

UNIVERSITAS



Miguel Hernández

INFLUENCIA DEL EJERCICIO FÍSICO SOBRE LA DIABETES TIPO I EN SUJETOS SEDENTARIOS.

Grado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte



TRABAJO FIN DE GRADO.

OPCIÓN:

INTERVENCIÓN.

ALUMNO/A:

RUBÉN GÓMEZ IBÁÑEZ.

TUTOR ACADÉMICO:

ANA MARIA FERNÁNDEZ FRÍAS.

CURSO ACADÉMICO:

2015-2016.

ÍNDICE.

1. CONTEXTUALIZACIÓN.	Pág. 1 - 2
2. METODOLOGÍA.	Pág. 2 - 3
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.	Pág. 3 - 6
4. Propuesta de intervención.	Pág. 7 - 9
4.1. Resistencia.	Pág. 7 - 8
4.2. Fuerza.	Pág. 8 - 9
5. RESULTADOS.	Pág. 9 - 12
5.1. Insulina.	Pág. 10 - 11
5.2. Glucemia.	Pág. 11
5.3. Hemoglobina glucosilada, IMC, presión arterial, VO₂máx.	Pág. 12
6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.	Pág. 12 - 15
7. BIBLIOGRAFÍA.	Pág. 16 - 17
8. ANEXOS.	Pág. 18 - 27

1. CONTEXTUALIZACIÓN.

El sedentarismo es un grave problema que nos encontramos en la sociedad actual. Según Blair, S. N. (2009), es uno de los principales problemas de salud del siglo 21 en los países desarrollados, siendo uno de los más importantes riesgos, o incluso el más importante. Cada año aumenta el número de personas que mueren como consecuencia de no practicar actividad física. Una baja condición cardiorrespiratoria debido a la inactividad física supone un factor de riesgo elevado (16-17%) en comparación con otros, como pueden ser la obesidad, ser fumador, la hipertensión arterial, la diabetes, etc. La inactividad física por sí misma puede ser la causa de alguna de estas patologías crónicas, poniendo en riesgo la salud del sujeto y suponiendo un elevado coste en sanidad.

Algunos estudios como el de Bohn et al. (2015), muestran que hay suficientes evidencias para afirmar que la actividad física regular (AF) mejora el bienestar y reduce el riesgo de sobrepeso, enfermedades no transmisibles como la diabetes tipo 2, enfermedades cardiovasculares (ECV), o algunos tipos de cáncer. Las evidencias científicas nos muestran cómo la actividad física es una herramienta fundamental tanto en la prevención como en la mejoría de diferentes patologías crónicas, y patologías derivadas de estas siendo una herramienta básica en el mundo de la salud. Los efectos de la actividad física en individuos que padecen algún tipo de patología crónica, son muy numerosos, y más aún si ese tipo de actividad física se adapta a las características particulares de cada paciente, evitando así un deterioro funcional, y mejorando su calidad de vida.

La patología que vamos a analizar en nuestro trabajo es la diabetes. En comparación con la población general, los sujetos con diabetes tienen un mayor riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares e incluso morir por dichas complicaciones cardiovasculares. Según Ruiz-Ramos, Escolar-Pujolar, Mayoral-Sánchez, Corral-San Laureano y Fernández-Fernández (2006), la diabetes mellitus es una de las primeras causas de mortalidad, siendo la tercera causa de mortalidad en mujeres en España. Las complicaciones derivadas de la diabetes son la causa principal, sobre todo la enfermedad isquémica del corazón. Las estimaciones de prevalencia de Diabetes Mellitus tipo 2 (DM2) en España varían entre el 4,8 y el 18,7%, las de Diabetes Mellitus tipo 1 (DM1) entre el 0,08 y el 0,2%. Desde el punto de vista clínico es un grupo heterogéneo de procesos cuya característica común es la hiperglucemia, como resultado de defectos en la secreción de la insulina, habitualmente por destrucción de las células beta pancreáticas de origen autoinmunitario en la Diabetes Mellitus tipo 1 (DM1), o por una progresiva resistencia a la acción periférica de la insulina, con o sin déficit asociado en la secreción, en la Diabetes Mellitus tipo 2 (DM2). En ambos casos, el desarrollo de la enfermedad se atribuye a una combinación de factores genéticos predisponentes y una serie de factores ambientales que actuarían como desencadenantes.

