esta lleva disponible en la vida de los diabéticos desde el año 1925. En esos años se extraía del páncreas de animales hasta principios de la década de los 80 donde se empezó a crear sintéticamente, simulando la insulina humana. Se aplica generalmente de manera subcutánea y estas insulinas que utilizan los pacientes DT1 son de acción rápida, de acción intermedia y de acción lenta que van a venir diferenciadas por su inicio, pico y duración (ver tabla 1). Por un lado, encontramos las insulinas de acción rápida las cuales se absorben de forma rápida por el tejido graso hacia la corriente sanguínea, estas se utilizan para evitar las hiperglucemias que provocarían las comidas y los momentos puntuales donde el paciente presente una hiperglucemia y se quiera corregir, dentro de estas encontramos las análogas Aspart, Lyspro y Glulisina. Por otro lado encontramos las insulinas de acción lenta la cuál va a ser absorbida por el cuerpo lentamente, no presenta pico máximo y hace un efecto de meseta (mantenida en la mitad de su inyección), y va a durar casi todo el día, vamos a encontrar dos tipos de insulina dentro de las de acción lenta, donde una de ellas va a durar 12 o 24 horas aproximadamente, dentro de estas encontramos la insulina Determir (12-24h) y la Glargina (24h). Las personas no diabéticas producen además insulina de acción intermedia que estas se absorben de manera más lenta y su duración es mayor que las de acción rápida, se suelen usar para controlar el control glucémico durante la noche. (Kreutzberger et al., 2020).

Tabla 1.

Modelos de insulina con su tipología y características.

	Tipo de insulina	Inicio	Pico	Duración
Acción rápida	Aspart	<15 min	1-2 horas	4-6 horas
	Lyspro	<15 min	1-2 horas	4-6 horas
	Glulisina	<15 min	1-2 horas	4-6 horas
Acción lenta	Determir	1 hora	plano	12-24 horas
	Glargina	1,5 hora	plano	24 horas

Nota. Tabla con los tipos y las diferentes acciones de las insulinas que se usan para el tratamiento de un DT1. Fuente de Kreutzberger et al., (2020). Elaboración propia.

1.3 Insulina y deporte

Como sabemos, durante el ejercicio los músculos van a necesitar más energía durante el mismo, por lo que, el cuerpo va a liberar más glucosa que en estado de reposo. Lo anterior, en personas diabéticas puede tener peligro, ya que si el cuerpo no tiene suficiente insulina para usar la glucosa liberada durante el ejercicio, esta va a permanecer en la sangre y va a provocar concentraciones elevadas de glucosa en sangre (hiperglucemia). También, se puede dar el caso de que al no tener suficiente insulina el cuerpo empiece a usar las grasas como combustible, formando cuerpos cetónicos, que en cantidades altas son perjudiciales para la salud. Por otro lado, se puede dar el caso contrario en el que el cuerpo en la práctica deportiva necesite glucosa y haya un aumento de insulina en nuestro cuerpo y descienda excesivamente nuestra glucosa en sangre (hipoglucemia).

Frid et al. (1990), en su estudio donde mide como afecta la insulina en el ejercicio y nos explica la comparación con la tasa de absorción de la deposición subcutánea en la cuál la tasa de los músculos durante el ejercicio fue más del doble y el área bajo la curva de insulina plasmática fue mucho mayor, lo que resultó en un mayor efecto reductor de la glucosa plasmática. Por lo tanto, la inyección de insulina intramuscular puede conducir a reducciones inesperadas de la glucosa plasmática y tal vez incluso inducir hipoglucemia. El estado hiperinsulinémico, con aumento de la captación de glucosa y baja producción de glucosa hepática, es un posible mecanismo detrás de tal respuesta. En dicho estudio, el ejercicio se realizó 1 hora después de la inyección de insulina. El efecto reductor de la glucosa plasmática probablemente habría sido aún mayor si el ejercicio hubiera tenido lugar poco después de la inyección de insulina, cuando quedaba más insulina en el lugar de la inyección. Por ello es importante que una persona DT1, sea enseñada por su médico para controlar las concentraciones de azúcar en sangre durante el ejercicio y de esta forma aprender que deben de hacer para poder seguir haciendo la actividad en casos de hiperglucemias e hipoglucemias. Teniendo en cuenta que si notan cualquiera de estos síntomas; sudor excesivo, mareos, temblores, hambre excesiva, dolor de cabeza y confusión entre otros, podría estar cursándose una hipoglucemia, y si apareciese excesiva sed, agotamiento, continua necesidad de orinar o visión borrosa, es que se podría estar formando una hiperglucemia.

1.4 Control metabólico en diabetes

En cuanto al control metabólico en las personas con DT1, va a tener unos criterios óptimos para una buena salud que se pueden ver reflejados en la tabla 2, para ello se va a necesitar al menos cuatro controles diarios para un adecuado ajuste del tratamiento. En aquellas personas con DT1 y con hipoglucemias frecuentes, especialmente nocturnas, o con un mal control glucémico va a ser de utilidad confirmar las glucemias capilares con un glucómetro. Además, van a ser buenos indicadores de un buen control glucémico la ausencia tanto de hipoglucemias como de hiperglucemias. Los niveles glucémicos que se pueden alcanzar dependiendo del momento del día se describen en la tabla 2. La hemoglobina glicada (HbA1c), nos va a reflejar los niveles de glucemia en las 6-12 semanas previas a la medición de la misma, además, se ha visto que es la mejor medida de evaluación del control metabólico en una persona con DT1, dada su relación directa con el riesgo de aparición de complicaciones microvasculares, ya que valores superiores a 7,5% suponen un riesgo microvascular importante a largo plazo. Por lo tanto debería realizarse su determinación en cada consulta de seguimiento cada 3 meses. Otros factores tales como la hipertensión, dislipemia y el consumo de tabaco influyen en el desarrollo de las complicaciones microvasculares como de las macrovasculares.

Tabla 2.

Valores óptimos del control metabólico en diabetes mellitus tipo 1 (DT1).

Glucemia basal	<110 mg/dl
Glucemia Postprandial	130-180 mg/dl
Hemoglobina glicada (HbA1c)	<7%*
Presión sistólica y diastólica	<130/ <80 mmHg
Colesterol total	<185 mg/dl
HDL	>40 mg/dl
LDL	<100 mg/dl
Triglicéridos	<150 mg/dl

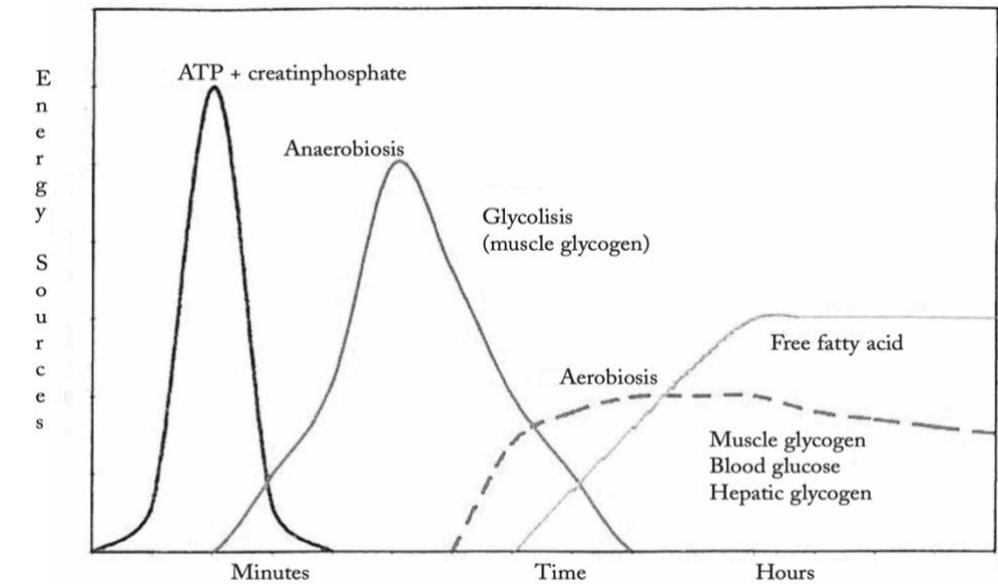
Nota. Tabla con los valores óptimos para un buen control metabólico en personas diabéticas tipo 1 (DT1). * La hemoglobina glicada (HbA1c) no tiene unidades, se mide en porcentaje. Elaboración propia.

El metabolismo de los nutrientes durante la práctica deportiva en personas con DT1, va a depender del tiempo como podemos ver en la figura 1. En el estudio de Corigliano et al. (2006), nos explica de la importancia de un correcto aporte elevado de hidratos de carbono (HC) para que los pacientes con DM se mantengan en buenos estándares nutricionales y de esta forma prevengan la hipoglucemia, de este modo también van a conseguir preservar las reservas de glucógeno hepático y muscular que van a evitar la fatiga y la debilidad muscular y como consiguiente se va a producir la interrupción del rendimiento en el deporte. También, nos informa que estas reservas de glucógeno son esenciales para la glucogenólisis hepática y muscular y de esta forma prevenir o contrarrestar inmediatamente los ataques de hipoglucemia. En cuanto al metabolismo de las proteínas, en este estudio nos informa que respalda el gasto energético total (GET) sólo en una cantidad limitada durante la actividad física cuando se está a un 60% del VO₂máx. Se ha visto que contribuyen las proteínas en un 4 a 5%, pero puede llegar a ser un 8 a 10% cuando las reservas de glucógeno se agotan. Por último, Corigliano et al. (2006), explica el metabolismo de los lípidos, en especial los ácidos grasos no esterificados (NEFA) y los triglicéridos ya que estos experimentan una oxidación en sujetos tanto diabéticos como no diabéticos durante el ejercicio, dónde se puede ver que en ejercicios de baja intensidad (40 a 50% del VO₂máx), contribuyen aproximadamente un 40% durante la primera hora y un 70% en adelante.