La actividad física es muy importante en el control de esta patología, teniendo multitud de ventajas y beneficios (**Figura 1, Anexos**). De hecho está considerada, junto a la medicación y la dieta, parte fundamental del tratamiento tanto en la diabetes tipo 1 como la de tipo 2. Según Colberg, Laan, Dassau y Kerr (2015), la actividad física para las personas de todas las edades que viven con DM1 se asocia con muchos beneficios para la salud bien establecidos, incluyendo una mejor aptitud cardiovascular, una mejor salud ósea y un mejor bienestar psicológico. Estos efectos, en personas diabéticas, van a depender tanto del tipo de diabetes (Tipo 1 o 2), como del tipo y dosis de insulina que se administra, los niveles de glucemia previos y posteriores al ejercicio, la presencia de complicaciones derivadas de la patología así como de la intensidad, la duración y el tipo de actividad física que se realiza.

El beneficio producido por el ejercicio comienza a disminuir después de 1 o 2 días de la práctica de actividad física y desaparece a los pocos días, de ahí la conveniencia de insistir en un programa de ejercicio regular, constante y fácil de adaptar a la forma de vida del diabético. Algunos pacientes con Diabetes mellitus pueden no ver mejorado el control glucémico con el ejercicio regular si los cambios en la dieta y la dosis de insulina no se ajustan adecuadamente a las nuevas necesidades provocadas por la introducción del ejercicio.

El objetivo principal de nuestro trabajo será comprobar si el ejercicio físico puede ayudar a controlar las cifras de glucosa en sangre en personas sedentarias con diabetes tipo 1, reduciendo así la cantidad de insulina necesaria para mantener una glucemia dentro de los límites de la normalidad. Para ello hemos realizado un estudio observacional en una mujer con diabetes tipo 1, para la que hemos diseñado un programa de actividad física adaptada durante un año. Les presentamos los resultados de los tres primeros meses de seguimiento.

Además evaluaremos otros objetivos secundarios como son:

- ▶ **Mejora del sistema cardio-respiratorio.** Se medirá la frecuencia cardiaca (FC) de reposo previo a la intervención y cada mes se le realizará una medición con el fin de ajustar lo máximo posible su frecuencia cardiaca de entrenamiento. También se realizará una prueba inicial para valorar a través del consumo máximo de oxígeno ($VO_{2m\acute{a}x}$) de manera indirecta, el estado de condición del sujeto.
- ▶ **Mejorar IMC.** Se realizará una medición pre y post intervención.
- ▶ **Reducir presión arterial.** Al igual que los demás factores se realizará prueba para medir la presión arterial pre y post intervención, así como una prueba al final de cada mes.

2. METODOLOGÍA.

En primer lugar hemos realizado una búsqueda bibliográfica avanzada para conocer el estado actual del tema en la literatura.

Para ello hemos utilizado la base de datos PubMed (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>). Tras la búsqueda en esta base de datos se han utilizado otras páginas como ResearchGate (<https://www.researchgate.net/>), la página web de la American Diabetes Association (<http://www.diabetes.org/>), la revista internacional de ciencias del deporte (RICYDE <http://www.cafyd.com/>), Diabetesjournal.org, y el Journal of sport science and sport medicine (<http://www.jssm.org/>), para la descarga de los diferentes artículos encontrados.

Las palabras clave más utilizadas en la búsqueda fueron los siguientes: “*Diabetes type 1*”; “*Old people*”; “*Physical activity*”, “*Sedentary*”; “*Resistance training*”; “*Strength*”; “*Exercise*” y “*Untrained*”.

Como límites de la búsqueda utilizamos la fecha de publicación, marcando que aparecieran artículos de los últimos 10 años, mostrando los artículos más recientes.