En el estudio de Díaz et al. (2016), nos comenta que la DT1 sigue siendo una enfermedad de difícil manejo. Ya que solo uno de cada 5 pacientes presenta un control metabólico adecuado medido por la HbA1c. Además, en su estudio recoge algunos de los malos resultados glucémicos obtenidos en pacientes adolescentes, y esto hace necesario incrementar los esfuerzos terapéuticos en este grupo. Por lo que, una estrategia enfocada en un adecuado apoyo farmacológico y nutricional, también, menos reconocidos pero muy importantes, encontramos los factores tanto psicológicos como los conductuales, junto a una continua evaluación permanente de factores de riesgo cardiovasculares para prevenir futuras complicaciones, puesto que juntando todo esto con un buen plan y seguimiento de la ayuda profesional probablemente mejoren los resultados de nuestros pacientes y tengan una mejor calidad de vida.

Figura 1.

Utilización preferencial de nutrientes con respecto a la duración del evento deportivo.



Nota. El gráfico representa como nuestro cuerpo utiliza los nutrientes dependiendo del tiempo que llevemos realizando una actividad deportiva. Tomado de “Blood glucose changes in diabetic children and adolescents engaged in most common sports activities” por G. Corigliano, 2006, *Acta Biomed.*

Por otro lado, en el estudio de Laaksonen et al. (1999), donde evaluaron el efecto del ejercicio aeróbico regular sobre el perfil lipídico en las personas con DT1 concluyeron que, el programa de ejercicios de resistencia de 12 a 16 semanas produjo cambios favorables en los niveles de lípidos, lipoproteínas y apolipoproteínas en personas DT1, que en su mayor parte ya cumplían con las recomendaciones de la “Asociación Americana de Diabetes para el ejercicio físico” al inicio del estudio. Estos cambios que se produjeron fueron independientes de los efectos sobre la masa o composición corporal y el control glucémico, y ocurrieron a pesar de una mejora bastante modesta en el consumo máximo de oxígeno.

El nivel de actividad aeróbica, medido por el gasto energético diario (GED), se asoció inversamente con los niveles de triglicéridos, incluso después de controlar la adiposidad y el control glucémico. Lo que concluyen que aunque la actividad y la aptitud físicas están interrelacionadas, la actividad física tiene una mayor influencia en los niveles de lípidos, independientemente de la composición corporal.

1.5 La adolescencia

Como sabemos la adolescencia es una etapa de transición de la cuál pasamos de ser niños a ser adultos. En esta época se producen cambios que afectan de manera directa e indirecta a la diabetes, se produce porque es una etapa de cambios biológicos y fisiológicos a nivel de todo nuestro cuerpo. A nivel biológico se liberan hormonas (por ejemplo la del crecimiento o las hormonas sexuales), que condicionan a la efectividad de la insulina de los pacientes diabéticos, por eso es más difícil llevar un buen control glucémico en esta etapa a comparación con las otras. Por ello hay que tener en cuenta que un mal control continuo en esta etapa va a producir en el futuro complicaciones y además a mayor escala por estar en una etapa de cambios, por ello la importancia del seguimiento sanitario continuo teniendo cada pocos meses citas con el diabetólogo para ayudar a llevar un buen control, también es importante la figura de los padres y los amigos más cercanos, así como profesores del instituto para que te lleven un seguimiento y no dejar de lado la enfermedad.

En el estudio de Szadkowska et al. (2007), se vio que la sensibilidad a la insulina se redujo significativamente en la etapa de los 10 años y se mantuvo estable desde la etapa de los 14 años hasta la etapa de los 17 años en adelante. No se observó una mejoría de la sensibilidad a la insulina en pacientes post pubertad. Los cambios en la sensibilidad a la insulina en etapas consecutivas fueron paralelos a los cambios en la dosis de insulina. La falta de mejoría en la sensibilidad a la insulina en pacientes post pubertad puede deberse en parte tanto al aumento de la cantidad de grasa visceral como a la disminución de la actividad física, aunque es una especulación.

A nivel psicológico también se producen cambios, ya que van a experimentar cambios en el cuerpo o signos como cambio de voz, más salida de bello en extremidades y genitales o acné en la cara, algunos de estos aspectos se van a ver influenciados por la diabetes. También es importante saber que muchas mujeres van a sufrir muchos cambios ya que es en la etapa donde aparece la menstruación, por ello puede ser probable que días anteriores a que se produzca, los niveles de azúcar en sangre aumenten y deban suministrarse más dosis de insulina en el cuerpo para remediarlo. Por el contrario si no tienes bien regulada la diabetes, se puede dar el caso que se produzcan irregularidades en la menstruación.

En cuanto a cómo afectan estos cambios al nivel de la glucosa, sabemos que el aumento en los niveles plasmáticos de las hormonas como en este caso es la del crecimiento que se altera en su mayoría durante la adolescencia, es que aumenta durante la madrugada y en las primeras horas del día y esto va a provocar que cuando se levanten estos pacientes tengan hiperglucemias, es decir, el control glucémico aumentado. Otro tipo de hormona que se altera en nuestra adolescencia es la hormona corticoide, ya que esta tiene efecto hiperglucemiante, esta va a tener los niveles más altos durante la madrugada y primeras horas de la mañana a al igual que pasaba con la del crecimiento, por lo que podría verse afectado con las posibles hiperglucemias mañaneras que suceden en esta etapa. Estos cambios en la glucemia van a ser irregulares y se van a mantener durante toda la adolescencia.

De Lima et al. (2017), saca como conclusión en su estudio que los adolescentes (10-15 años) con DT1, tenían niveles más bajos de actividad física y aptitud cardiorrespiratoria que sus compañeros sanos. Aproximadamente dos tercios de los pacientes con DT1 no alcanzaron la recomendación mínima que pusieron en su estudio de actividad física aeróbica de 60 min al día o 300 min a la semana, en comparación con la mayoría de los participantes sanos que cumplieron con esta recomendación. Los adolescentes con una puntuación de índice de masa corporal (IMC) más baja y que dedicaron más tiempo a la actividad física intensa también mejoraron el control glucémico. En sus hallazgos respaldan la noción de que se debe alentar a las personas con DT1, a que realicen actividad física aeróbica de manera regular para que aumenten su GED y reduzcan el tiempo sedentario.

En esta etapa hay que tener en gran cuenta la HbA1c, ya que en esta etapa si se mantienen niveles bajo de la misma, es decir, por debajo del 7%, se van a relacionar con menos complicaciones vasculares en el futuro, pero es muy difícil que suceda, ya que son épocas de cambios y además se produce cambios drásticos de hiperglucemias e hipoglucemias no esperadas. Para ello puede ayuda un sistema de monitorización de la glucosa en sangre, en la que se pueda medir la cantidad de glucosa que se tiene en diferentes momentos del día y de esta forma ajustar la insulina necesaria para las comidas.

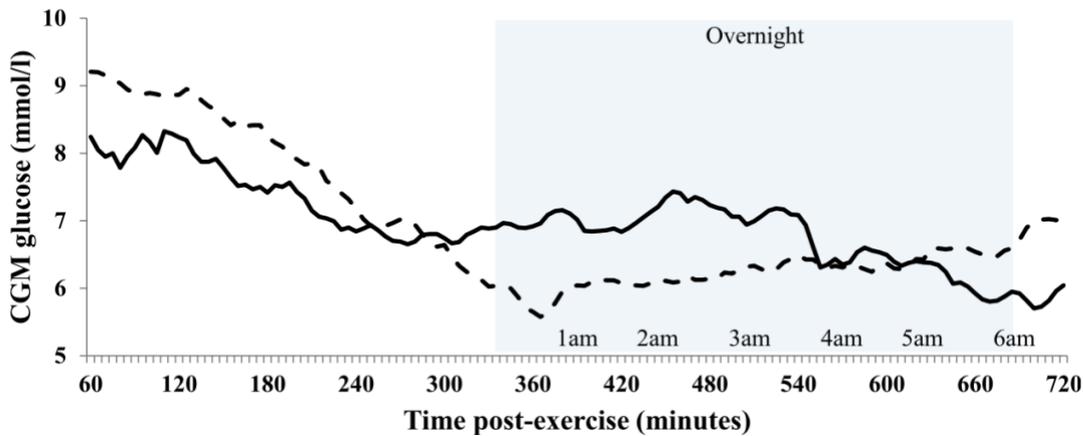
1.6 Ejercicio aeróbico y diabetes

El ejercicio aeróbico es el tipo de actividad física de intensidad moderada que se mantiene durante un mínimo de 30 min con el objetivo de mejorar la capacidad cardiorrespiratoria y la salud de la persona que lo practica. Además como beneficios nos va a aportar acondicionamiento cardiovascular, disminución de padecer enfermedades del corazón, bajar la presión arterial, quemar grasas, mejorar la función pulmonar y mejorar el estado de ánimo entre otros muchos beneficios. Esto se produce porque el deporte hace que aumente la demanda de glucosa ya que esta se utiliza como fuente de energía, además en presencia de insulina el ejercicio va a actuar de forma sinérgica y así permitir que la glucosa entre en las células y aumentando la sensibilidad de sus receptores en los tejidos periféricos. En personas diabéticas, en este caso de tipo 1, el ejercicio aeróbico va a aumentar la sensibilidad a la insulina, haciendo de esta forma una mejor entrada de la glucosa en nuestras células, pero para que sea efectivo los pacientes diabéticos van a tener que hacer actividad física diaria de manera continua y regular, teniendo en cuenta factores como la duración, la intensidad o el momento del día dónde se realiza. Además, van a tener que cuidar más de cerca los niveles de glucemia para prevenir hipoglucemias, midiéndose antes, durante y después del ejercicio. Ya que cuando se practica ejercicio de manera regular, el organismo va a hacer adaptaciones positivas, aumentando la capacidad cardiaca y pulmonar, mejorando la eficiencia para utilizar la energía disponible en este caso ya que es ejercicio aeróbico la glucosa, las reservas de glucógeno y las grasas.

En el estudio de Yardley et al. (2012), en el que hace una comparación del efecto del ejercicio aeróbico respecto al ejercicio anaeróbico en personas DT1 y nos lo muestra gráficamente en la figura 2, concluyó en sus resultados que aunque la frecuencia de ambos eventos hipoglucémicos no difirió entre ambas sesiones de ejercicio (aeróbico y anaeróbico), la duración, y la profundidad de la hipoglucemia tendió a ser más prolongada y más severa después del ejercicio aeróbico a diferencia del ejercicio anaeróbico. Además comentó, que la hipoglucemia se redujo en ambos casos y que se observaron beneficios de realizar ejercicios de resistencia antes del ejercicio aeróbico, siendo esta combinación la más adecuada para estos pacientes, siendo el gasto energético total (GET) igual entre ambas sesiones experimentales.

Figura 2.

Efecto de un trabajo aeróbico y anaeróbico sobre la glucosa en un diabético tipo 1 (DT1)



Nota. El gráfico representa la glucosa media, medida por la monitorización continua de la glucosa de 1 a 12 h, después del ejercicio aeróbico (línea discontinua) y el ejercicio de fuerza (línea continua). Tomado de “Effects of Performing Resistance Exercise Before Versus After Aerobic Exercise on Glycemia in Type 1 Diabetes” por J. Yardley, 2012, *Diabetes Care*.

También en el estudio de Wróbel et al. (2018) donde hace comparativa de ambas modalidades de ejercicio nos explica que, entiende el ejercicio aeróbico como cualquier tipo de ejercicio físico que es capaz de involucrar grandes grupos de músculos con una intensidad moderada durante un período de tiempo más largo para mantener un aumento de la frecuencia cardíaca (FC), la peculiaridad de este ejercicio es que va a necesitar mayor cantidad de oxígeno para producir trifosfato de adenosina (ATP) para su realización. Como ejemplos de ejercicios aeróbicos podemos encontrar montar en bici, correr, andar, trotar y correr, entre otros tipos de ejercicios aeróbicos, siendo estos los más comunes en realización de la sociedad. Del mismo modo nos explica la diferencia que tiene el ejercicio aeróbico respecto al ejercicio anaeróbico y es que este es independiente del oxígeno exógeno y requiere de un metabolismo anaeróbico como fuente de energía, ya que son fases explosivas las que se van a realizar. Durante el ejercicio físico de este tipo se utilizan diferentes fuentes de energía en función de su intensidad y duración, ya que la modificación de ambas variables es lo que va a producir que nuestro cuerpo use un tipo de utilización de energía respecto a otros.

Según los Estándares de Atención Médica en Diabetes publicados por la Asociación Americana de Diabetes en 2021, nos explica que el ejercicio físico de manera regular aporta beneficios para la salud ya no solo en personas sanas sino en personas DT1 como los DT2. Pero no solo un buen plan de ejercicio nos vale para tener buen control metabólico, sino que debemos de ayudarnos de una buena dieta y nutrición adecuadas, ya que la combinación de todas ellas es la mejor forma de llevar un buen control. También nos explican en esta revista que, durante muchos años, un ejercicio aeróbico moderado y de larga duración correspondiente al 50-70% de la frecuencia cardíaca máxima (FCM) se consideró la forma ideal de ejercicio físico, ya que se perdía peso si se realizaba de forma regular. Por ello, la mayoría de las sociedades de diabetes recomiendan a los pacientes, incluyendo aquellos con DT1, que realicen 150 minutos de ejercicio moderado o vigoroso por semana, con un período de descanso de no más de 2 días. Indican además para un mejor control y mejoría en la salud de estas personas, realizar entrenamiento de resistencia 2-3 veces por semana. (Standars of Medical Care in Diabetes, 2021).

En cuanto a las adaptaciones que se van a producir en nuestro cuerpo por el ejercicio aeróbico vamos a encontrar dentro de las estructurales y morfológicas las siguientes:

- Reducción de la frecuencia cardíaca en reposo (FCR) y durante el ejercicio submáximo (aumento del tono parasimpático y disminución del simpático).
- Aumento del volumen del plasma sanguíneo.
- Aumento del ventrículo izquierdo (aumentando el nivel de eyección) en reposo y en ejercicios submáximos.
- Aumento de la ventilación durante el ejercicio máximo y reducción durante el submáximo.
- Aumenta el número de capilares sanguíneos, reduciendo la distancia de difusión del oxígeno.
- Disminución de la resistencia al flujo sanguíneo en músculos entrenados.
- Aumenta el uso de grasas como fuente de energía.

También se van a presentar adaptaciones a nivel fisiológico y funcional de las cuales vamos a encontrar:

- Aumento del transporte de oxígeno a las mitocondrias.
- Aumento de la sensibilidad a la insulina.
- Aumento de las reservas de ATP, fosfocreatina (CP) y glucógeno.
- Aumento de mitocondrias y enzimas asociadas.

El ejercicio aeróbico independientemente de la edad, sexo, peso y capacidad atlética tiene muchos beneficios para nuestra salud, además con un continuo plan de ejercicios vamos a conseguir adaptaciones en nuestro cuerpo que con el paso del tiempo nos va a ayudar a mejorar en nuestra modalidad aeróbica. En cuanto a algunos de esos beneficios encontramos; una mejora de la respiración ya que el volumen máximo de oxígeno ($VO_{2\text{máx}}$) va a estar definido por la capacidad aeróbica de cada persona y con ello de manera indirecta vamos a mejorar nuestra resistencia. Otro beneficio va a ser la pérdida de peso ya que vamos a modificar el metabolismo para quemar las grasas de manera más rápida y de forma eficaz evitando que los HCO, se conviertan en tejido adiposo. También vamos a encontrar la mejora de la circulación sanguínea ya que el ejercicio aeróbico disminuye la PA, además el corazón va a aumentar el grosor de su pared incrementando la capacidad de bombeo de sangre y la FC. Por otro lado también hay que tener en cuenta que el sujeto va a mejorar a nivel psicológico ya que este tipo de ejercicio va a aportar bienestar general de manera continua, fortaleciendo la mente y aumentando la capacidad de superación para enfrentarse al día a día, mejorando con ello el estado de ánimo.

Por último, un beneficio de gran importancia es que esta modalidad de ejercicio es ideal para controlar enfermedades crónicas cómo es el caso de la DT1, ya que va a ayudar a regular el control glucémico de los pacientes que la padecen, también es beneficioso con otro tipo de enfermedades crónicas como puede ser el cáncer, la artritis o si tienes enfermedades coronarias, además de enfermedades respiratorias o degenerativas donde en ambas también va a ser beneficioso y va a ayudar a ese tipo de pacientes a llevar de mejor manera su enfermedad.

Algunas de las barreras que se presentan en las personas diabéticas adolescentes en su día a día que les dificulta la regularidad en la práctica deportiva son según algunos estudios como en el de Brazeau et al. (2008), donde nos explica que existen cuatro barreras que dificultan la práctica deportiva que son; el miedo a la hipoglucemia, el tiempo, la pérdida de control sobre la diabetes y el bajo nivel de condición física. Sacaron en conclusión que los individuos con mayores barreras percibidas para la realización actividad física tenían un peor control glucémico, siendo posible que los pacientes capaces de manejar las barreras para el ejercicio físico sean también los que puedan hacer frente a otros problemas.

También hay que tener en cuenta que el periodo de adolescencia es una etapa en la que se producen muchos cambios, ya que es una etapa que está en continua transición y pasamos de ser niños y depender del mundo de los adultos, a ser joven y comenzar a hacerse cargo de su vida, lo que da situaciones de rebeldía.

Por otro lado en el estudio de Roberts et al. (2002) los resultados que obtuvieron es que una de las principales limitaciones del entrenamiento físico como herramienta en el manejo de las personas DT1, en adolescentes es el muy bajo nivel de cumplimiento de los pacientes con el ejercicio intenso regular cuando no se supervisa de cerca del período de entrenamiento, se pidió a los pacientes que se ejercitaran solos con tanta regularidad e intensidad como durante la sesión de entrenamiento. Doce semanas después del final del período de entrenamiento supervisado, los niveles de actividad de los pacientes entrenados habían disminuido, como lo indica el regreso de su capacidad aeróbica a niveles previos al entrenamiento.

Lo que hay que tener cuidado al hacer un plan de ejercicios a una persona diabética ya que no sólo debemos de centrarnos en su enfermedad, sino que debemos de ver cómo es su día a día y que barreras y dificultades presenta, para que de esta forma hagamos un plan que se ajuste a ellos.

1.7 Ejercicio anaeróbico y diabetes

El ejercicio anaeróbico es el tipo de actividad física de intensidad media- alta en el cual no se ve implicada la respiración para poder realizarlo, el objetivo de esta modalidad de ejercicio es conseguir fuerza y más muscular mediante movimientos con niveles de velocidad altos. Durante este tipo de ejercicio se utilizan diversas formas de fuentes de energía según la intensidad y la duración del ejercicio, pero la actividad se va a clasificar en función del sistema que se utilice, ya que durante el ejercicio de alta intensidad como lo es esta modalidad, casi toda la fuente de combustible metabólico va a ser la glucosa, mientras que durante el ejercicio de baja intensidad o también conocido como modalidad aeróbica, aumenta la utilización de grasas y disminuye la oxidación de la glucosa.

Dentro de esta modalidad de ejercicio encontramos dos tipos que son el ejercicio anaeróbico láctico y el ejercicio anaeróbico aláctico.