Como criterios de exclusión, hemos rechazado aquellos artículos que tras leer el abstract observábamos que no fueran realizados con humanos, que la intervención se realizara con niños o poblaciones jóvenes, que únicamente hablara de la diabetes tipo 2, y que analizaban variables que no hemos considerado en nuestro estudio.

También se han utilizado artículos que ya disponíamos de nuestra formación académica en la universidad, y que eran interesantes para el estudio, así como artículos mencionados en la bibliografía de algunos estudios seleccionados.

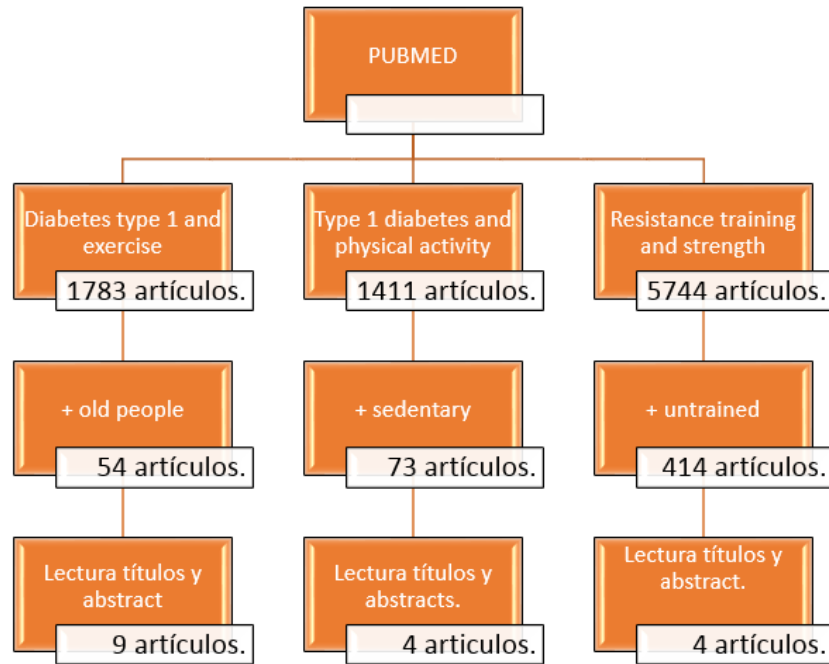


Grafico 1.- Ejemplo de búsqueda bibliográfica en Pubmed mediante la utilización de palabras clave y criterios de exclusión.

Además hemos realizado una búsqueda de diferentes test validados para evaluar al participante durante la intervención. Para ello buscamos estos test a través de Google, como el Physical Activity Readiness Questionnaire (PAR-Q) revisado en 2002, con el objetivo de detectar signos o síntomas de enfermedad cardiovascular y la escala de percepción subjetiva del esfuerzo de BORG (Borg y Kaijser, 2006).

Tras todo el proceso se han utilizado finalmente 26 referencias bibliográficas.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

Antes de realizar una intervención con un paciente diabético debemos comprender cómo actúa la actividad física sobre todos los tipos de diabetes, es necesario conocer cuáles son sus efectos sobre la fisiopatología del paciente diabético.

La glucosa es el principal combustible del cuerpo humano, de la que se obtiene la energía mayoritariamente en las células del organismo, para que esta sea metabolizada o almacenada para su posterior utilización, es necesario que pase al interior de las células. La cantidad de glucosa que entra en la célula va a estar directamente relacionada con la cantidad de insulina producida por el páncreas o, en el caso del paciente diabético, por la cantidad de insulina administrada exógenamente. La difusión hacia el interior de las células (excepto las del cerebro e hígado) sin insulina, es muy pequeña como para servir de fuente de energía. El efecto regulador que la insulina ejerce sobre la glucosa plasmática es intentar mantener unos niveles de glucemia adecuados y suficientes para poder ser utilizada por el cerebro, que puede usar la glucosa sin necesidad de ningún mediador. Existe un mecanismo contra-regulador para evitar la hipoglucemia, el glucagón. Su función es convertir el glucógeno en glucosa-1 fosfato, que a su vez es desfosforilada y liberada en el torrente sanguíneo. Además del glucagón, la somatostatina, segregada por las células delta del páncreas, también ayuda a mantener el sofisticado control de la glucemia.