Por un lado el tipo láctico es aquel ejercicio con esfuerzos intensos que va a durar entre 20 - 120 segundos, hasta 45 segundos vamos a trabajar a una intensidad cercana al 95% en la cual se va a usar el glucógeno como fuente de energía principal y va a existir una fabricación máxima de lactato, sin embargo de 45-120 segundos vamos a trabajar en una intensidad cercana al 90% donde se va a seguir usando el glucógeno como fuente principal de energía pero en este caso la producción del lactato no va a llegar al máximo.

Por otro lado, el tipo aláctico van a ser ejercicios muy cortos y explosivos, los cuales se van a diferenciar en dos modelos; de menos de 5 segundos se van a trabajar a un 100% de intensidad y la fuente principal de energía va a ser el ATP y entre 5-20 segundos la intensidad no va a ser del 100%, ya que al realizarlo en más tiempo no va a ser posible mantener esa intensidad y aquí además de ser nuestra fuente de energía el ATP, también lo va a ser la CP, ya que estas dos vías de obtener energía son de corta duración pero de muy rápida obtención.

Como sabemos el ejercicio con un buen control y conocimiento sobre el mismo es saludable para la salud y está recomendado para todas las personas indistintamente de ser DT1, esta modalidad anaeróbica en específico tiene algunos beneficios propios como pueden ser los siguientes:

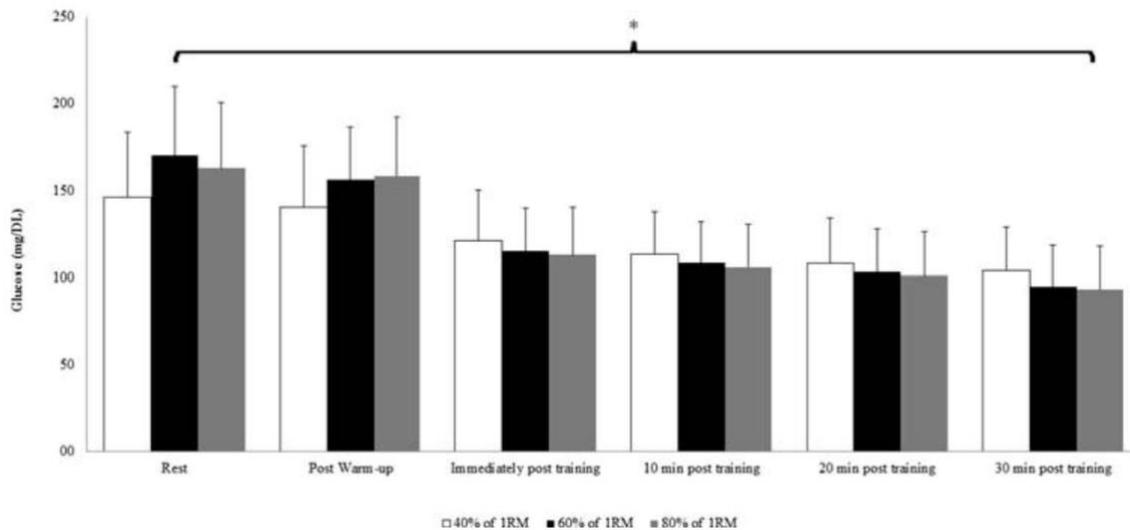
- Aumento de la fuerza.
- Aumento de la masa muscular.
- Fortalecimiento óseo.
- Fortalecimiento y protección de las articulaciones.
- Mejora la capacidad de nuestro cuerpo para eliminar sustancias de desecho más rápido.

Además van a hacer una mejora de calidad de vida ya que al fortalecer la estructura muscular esquelética se va a adquirir mayor eficiencia en las tareas de la vida cotidiana. También va a ayudar a prevenir enfermedades ya que esta modalidad de ejercicio va a fortalecer nuestro sistema inmune y va a prevenir enfermedades como la diabetes, la artritis o afecciones cardiovasculares entre otras, junto con la ayuda para llevar un mejor control como es en el caso de la diabetes.

En cuanto como responde el organismo de una persona con DT1 ante esta modalidad de ejercicio, en el artículo de Lukács y Barkai (2015), donde hicieron una revisión de 9 artículos que hacían correlación sobre el efecto de tareas aeróbicas y anaeróbicas sobre pacientes con DT1, concluyeron que el entrenamiento de alta intensidad o también conocido como ejercicio anaeróbico puede aumentar el nivel de glucosa en la sangre debido a la liberación de adrenalina y noradrenalina, que estas hormonas a su vez van a estimular al hígado para que libere glucosa más rápido de lo normal, ya que esta va a ser una de las principales diferencias entre ambas modalidades de ejercicio y su efecto en DT1. Sin embargo, en el estudio de Silveira et al. (2014) donde trabajó sobre 6 jóvenes diabéticos con DT1 concluyó que además este efecto en trabajos anaeróbicos va a depender de la intensidad a la que se trabaje, ya que el nivel de glucosa en sangre va a variar como podemos ver en la figura 3.

Figura 3.

Cantidad de glucosa en sangre tras un trabajo anaeróbico a diferentes intensidades.



Nota. El gráfico representa la glucosa media, medida tras un ejercicio al 40% (línea blanca), 60% (línea negra) y al 80% (línea gris) del RM de sujetos con DT1. Tomado de “Acute Effects of Different Intensities of Resistance Training on Glycemic Fluctuations in Patients with Type 1 Diabetes Mellitus” por A.P. Silveira, 2014, *Research in Sports Medicine*.

Esta modalidad de ejercicio lo que produce es que nuestras reservas de glucógeno se acaben antes ya que al ser a altas intensidades nuestro cuerpo va a usar como fuente principal el glucógeno a diferencia del aeróbico no va a usar las grasas, en el estudio de Yardley et al. (2012), nos explican que en personas sin diabetes, la hiperglucemia estimula los mecanismos normales de control de la glucosa, lo que conduce a la liberación de insulina para promover el almacenamiento de glucosa y devolver los niveles de glucosa en sangre a la normalidad, sin embargo para los DT1, la destrucción autoinmune de las células beta del páncreas productoras de insulina resulta en una falta completa de producción de insulina endógena. Como tal, los niveles de insulina circulante durante el ejercicio van a depender del momento y la cantidad de insulina introducida antes del ejercicio, por lo que va a ser necesario una planificación cuidadosa y ajustes en la dosis de insulina antes del ejercicio, ya que explica que en el ejercicio breve de alta intensidad provoca un aumento en la producción de glucosa durante el ejercicio y con ello los requerimientos de insulina aumentan para ayudar a restablecer la homeostasis de la glucosa, por lo que sin un buen control estos pacientes tenderían a la hiperglucemia.

2. Justificación

Actualmente la diabetes mellitus tipo 1 o insulino dependiente es una enfermedad crónica que sigue aumentando de manera muy rápida en la sociedad mundial en niños, jóvenes y adultos, siendo estas dos primeras etapas (niñez y adolescencia) donde más casos se originan. En el reciente estudio de Gómez-Peralta et al. (2021), en el que trabajó con datos de la Sociedad Española de Diabetes (SED), nos habla sobre la epidemiología de esta enfermedad y aclara la situación de la DT1 en España, los cuales concluyeron que esta enfermedad supone aproximadamente 1 de cada 10 casos de diabetes que hay en nuestro país, siendo los otros 9 restantes correspondientes al grupo DT2. Es decir, esta cantidad supone que hay unas 90.000 personas que padecen la DT1. Por otro lado, se sabe que esta enfermedad produce complicaciones como puede ser la dislipemia, nefropatías o retinopatías. Además casi la mitad de estas personas con diabetes tipo 1 suelen presentar sobrepeso u obesidad.

Hemos elegido este tema ya que es verdad que la diabetes es una enfermedad muy conocida teniendo en cuenta este suceso y que se padece en nuestra sociedad junto con el cáncer y el Alzheimer. Sin embargo la DT1 es mucho más compleja y menos común ya que sus pacientes necesitan la inyección de la insulina para poder sobrevivir, teniéndola que aplicar en todas las comidas y momentos de hiperglucemia siendo indiferente de si practican o no actividad física. Además su rápido crecimiento en nuestra sociedad y el aumento de malos hábitos en niños y adolescentes hace que sea interesante a la vez que necesario hacer estudios de como interfiere el deporte en estos pacientes y haciéndoles ver y saber que con ello va a mejorar su calidad de vida y su salud.

Por ello, hemos pensado llevar a cabo el presente estudio, en el que se pueda ver cómo afecta la modalidad de ejercicio aeróbica y de fuerza en estos pacientes, ya que al realizar la búsqueda bibliográfica, la mayoría de los estudios hacen este ensayo en pacientes tipo 2 y ahora con la facilidad que nos dan los sensores de monitorización de la glucosa los cuales nos dan valores cada 5 minutos de la glucosa del paciente, vamos a poder hacer un seguimiento más real y efectivo.

3. Objetivos e hipótesis

3.1 Objetivo principal

- Comparar el efecto de un entrenamiento de modalidad aeróbica y un entrenamiento de fuerza durante 3 meses en la bioquímica basal de los adolescentes diabéticos tipo 1.

3.2 Objetivos secundarios

- Analizar cómo afecta ambas metodologías de entrenamiento a las hipoglucemias e hiperglucemias de los adolescentes con DT1.
- Observar si estos modelos de entrenamiento suponen una mejora en la capacidad física y capacidad respiratoria de los adolescentes con DT1.
- Observar si estos modelos de entrenamiento suponen una mejora en la capacidad de fuerza aplicada de los adolescentes con DT1.

3.3 Hipótesis

- **Afirmativa**
Existe diferencia en el efecto que produce un trabajo aeróbico respecto a un trabajo de fuerza durante 3 meses en la bioquímica basal de personas adolescentes con diabetes tipo 1.
- **Nula**
No existe diferencia en el efecto que produce un trabajo aeróbico respecto a un trabajo de fuerza durante 3 meses en la bioquímica basal de personas adolescentes con diabetes tipo 1.

4. Metodología

4.1 Comité de ética

El presente estudio seguirá las bases establecidas en la declaración de Helsinki (The World Medical Association (WMA), 1964).

Puesto que, en este estudio se va a realizar con personas adolescentes implica que algunos de ellos sean menores de edad, para ello habrá que pasar por el comité de ética de la Comunidad de Madrid la cual dicta que habrá que hacer entrega a los participantes y sus tutores legales una hoja informativa acerca de las características del estudio.

Asimismo, se informará a todos los participantes sobre el procedimiento de la intervención y estos deberán de firmar un consentimiento informado para poder participar en el estudio. A los participantes menores de edad, el consentimiento informado lo firmarán los padres y los sujetos el asentimiento. (Anexo1).

4.2 Diseño

El tipo de estudio que se va a llevar a cabo es un ensayo clínico de control aleatorizado, tomando como referencia el estudio de Särnblad et al. (2021), ya que es un estudio reciente en el cual hizo un estudio de las mismas características con la diferencia que solo lo aplicó a varones adolescentes. Para ver la diferencia en el efecto de un trabajo aeróbico respecto a un trabajo de fuerza sobre adolescentes con DT1 es la mejor alternativa. Este estudio nos va a permitir ver qué efecto tiene un programa de 3 meses de ejercicio aeróbico y de fuerza sobre dos grupos con las mismas características sobre este tipo de población con esta patología específica. Todo ello a partir de una muestra de sujetos con la misma patología (DT1), donde el programa de ejercicios va a ser igual para cada grupo, el grupo AE y el grupo AN.

Las características de nuestro estudio van a ser:

- El tipo de estudio será un ensayo clínico de control aleatorizado puesto que se quiere comprobar la efectividad de un trabajo aeróbico y un trabajo de fuerza sobre adolescentes DT1 y analizar los efectos que se presentan tras 3 meses de aplicación.

- Con respecto a este estudio vamos a dividir los grupos de manera aleatoria y en este caso el examinador no va a saber a qué grupo va a ser destinado cada sujeto después de ser valorado.
- El diseño de este estudio se va a realizar de forma paralela ya que se realiza un único trabajo por grupo durante todo el estudio.

4.3 Muestra y formación de grupos

Para la elección de la muestra de nuestro estudio se ha realizado un muestreo no probabilístico por conveniencia, donde nuestra muestra va a ser los pacientes con DT1 que cumplan los criterios de inclusión y exclusión del hospital de Fuenlabrada y la asociación de diabéticos de Fuenlabrada, que tengan un diagnóstico de la enfermedad ≥ 5 años. El tamaño de la muestra será escogido de los adolescentes de entre 16-19 años que presenten DT1. Por tanto, la muestra de nuestro estudio de ver el efecto de un trabajo aeróbico y de fuerza en sujetos adolescentes en esta patología específica (DT1) será un total de 20 sujetos, dividiéndolos en dos grupos de 10 sujetos de manera aleatoria, siendo acorde con la cantidad de personas que se suele utilizar en estudios con características parecidas como en el de Roberts et al. (2002) y Wróbel et al. (2018).

Para ser aceptados en el estudio, estos pacientes deben de haber sido diagnosticados de DM de tipo 1 y deber cumplir los siguientes criterios de inclusión y de exclusión que van a ser revisados por un médico especialista de esta patología y que se muestran a continuación:

- **Criterios de inclusión:**
 - Paciente registrado en el hospital de Fuenlabrada o en la asociación de diabéticos de Fuenlabrada.
 - Diagnóstico de la enfermedad ≥ 5 años.
 - Edad comprendida entre 16 y 19 años.
 - Deben tener una HbA1c (%) de $7,2 \pm 0,5$.
 - Inyecciones mínimas diarias de insulina 5 ± 1 .
 - Mediciones de la glucosa diarias 4 ± 1 .

- **Criterios de exclusión:**

- Paciente con otras enfermedades que presenten contraindicaciones al realizar deporte diagnosticadas por su médico.
- Pacientes que haya presentado complicaciones más agudas por un mal control de la DT1.
- Pacientes que no puedan realizar el estudio durante los 3 meses en los que se realiza.
- Pacientes que no tengan las tardes libres para realizar el estudio.

En cuanto al grupo de estudio, en dónde en la tabla 3 se puede ver en qué etapa se desarrollará esta parte del estudio, antes de tener la muestra total, deberán de leer la hoja de información y firmar el consentimiento para realizar el estudio (Anexo 1), posteriormente los 20 sujetos se dividirán de forma aleatoria en dos grupos a través de la aplicación informática Epidat 3.1. En ella crearemos el grupo de trabajo AE y otro grupo de trabajo AN.

Basándonos en la metodología aplicada en el estudio de Särnblad et al. (2021), el grupo de AE realizará las sesiones en un cicloergómetro en el cual comenzarán con un calentamiento de 5 min a un 30% del $VO_{2m\acute{a}x}$, después realizarán un trabajo de 45 min en el cicloergómetro al 60% del $VO_{2m\acute{a}x}$, teniendo un RPE 6/10 que será recogido al final de cada sesión. Para finalizar con una vuelta a la calma de 5 min al 30% del $VO_{2m\acute{a}x}$.

Por otro lado el grupo de AN, comenzará con una fase de calentamiento en el cicloergómetro de 5 min, posteriormente el trabajo se dividirá en dos bloques que se irán alternando en los días de entrenamiento, haciendo uno por sesión, en uno de ellos se hará los ejercicios de extensión de cuádriceps, curl de isquios y prensa de piernas horizontal y en el otro bloque se harán los ejercicios de press militar, press de banca y jalón polea. Todos estos ejercicios se trabajarán a un 70% RM, de cada bloque se realizarán 3 series de cada ejercicio, habiendo un descanso de 2 minutos y medio entre series y realizando 10 repeticiones siguiendo las recomendaciones de la American College of Sports Medicine (2017). Para finalizar se hará una vuelta a la calma de 5 min en cicloergómetro.

Ambas sesiones de ejercicio se realizarán de manera paralela y en el mismo espacio encargándose dos preparadores físicos de un grupo (AE) y otros dos preparadores físicos del otro grupo (AN) que se encargarán de explicar e ir corrigiendo los aspectos que vean mejora para realizar las sesiones de la mejor manera posible. Se llevarán a cabo 3 días por semana, siendo lunes, miércoles y viernes los días que se van a realizar, teniendo en cuenta que nuestros sujetos son adolescentes se harán las sesiones por la tarde, de esta forma evitando que coincida con los horarios escolares o universitarios de los sujetos. También se podrá aplicar cambios en caso de ser festivo en esos días u otros problemas de tal manera que al final de esa semana se hayan realizado 3 sesiones, de esta forma tendrán de descanso entre sesiones de 48 horas. Al ser 3 meses de estudio se realizarán un total de 36 sesiones en ambos grupos, se realizará en los meses de septiembre, octubre y noviembre eligiendo estos meses ya que hay menos días festivos.

4.4 Variables y material de medida

Dentro de las variables en nuestro estudio vamos a diferenciar las siguientes:

- **Variables independientes:**

- Como nuestro estudio es un ensayo clínico aleatorio las variables independientes van a ser activas, en nuestro caso estas variantes van a ser los dos protocolos de ejercicios que hemos utilizado para ver si existen cambios en estos pacientes con esta patología específica (DT1).
- Estas dos variables independientes activas van a ser el trabajo aeróbico (AE) y el trabajo de fuerza (AN). En ambos trabajos como se ha mencionado antes, serán aplicados 3 días por semana con 48 horas de descanso entre sesiones durante 12 semanas o lo que es igual a 36 sesiones.

Para ver cuál ha sido el volumen del ejercicio en la sesión de cada sujeto, usaremos el sRPE (Session Rating of Perceived Exertions), mediante la escala de Borg en la que se preguntará al final de cada sesión a cada participante cual ha sido su rango de esfuerzo percibido en una escala del 1 al 10.

- **Variables dependientes:**

Dentro de este apartado de variables vamos a dividirlos en dos partes, por un lado, vamos a tener las variables que se van a medir mediante una analítica antes de empezar el estudio y que se volverán a medir después de las 36 sesiones. Es decir, al terminar el programa de ejercicios, todas ellas van a ser variables cuantitativas discretas. Para poder llevarla a cabo los pacientes deberán venir en ayunas ambos días con al menos 8 horas, estas variables van a ser aquellas que afectan al control metabólico del paciente que son las siguientes:

- Hemoglobina glicada (HbA1c): encargada de medir el nivel promedio de glucosa en sangre cada 3 meses, su rango normal en una persona sana es menor al 5,7%, la prediabetes en un rango de 5,7 a 6,4% y las personas diabéticas por encima de 6,4%, teniendo en cuenta que para esta población tener menos de un 7% es un buen control de la enfermedad.
- Colesterol Total: encargada de medir la cantidad total de colesterol que tiene una persona en sangre, sus valores normales son de 110-200 mg/Dl.
- Colesterol HDL: lipoproteínas de alta densidad, sus rangos normales 40-80 mg/Dl.
- Colesterol LDL: lipoproteínas de baja densidad, sus rangos normales 30-130 mg/Dl.
- Triglicéridos: son los principales constituyentes de la grasa corporal en personas, sus rangos normales 50-150 mg/Dl.
- Creatina Kinasa (CK): es la enzima encargada de catalizar la creación de CP, sus rangos normales 20-171 mg/Dl.

Cuando se le realiza una analítica a una persona con DT1, si eres menor de edad, es decir, hasta los 18 años se hace cada 3 meses, sin embargo si eres mayor de edad se realiza cada 6 meses. En ambos casos se produce un seguimiento personal por el médico especialista, hay más marcadores que se observan y se analizan de la analítica como por ejemplo la alanina aminotransferasa, la gammaglutamil transferasa o la creatinina entre otras muchas.