En una persona no diabética, los niveles circulantes de glucosa en sangre descienden ligeramente cuando se realiza ejercicio físico, provocando una respuesta simpática, elevando los niveles de glucagón, que estimulan la gluconeogénesis, generando glucosa y disminuyendo la insulina plasmática, para mantener unos niveles adecuados de glucosa en sangre. En el hígado la insulina promueve el paso de glucosa al interior de la célula, donde se almacena en forma de glucógeno, facilita su desdoblamiento para obtener energía y estimula la conversión en ácidos grasos. El efecto de la insulina en los músculos permite la entrada de glucosa dentro de las células musculares y su uso como combustible energético si trabajan o su paso a glucógeno muscular si están en reposo. En el tejido adiposo, la insulina facilita la captación de glucosa con el fin de facilitar el acúmulo de energía en forma de ácidos grasos. **(Figura 2, Anexos).**

Estudios como el de Kraniou, Cameron-Smith y Hargreaves (2004), sugieren que el aumento del número de canales GLUT-4, generados por la insulina y necesarios para el paso de la glucosa al interior de la célula, es una respuesta aguda a la actividad física, y que si esta cesa, volverán a los valores previos a la práctica de actividad física. Otros estudios como el de McGee et al. (2003), siguen la misma línea y sugieren que la práctica de actividad física, de manera aguda, aumenta la absorción de la glucosa en el músculo esquelético, mejora la homeostasis de la glucosa y la sensibilidad a la insulina y aumenta la capacidad oxidativa del músculo; también sugiere que a través de la actividad física se produce un aumento de la proteína AMPK, influyendo en que haya una mayor expresión de canales GLUT-4 durante el ejercicio.

Estos procesos se dan como efecto agudo del ejercicio, favoreciendo la entrada de glucosa a las células musculares, pero no muestra que esos receptores se mantengan si cesa esa actividad física. Lo que sí parece que persiste es el aumento de la densidad capilar, que es un factor que influye en la sensibilidad de la insulina. Según Prior et al. (2015), el aumento de la densidad capilar del músculo esquelético, mejora la sensibilidad a la insulina en todo el cuerpo independientemente de otros mecanismos y sugiere que es una mejora sostenida en el metabolismo de la glucosa después de entrenamiento con ejercicios aeróbicos. Por tanto, uno de los objetivos a perseguir es que la práctica de actividad física aeróbica debe ser continuada en el tiempo para que haya mejoras en el sistema cardiovascular. Otros estudios como el de Fuchsjaeger-Mayrl et al. (2002), apuntan a lo mismo, incidiendo en mantener la práctica de AF, ya que aunque sí que existe esa mejora, tras ocho meses del cese del ejercicio físico se pierde este beneficio.

Podemos decir que el ejercicio físico es un fenómeno muy interesante desde el punto de vista del equilibrio metabólico, ya que aumenta tanto el consumo de oxígeno como las necesidades de glucosa y además ayuda a regular los niveles de glucosa sanguínea en pacientes diabéticos. Según Galassetti, P., & Riddell, M. C. (2013), un aspecto importante a tener en cuenta es que durante la realización de ejercicio, el paciente con diabetes mellitus insulino dependiente actúan los mismos factores que pueden desencadenar una hipoglucemia en el paciente no diabético, con la diferencia de que en el paciente diabético los niveles de insulina en sangre no descienden al disminuir el nivel de glucosa en sangre. Esto se debe a que la insulina se administra exógenamente, por tanto sus valores no se ven afectados durante el ejercicio. A la hora de realizar actividad física hay que tener en cuenta factores como el tipo de esfuerzo físico, su intensidad y su duración, así como el tipo y la dosis de insulina administrada antes del ejercicio, la zona de inyección (musculatura que va a realizar el esfuerzo) y tiempo transcurrido desde la última inyección e ingesta.

En la literatura hay estudios que refieren que personas que realizan un entrenamiento de resistencia a una intensidad moderada, requieren unos niveles de insulina inferiores debido a la acción de la práctica de actividad física. En el estudio de Bally et al. (2016), observamos cómo comparando un entrenamiento de alta intensidad con uno de intensidad moderada, la captación de glucosa es mayor en éste último, por tanto requiere menos niveles de insulina. Esto es debido a que el ejercicio de alta intensidad requiere de otro tipo de sustratos energéticos, pudiendo ser de utilidad para evitar hipoglucemias.

En otros estudios como el de Yardley et al. (2012), llegan a la misma conclusión observando que ejercicios de fuerza ayudan a evitar hipoglucemias, mientras que ejercicios de resistencia ayudan a una mejor captación de la glucosa, pudiendo disminuir los niveles requeridos de insulina.

Según Riddell y Perkins (2009), el ejercicio físico produce importantes cambios en la homeostasis de la glucosa. Para las personas con diabetes tipo 1, el ejercicio aeróbico, por lo general, hace que la concentración de glucosa en la sangre disminuya rápidamente, mientras que el ejercicio anaeróbico puede causar que se eleve, lo que hace difícil el control glucémico. También hay que tener en cuenta que ejercicios prolongados en el tiempo (entre 90 y 120 minutos) aumentan la probabilidad de que el paciente sufra una hipoglucemia. Todos estos factores hay que tenerlos en cuenta a la hora de prescribir actividad física en el paciente.

La prueba sanguínea de niveles de hemoglobina glicosilada (HbA1c) es fundamental para el seguimiento y control adecuado de pacientes diabéticos. Cuando la hemoglobina normal se une a la glucosa se forma la hemoglobina glicosilada o HbA1c. La unión es irreversible. Con niveles habituales de glucemia entre 80 y 120 mg/dL su valor es entre 5 y 6% de la hemoglobina total. A mayor concentración de glucemia en sangre, mayor porcentaje encontraremos de hemoglobina glicosilada. El valor aceptado para decir que un paciente diabético se encuentra controlado es una hemoglobina glicosilada menor del 7%. En pacientes mayores con riesgo de hipoglucemia se pueden tolerar incluso valores de 7,5 y 8%. **(Figura 3, Anexos)** (Martín Escudero, 2006).

Existen importantes estudios científicos publicados que demuestran que a menor valor de la hemoglobina glicosilada menor número de complicaciones crónicas de la diabetes, en especial microangiopatía (enfermedad de pequeños vasos sanguíneos) y neuropatía diabética (daño crónico de los nervios). En el estudio de Bohn et al. (2015) se observa que con la práctica de AF, hay una mejoría en los valores de hemoglobina glicosilada, aunque esta no es significativa. No obstante, sí que existe mejoría en muchos otros factores como puede ser los niveles de grasa corporal, el estado cardiovascular y el estado de ánimo, que mejoran la calidad de vida del sujeto a pesar de que la hemoglobina no se vea un cambio significativo en sus valores. En la línea del anterior estudio, Burr, Shephard y Riddell (2012), muestran que la mayoría de intervenciones en pacientes con diabetes tipo 1 no muestran cambios significativos en los valores de la glucemia, sin embargo, muestran como en sujetos que realizan AF y padecen diabetes tipo 1, las causas de mortalidad relacionadas con la diabetes fueron hasta un 50% menor que en aquellos pacientes con diabetes tipo 1 que no practicaban AF, por lo que la práctica de AF tiene un efecto positivo en la salud general.

Tras el análisis de la bibliografía, nos planteamos qué tipo de actividad física sería mejor en personas que padecen diabetes mellitus tipo 1. Para intentar dar una respuesta a esta pregunta vamos a realizar un estudio observacional con un voluntario habitualmente sedentario que padece diabetes tipo 1. Realizaremos un plan diario de ejercicio físico adaptado a sus características y basada en los datos de la evidencia científica.