Por otro lado, vamos a tener las variantes dependientes que nos van a dar respuesta a nuestros objetivos secundarios:

- Control glucémico: variable cuantitativa continua: mediante el uso de un glucómetro (Exactive Vital UVP315), mediremos a los pacientes antes de empezar la sesión y al finalizarla, viendo su glucosa en sangre.
- La capacidad física y respiratoria: variable cuantitativa discreta. Se medirá mediante la prueba incremental en el cicloergómetro (Monark Ergomedic 874e) aumentando 10 watios cada minuto y recogiendo estos datos con un ergoespirómetro (Fitmate Med Cosmed) para determinar el VO₂máx y determinar su 60% de VO₂máx . Se hará antes y después de la intervención y a las 18 sesiones. (Särnblad et al., 2021).
- La capacidad de fuerza aplicada: variable cuantitativa discreta. Se medirá mediante el test de 1RM, aumentando el peso entre un 2,5% y 5% después de cada levantamiento con éxito, con 2 minutos de recuperación, para determinar el 70% RM. Se hará antes y después de la intervención y a las 18 sesiones. (Särnblad et al., 2021).
- **Variables intervinientes:**
 - Edad: variable cuantitativa discreta, medida en años.
 - Sexo: variable cualitativa nominal, hombre o mujer.
 - Altura: variable cuantitativa continua, medida en centímetros.
 - Peso: variable cuantitativa continua, medida en kilogramos.
 - Experiencia en el deporte: variable cualitativa ordinal, determinar si es deportista, hace algo de deporte o por el contrario no hace deporte.

4.5 Procedimiento

- **Etapas del desarrollo:**

Una vez se tenga la primera parte del estudio formada conociendo el diseño de nuestro estudio, la muestra y formación de grupos que se va a realizar, deberemos de tener claro los criterios de inclusión y exclusión. También, se deberán de diferenciar las variables que se plantean y sus diferentes tipos para saber cómo se van a analizar cada una de ellas y por último, concretar que material de medida se va a utilizar para llevar el seguimiento en las diferentes sesiones, así como en las mediciones previas y posteriores al estudio, los siguientes pasos se van a ver reflejados en la tabla 3.

Tabla 3.
Etapas de desarrollo del estudio.

<i>Etapa</i>	<i>Desarrollo</i>	<i>Profesional responsable</i>
1 ^o	Reunirse con aquellos responsables de estos centros y empezar a planear la búsqueda de sujetos.	IP
2 ^o	Reclutamiento de sujetos participantes en el estudio. Serán obtenidos de las hospitales y asociaciones de Fuenlabrada y se someterán a una evaluación médica, además deberán cumplir los criterios de inclusión y exclusión del estudio. Leerán la hoja de información y firmarán el consentimiento informado (Anexo 1).	IP; EF; ME
3 ^o	Evaluar las variables que se plantean en nuestro estudio.	IP; ME; ES
4 ^o	Formación de los dos grupos 10 sujetos grupo AE, 10 sujetos grupo AN y recogida de medidas.	IP; PF;
5 ^o	Inicio del estudio de ambos grupos de investigación hasta llegar a las 36 sesiones. Tomando el control glucémico y RPE al principio y al final de cada sesión y quedando recogidos dichos datos. Las demás variables mediante analítica antes de comenzar y al terminar el estudio.	IP; PF; EF; ES
6 ^o	Reevaluación de las variables propuestas al final del estudio.	IP
7 ^o	Obtención de los resultados, evaluación y consiguiente discusión sobre los datos obtenidos.	IP; PF; EF; ME; ES
8 ^o	Finalmente redactar estos resultados, explicando los efectos que han aparecido y presentación del proyecto.	IP

Nota. Tabla con las diferentes etapas que van a realizarse en el estudio, explicando en cada una de ellas que procedimiento se va a hacer y que profesional se encarga de realizarla. IP: Investigador Principal; PF: Preparador Físico; EF: Enfermeros/as; ME: Médico Experto en diabetes; ES: Estadístico. Elaboración propia.

- **Tareas del equipo investigador:**

El equipo investigador estará formado por un médico especialista en diabetes, dos enfermeros/as, dos analísticas clínicos, cuatro preparadores físicos con la carrera de CAFyD y un estadístico con sus respectivas carreras y formaciones reflejadas en la tabla 4, los cuales van a tener un rol diferente en el estudio para que salga de manera correcta:

En primer lugar el estudio va a contar con la figura del investigador principal que va a ser un graduado en ciencias de la actividad física y el deporte + fisioterapia, en la realización de este estudio va a actuar como otro preparador físico, ayudando al seguimiento de las sesiones y la recogida de datos, además también se va a encargar de gestionar el plan para llevar a cabo el estudio y presentar el informe final.

También, vamos a contar con el médico especialista en diabetes que va a ser el encargado de hacer una primera valoración a los sujetos para ver si estos están en correctas condiciones para realizar el estudio, su siguiente función va a ser tras el análisis de sangre cuando se obtengan los resultados, el cual se va a encargar de dárselo a todos los sujetos explicándoles cómo está su control metabólico. Finalmente, al final del estudio cuando se haya hecho el análisis de sangre final y se tengan los resultados, volverá a reunirse con todos los sujetos para explicarles cómo es su control metabólico y si han aparecido cambios tras el estudio.

Por otro lado la figura de los enfermeros, su primera función va a ser tras la valoración de los médicos ya que se van a encargar de hacer un análisis de sangre a todos los sujetos, su siguiente función va a ser en todas las sesiones ya que deberán de estar con el grupo por si los sujetos tuviesen algún problema con su control glucémico. Además, de la ayuda de toma de datos del nivel glucémico en sangre pre-ejercicio y post-ejercicio de cada sesión, su última función aparecerá tras la conclusión de las 36 sesiones, dejando un día de descanso los cuales se encargarán de hacer un análisis a cada sujeto.

En cuanto a los preparadores físicos, su primera función va a ser la de tomar mediciones a los sujetos para ajustar las cargas en las sesiones a lo que demande

cada sujeto, estas mediciones se harán antes de empezar con las sesiones, aquí los preparadores físicos se dividirán en parejas, encargándose dos de ellos del grupo AE y otros dos de ellos del grupo AN. Cogiendo como referencia la metodología de Särnblad et al. (2021), para calcular el VO_2 máx del grupo AE utilizaremos un ergoespirómetro compacto (Fitmate Med Cosmed), con el uso de un cicloergómetro (Monark Ergomedic 874e) y realizaremos una prueba de esfuerzo incremental aumentando la potencia 10 wátios cada minuto, como objetivo de ver los umbrales ventilatorios y el VO_2 máx de manera precisa. En cuanto al grupo de AN para calcular su porcentaje de RM se evaluará utilizando el método de una repetición máxima (1RM). Después del período de calentamiento de 5 min en cicloergómetro, los participantes realizarán pruebas de familiarización. En el test de 1RM, el peso irá aumentando entre un 2,5 % y un 5 % después de cada levantamiento que se realice exitosamente, separado por 2 min de recuperación y posteriormente a la prueba se les determinará cuál es su 70% RM. Para este test se les hará en los 6 ejercicios los cuales son; extensión de cuádriceps, curl de isquios y prensa de piernas horizontal y en el otro bloque los ejercicios de press militar, press de banca y jalón polea, pero utilizaremos 2 días para la medición dejando un descanso de 48 horas entre sesiones. Estos mismos test se volverán a realizar a las 18 sesiones. Otra de las funciones continuas va a ser estar en las sesiones para explicar los ejercicios, dar feedback y recoger cuál ha sido el RPE de cada sujeto en esa sesión.

Por último encontramos la figura del estadístico, en primer lugar se va a encargarse de elegir el tipo de diseño de estudio y aleatorizar la muestra, se va a encargarse de clasificar las variables según su tipo, recoger todos los datos que se le vaya facilitando por el resto del equipo investigador e introducirlos en los archivos de SPSS, con los datos que vaya recibiendo va a tener que determinar el contraste de la distribución normal, la estadística descriptiva de las variables tanto de las cuantitativas como de las cualitativas y la estadística de asociación e inferencial.

Todos los miembros del equipo se reunirán antes de comenzar con el estudio, una vez se tengan reclutados los sujetos y al final del estudio con la finalidad de debatir sobre los resultados obtenidos, extraer conclusiones y de esta forma poder presentar el escrito final, se puede ver reflejado en el calendario del proyecto cuando se van a realizar cada una de las etapas. (Anexo 2).

- **Lugar de realización del estudio:**

El lugar de la realización de este estudio será el centro deportivo y acuático “El Galeón” en Moraleja de Enmedio, hemos escogido este centro, ya que se encuentra muy próximo al hospital de Fuenlabrada, con transporte público que comunica ambos espacios, también cuenta con los espacios y materiales necesarios para poder llevar a cabo nuestro estudio, además hemos hecho un estudio sobre el recinto en el que el establecimiento cuenta con dos salas grandes vacías de 16:00 a 17:00 en la que según su cronograma no se imparten ninguna clase a esas horas. Hemos escogido este horario, ya que al mirar el calendario del centro y ver las actividades que se dan por horas, hemos visto que en ese intervalo de horas no se utiliza ninguna de las dos salas por lo que podríamos reservarlas.

Por un lado, encontramos una de las salas que es de gran dimensión en la que podremos estar tanto el equipo investigador como los participantes sin problemas de espacio y que cuenta con el material necesario para llevar a cabo nuestro estudio, pudiendo la cantidad necesaria de cicloergómetros para que se realice el plan de intervención como se ha propuesto, también cuenta con un escenario delantero, dónde podremos colocarnos los preparadores físicos para dar pautas y de esta forma que los participantes puedan ver las indicaciones que se les vayan dando y el feedback sea tanto visual como verbal.

Por otro lado, la sala donde va a trabajar el grupo AN, que cuenta con las 6 máquinas/materiales en los que se pueden entrenar los 6 ejercicios propuestos para el grupo de fuerza y de esta forma los preparadores físicos puedan preparar las sesiones de manera más sencilla. En cuanto al espacio es grande por lo que, no habría problema para situar los diferentes ejercicios con sus respectivas máquinas/materiales que forman la intervención del grupo de fuerza.

Además, el centro cuenta con un gabinete de enfermería por lo que podríamos utilizarlo para realizar las tomas de sangre a los sujetos, al igual que en ese mismo día realizar los test aeróbicos y anaeróbicos para hacer el estudio. Ambos espacios cuentan con baño y los recursos necesarios para que se lleve a cabo el estudio sin problemas.

4.6 Análisis de datos

En cuanto a la recogida de los datos, las variantes intervinientes del estudio (edad, sexo, altura, peso y experiencia deportiva) serán recogidas en la entrevista principal por el médico, las variables dependientes (HbA1c, colesterol total, colesterol HDL, colesterol LDL, triglicéridos y la CK), serán recogidas previas y posteriores al estudio en las analíticas de sangre que se harán a los sujetos. Y las variables dependientes continuas; control glucémico, que esta se recogerá antes y después de cada sesión y RPE que se recogerá solamente después de cada sesión. Todos estos datos sobre las variables se irán recogiendo e introduciendo en un archivo de programa SPSS y posteriormente analizadas por el estadístico del equipo investigador, para que más tarde puedan ser valoradas.

Posteriormente para el análisis estadístico de nuestras variables, nos vamos a encargar de buscar valores atípicos para de esta forma evitar posibles errores en nuestro estudio, además vamos a realizar un valor estadístico básico para cada una de nuestras variables para comparar estas variables de cada uno de los sujetos y entre ellos, para después tener en cuenta a que grupo pertenecen tanto al grupo AE, cómo al grupo AN y poder sacar conclusiones de ambos grupos de trabajo y ver que diferencias se presentan comparándolos.

Para nuestras variables cualitativas, que en nuestro estudio sólo es el RPE, utilizaremos las siguientes pruebas no paramétricas:

- Frecuencia absoluta: este test nos va a indicar el nivel de carga que siente nuestro sujeto en la sesión y con esta prueba vamos a poder ver cuantas veces se repite esa misma sensación de carga a lo largo de todas las sesiones.
- Frecuencia relativa: este test nos va a indicar el nivel de carga que siente nuestro sujeto en la sesión y con esta prueba vamos a poder compararlo con el nivel de carga de los demás sujetos que realizan esa misma sesión de trabajo.

Para nuestras variables cuantitativas utilizaremos pruebas paramétricas, que van a ser:

- Media: esta prueba la vamos a usar para calcular el valor medio de nuestras variables, aunque debemos de tener en cuenta los valores extremos ya que estos pueden tener gran influencia.
- Desviación típica: esta prueba nos va a hacer saber cuánto se van a alejar los valores de la media calculada anteriormente.
- Error estándar de la media: esta prueba nos va a hacer saber cómo se ajusta la media que hemos calculado a la muestra de sujetos de nuestro estudio.

En cuanto al cálculo de nuestro análisis estadístico interferencial, vamos a usar un test no paramétrico para nuestras variables tanto cuantitativas como cualitativas que no sigan una distribución normal, este test es no paramétrico Test U Mann Withney. Por otro lado para nuestras variables que si sigan una distribución normal vamos a diferenciar las cualitativas de las cuantitativas ya que usaremos diferentes test estadísticos, para las variables cuantitativas usaremos el Test T Student el cuál es paramétrico y para las variables cualitativas usaremos el Test X^2 . Por otro lado, para calcular el análisis estadístico de asociación para ver si las variables cuantitativas de carácter discreto que son la capacidad aeróbica y la fuerza aplicada junto con las variables cuantitativas de carácter continuo de los sujetos que en nuestro estudio van a ser las hipoglucemias e hiperglucemias se ven afectadas por el tipo de trabajo que están realizando tanto si es aeróbico, cómo si es anaeróbico, para ello vamos a usar el test de Pearson que es paramétrico. También para nuestra variable cualitativa de carácter continuo que es el RPE, vamos a usar el test de Spearman ya que este es no paramétrico.

Finalmente, para que nuestro estudio pueda ser válido y estadísticamente sea correcto, la significación P será de 0,05 y el índice de confianza será del 95%.

5. Equipo investigador

Tabla 4.

Equipo investigador y sus funciones.

Nº	Nombre	Profesional	Grado	Función
1	V.A.	Fisioterapeuta + CAFyD (investigador principal)	Grado en Fisioterapia y CAFyD	Actuará como otro preparador físico. Explicación y seguimiento en las sesiones
2	A.S. N.V.	Enfermeros/as	Grado en enfermería	Tomas de análisis de sangre antes y a los 3 meses del estudio.
1	P.G.	Médico experto en diabetes	Grado en Medicina Especialidad en diabetes	Seguimiento y control de los pacientes con DT1 Informar de los datos de los análisis.
3	A.C. V.C. C.G.	Preparador Físico	Grado en CAFyD	Explicación y seguimiento en las sesiones
1	J.G.	Estadístico	Grado en estadística	Introducir y analizar los datos que se vayan recogiendo

Nota. Tabla con los miembros que componen el equipo investigador de este estudio y sus respectivas funciones dentro de él. Elaboración propia.

6. Viabilidad del estudio

En cuanto a la viabilidad de este estudio en base a lo económico es un proyecto de coste elevado, ya que se va a necesitar a varios profesionales de diferentes ámbitos para poder llevarlo a cabo, además el material de enfermería hacer los análisis de sangre, los ergoespirómetro (Fitmate Med Cosmed) y los cicloergómetros (Monark Ergomedic 874e). Para intentar mitigar la presente limitación, se buscará financiación de las asociaciones. Además, para evitar que haya gastos innecesarios, haremos una previsión de compra de los materiales a poder ser de usar y tirar (material de enfermería). Como limitaciones que pueden surgir es que no encontremos asociaciones o centros que nos ayuden a la financiación del estudio o un elevado coste en los espacios que debemos de alquilar para llevar a cabo nuestro estudio.

En cuanto en el ámbito social, pensamos que con este estudio enfocado a personas con DT1 en una etapa tan complicada de cambios como lo es la adolescencia, estamos realizando un bien en la sociedad, ya que además de mejorar su control glucémico, vamos a ayudar a que futuros les sirva de ayuda a la hora de tener en cuenta cómo afecta en esta etapa de la diabetes. A su vez, para evitar que los sujetos abandonen el estudio, hemos pensado que va a ser gratuito para que esté a la disposición de todos los pacientes. Asimismo, se mantendrá contacto con las familias de cada paciente para que les incite a seguir adelante con el estudio y resolver sus dudas. Cada semana se le mandará a cada paciente un mensaje motivacional creado por el equipo investigador en el que se recuerde los beneficios que se quieren conseguir para mejorar su salud, con ejemplos de deportistas de élite que tienen DT1 y el beneficio que tiene el deporte en sus vidas. Dentro de las limitaciones que encontramos es el abandono de los sujetos, que no sigan un buen control de su enfermedad o que el centro no nos alquile las salas de intervención.

Por último, en el ámbito medioambiental es un proyecto que se va a desarrollar dentro de un gimnasio, lo cual vamos a requerir de luz para las salas por lo que se intentará usar luz natural. Como limitación podemos encontrar la contaminación lumínica que puedan producir las luces indispensables del gimnasio y los materiales de enfermería como lo son las agujas para las mediciones de glucosa.

7. Bibliografía

- American College of Sports Medicine. (2017). ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription [Página web]. ACSM. <https://www.acsm.org>
- Brazeau, A.-S., Rabasa-Lhoret, R., Strychar, I., & Mircescu, H. (2008). Barriers to physical activity among patients with type 1 diabetes. *Diabetes Care*, 31(11), 2108–2109. <https://doi.org/10.2337/dc08-0720>
- Corigliano, G., Lazzetta, N., Corigliano, M., & Stollo, F. (2006). Blood glucose changes in diabetic children and adolescents engaged in most common sports activities. *Acta Biomedica Atenei Parmensis*, 77(1Suppl), 26-33. <https://mattioli1885journals.com/index.php/actabiomedica/article/view/4648>
- De Lima, V. A., Mascarenhas, L. P. G., Decimo, J. P., de Souza, W. C., Monteiro, A. L. S., Lahart, I., França, S. N., & Leite, N. (2017). Physical activity levels of adolescents with type 1 diabetes physical activity in T1D. *Pediatric Exercise Science*, 29(2), 213–219. <https://doi.org/10.1123/pes.2016-0199>
- Díaz, C., Wong, C., & Vargas, N. A. (2016). Grado de control metabólico en niños y adolescentes con diabetes mellitus tipo 1. *Revista chilena de pediatría*, 87(1), 43-47. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rchipe.2015.09.002>
- Frid, A., Jan, Ö., & Linde, B. (1990). Hypoglycemia risk during exercise after intramuscular injection of insulin in thigh IDDM. *Diabetes Care*, 13(5), 473-477. <https://doi.org/10.2337/diacare.13.5.473>
- Gómez-Peralta, F., Menéndez, E., Conde, S., Conget, I., Novials, A., & en nombre de la SED y de los investigadores del estudio SED1. (2021). Características clínicas y manejo de la diabetes tipo 1 en España. Estudio SED1. *Endocrinología Diabetes y Nutrición (English Ed.)*, 68(9), 642–653. <https://doi.org/10.1016/j.endinu.2020.11.002>

- Kreutzberger, A. J. B., Kiessling, V., Doyle, C. A., Schenk, N., Upchurch, C. M., Elmer-Dixon, M., Ward, A. E., Preobraschenski, J., Hussein, S. S., Tomaka, W., Seelheim, P., Kattan, I., Harris, M., Liang, B., Kenworthy, A. K., Desai, B. N., Leitinger, N., Anantharam, A., Castle, J. D., & Tamm, L. K. (2020). Distinct insulin granule subpopulations implicated in the secretory pathology of diabetes types 1 and 2. *ELife*, 9(e62506). <https://doi.org/10.7554/eLife.62506>
- Laaksonen, D., Atalay, M., Niskane, I., Mustonen, J., Sen, C., Lakka, T., & Uusitupa, M. (1999). Aerobic exercise and the lipid profile in type 1 diabetic men: a randomized controlled trial. *Medicine & science in sports & exercise*, 32(9), 1541-1548. <https://doi.org/10.1097/00005768-200009000-00003>
- Lukács, A., & Barkai, L. (2015). Effect of aerobic and anaerobic exercises on glycemic control in type 1 diabetic youths. *World Journal of Diabetes*, 6(3), 534–542. <https://doi.org/10.4239/wjd.v6.i3.534>
- Moreno, J. M. (2010). Diabetes mellitus tipo 1 en niños y adolescentes. *Nutrición hospitalaria*, 3(1), 14-22. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=309226767003>
- Organización Mundial de la Salud. (2016). *Informe mundial sobre la diabetes*. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/254649/9789243565255-spa.pdf>
- Roberts, L., Jones, T., & Fournier, P. (2002). Exercise Training and Glycemic Control in Adolescents with Poorly Controlled Type 1 Diabetes Mellitus. *Journal of Pediatric Endocrinology & Metabolism*, 15(5), 621-627. <https://doi.org/10.1515/JPEM.2002.15.5.621>
- Rodríguez Valenzuela, B., Motes Velásquez, M. A., & Rodríguez Font, E. G. (Abril, 2018). *Programa de ejercicios físicos y resultados de su implementación en el tratamiento de pacientes diabéticos tipo 1*. [Convención Internacional de Salud]. Avances y retos en la promoción de salud, la prevención y el control de

enfermedades. La Habana, Cuba
<http://actasdecongreso.sld.cu/index.php?P=GoTo&ID=2908&MF=4>

Särnblad, S., Ponsot, E., Leprêtre, P.-M., & Kadi, F. (2021). Acute effects of aerobic continuous, intermittent, and resistance exercise on glycemia in adolescents males with type 1 diabetes. *Pediatric Diabetes*, 22(4), 610–617. <https://doi.org/10.1111/pedi.13194>

Silveira, A. P. S., Bentes, C. M., Costa, P. B., Simão, R., Silva, F. C., Silva, R. P., & Novaes, J. S. (2014). Acute effects of different intensities of resistance training on glycemic fluctuations in patients with type 1 diabetes mellitus. *Research in Sports Medicine*, 22(1), 75–87. <https://doi.org/10.1080/15438627.2013.852096>

Standars of Medical Care in Diabetes. (2021). *The journal of clinical and applied research and education*. <https://www.diabetes.org/newsroom/press-releases/2020/ADA-releases-2021-standars-of-medical-care-in-diabetes>

Szadkowska, A., Wyka, K., Młynarski, W., Pietrzak, I., Mianowska, B., & Bodalski, J. (2007). Leptin concentration and insulin sensitivity in type 1 diabetic children and adolescents. *Pediatric endocrinology, diabetes, and metabolism*, 13(4), 194–200. <https://doi.org/10.1111/j.1464-5491.2007.02357.x>

Wróbel, M., Rokicka, D., Czuba, M., Golas, A., Pyka, L., Greif, M., Szymborska-Kajaneck, A., Strijek, K., & Gaşjor, M. (2018). Aerobic as well as resistance exercises are good for patients with type 1 diabetes. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 104, 93-101. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2018.08.008>

Yang, B., Hodgkinson, A., Millward, B. A., & Demaine, A. G. (2010). High glucose-induced DNA-binding activities of nuclear factor of activated T cells 5 and carbohydrate response element binding protein to the myo-inositol oxygenase gene are inhibited by sorbinil in peripheral blood mononuclear cells from patients with type 1 diabetes mellitus and nephropathy. *International Journal of Diabetes Mellitus*, 2(3), 169-174. <http://doi.org/10.1016/j.ijdm.2010.08.005>

Yardley, J. E., Kenny, G. P., Perkins, B. A., Riddell, M. C., Malcolm, J., Boulay, P.,
Khandwala, F., & Sigal, R. J. (2012). Effects of performing resistance exercise
before versus after aerobic exercise on glycemia in type 1 diabetes. *Diabetes
Care*, 35(4), 669–675. <https://doi.org/10.2337/dc11-1844>

8. Anexos

8.1 Anexo 1

Hoja de información y consentimiento informado

HOJA DE INFORMACIÓN

Título del estudio: Efecto de un trabajo aeróbico vs un trabajo anaeróbico en el control metabólico en adolescentes diabéticos tipo 1

Promotor: Hospital Universitario de Fuenlabrada

Investigador principal: Víctor Alonso Gómez, graduado en el doble grado de ciencias de la actividad física y el deporte y fisioterapia

Lugar: Centro deportivo y acuático “El Galeón”

Nos dirigimos a usted para informarle sobre un estudio de investigación que se va a realizar en centro deportivo y acuático “El Galeón” situado en Moraleja de Enmedio (Madrid), en el cual se le invita a participar. Este documento tiene por objeto que usted reciba la información correcta y necesaria para evaluar si quiere o no participar en el estudio. A continuación, le explicaremos de forma detallada todos los objetivos, beneficios y posibles riesgos del estudio. Si usted tiene alguna duda tras leer las siguientes aclaraciones, nosotros estaremos a su disposición para aclararle las posibles dudas. Finalmente, usted puede consultar su participación con las personas que considere oportuno.

- **Objetivo del estudio:** Comparar el efecto de un entrenamiento de modalidad aeróbica y un entrenamiento de fuerza durante 3 meses en la bioquímica basal de los adolescentes diabéticos tipo 1.

- **Resumen del estudio:** La diabetes tipo 1 es una enfermedad crónica que afecta a nuestro metabolismo y hoy en día la padecen muchas personas, con una prevalencia que oscila entre 0,8 y 4,6/1.000 habitantes, siendo el grupo con mas incidencia de 10-15 años. Sabemos que un mal control de la glucosa en estos pacientes puede causar daños en los órganos principales pudiendo producir futuras complicaciones crónicas que van a poner en serio riesgo a las personas. En su tratamiento va a ser indispensable la inyección diaria de la insulina para evitar los aumentos excesivos de glucosa en sangre (hiperglucemias). Además una época de cambio como lo es la adolescencia va a dificultar el control de la enfermedad ya que es una etapa en la que hay una gran liberación de hormonas va a afectar directamente sobre el control glucémico. Para evitar que se produzca un mal control, no sólo va a valer con el uso de la insulina, sino que van a tener que llevar una dieta controlada y equilibrada y la práctica deportiva.

- **Participación voluntaria y retirada del estudio:** La participación en este estudio es voluntaria, por lo que puede decidir no participar. En caso de que decida participar, puede retirar su consentimiento en cualquier momento. En caso de que usted decidiera abandonar el estudio, puede hacerlo rellenando los datos de la revocación y permitiendo el uso de los datos obtenidos hasta ese momento para la finalidad del estudio, o si fuera su voluntad, todos los registros y datos serán borrados de los ficheros informáticos.

En caso de que una vez leída esta información y aclaradas las dudas decida participar en el estudio, deberá firmar su consentimiento informado. Este estudio ha sido aprobado por el Comité Ético de la Comunidad de Madrid.

CONSENTIMIENTO INFORMADO

“Efecto de un trabajo aeróbico vs un trabajo de fuerza en el perfil glucémico en adolescentes diabéticos tipo 1.”

Yo, _____ con DNI _____ A día ___ de _____ del
_____ afirmo haber leído la hoja informativa del paciente del estudio realizado por Víctor Alonso Gómez

Explicándome el protocolo del estudio que se me va a realizar.

Soy compatible con este estudio ya que cumplo con los criterios de inclusión y exclusión revisados por el médico especialista.

Entrego este consentimiento de forma voluntaria para participar en el estudio pudiendo retirarme.

Con esta firma doy mi consentimiento para la participación de este estudio

Firma: _____ A _____ de _____ del 20__

En caso de ser menor de edad

Yo, _____ con DNI _____ A día ___ de _____ del
_____ afirmo haber leído la hoja informativa del paciente del estudio realizado por Víctor Alonso Gómez

Explicándome el protocolo del estudio que se me va a realizar.

Manifiestan que consienten en la participación de este estudio de su hijo/hija

_____ con DNI _____ y edad ___ años

Entrego este consentimiento de forma voluntaria para participar en el estudio pudiendo retirarme.

Con esta firma doy mi consentimiento para la participación de este estudio

Firma: _____ A _____ de _____ del 20__

REVOCACIÓN: En caso de que el paciente no quiera seguir participando en el estudio puede abandonarlo cuando lo desee.

Yo, _____ con DNI _____ A día ___ de _____ de,
_____ revoco el consentimiento informado firmado el _____ en virtud de mi propio derecho. Para que conste y haga efecto, firmo el presente documento.

Firma: _____ A ___ de _____ de 20__

8.2 Anexo 2

Calendario del proyecto

ACTIVIDAD	Mes 1 (Julio)	Mes 2 (Agosto)	Mes 3 (Septiembre)	Mes 4 (Octubre)	Mes 5 (Noviembre)	Mes 6 (Diciembre)	Mes 7 (Enero)
Comité de ética	X						
Reunión del equipo investigador	X	X					
Información del paciente y revisión médica		X					
Realización de los Test 1º Analítica		X		X		X	
Intervención del estudio			X	X	X		
Recogida de datos 2º Analítica			X	X	X		
Análisis de los datos						X	
Creación del informe						X	X
Publicación de los resultados							X