DATOS DEL SUJETO	
Edad.	51 años.
Sexo.	Femenino.
Peso (Kg).	76 kg.
Talla (m).	1,66 m.
IMC.	27,58 Kg/m ²
HISTORIAL MEDICO Y DEPORTIVO	
Historia diabetológica previa.	Diabetes mellitus tipo I desde 1996.
Historial familiar diabetes.	Hijo con diabetes mellitus tipo I.
Historia deportiva.	Ninguna.
Contextualización del sujeto.	No ha practicado nunca actividad física, trabaja en correos en ventanilla, por lo que no realiza un ejercicio físico durante el periodo de trabajo.

Tabla 1.- Datos del sujeto.

4. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN.

Antes de comenzar el programa de ejercicio, el sujeto completó el cuestionario Physical Activity Readiness Questionnaire (PAR-Q) revisado en 2002, con el objetivo de detectar signos o síntomas de enfermedad cardiovascular. Se recomienda una prueba de esfuerzo para descartar enfermedad cardiovascular, dado que nuestro sujeto respondió en un punto del cuestionario de manera afirmativa. Debido a la imposibilidad de realizar una prueba de esfuerzo, se pidió autorización a su endocrino para la realización del programa de entrenamiento, basándose en los datos de una revisión médica realizada el mes de Noviembre del 2015: el endocrino dio su visto bueno a la intervención.

Hemos elaborado una planificación a largo plazo para cumplir con los objetivos que nos hemos propuesto. Para ello, se ha desarrollado un macrociclo de 10 meses, en el cual utilizamos como unidades de carga el tiempo de actividad física, asignando una unidad de carga a cada 45 min de práctica de actividad física. De esta manera calculamos el volumen de carga que vamos a aplicar al sujeto durante los 10 meses de intervención. (**Figura 5, Anexos**). El objetivo es que la carga vaya aumentando conforme avanzamos en el programa, intentando llegar a un total de minutos semanales de 360 min/semana.

Antes de comenzar la intervención, el sujeto realizará una prueba para evaluar su nivel de condición física a través del $VO_{2m\acute{a}x}$ (**Figura 4, Anexos**), medido de manera indirecta a través de la prueba aeróbica de caminar de una milla (Rockport). Junto a esta prueba, se le tomarán medidas del índice de masa corporal (IMC), la presión arterial y hemoglobina glicosilada (Hba1c), para comparar estos valores, con los valores que se tomen post intervención.

Las sesiones se realizarán siempre por la mañana, entre las 9:00 y 10:00 a.m. ya que el paciente trabaja por la tarde.

Para llevar a cabo el control de la intensidad en el entrenamiento, utilizaremos la frecuencia cardiaca (FC) y la percepción subjetiva del paciente del esfuerzo realizado (RPE-sesión). Para ello estableceremos 4 zonas de intensidad, ligero, moderado, duro y muy duro, basándonos en las distintas zonas de intensidad del plano bioenergético, extraído del libro de García-Verdugo, M. (2007), clasificando la intensidad de la siguiente manera:

Zona intensidad plano bioenergético	% Frecuencia cardiaca	Zona intensidad
	< 50%	Ligero
REGENERATIVO	50 - 65%	Moderado
EXTENSIVO (LIPOLITICO)	65 - 75 %	
INTENSIVO (GLUCOLITICO)	75 - 85 %	Duro
MIXTO EXTENSIVO	85 - 90%	
MIXTO INTENSIVO	90 - 100%	Muy duro

Tabla 2.- Clasificación de la intensidad respecto al % de frecuencia cardiaca, a partir de las diferentes zonas del plano bioenergético.

4.1. Resistencia.

Aplicaremos un entrenamiento regular, cuyo objetivo será que nuestro paciente acabe realizando actividad física de resistencia con una frecuencia semanal de 3-5 días a la semana, con una duración de aproximadamente una hora y realizado a una intensidad moderada. Utilizaremos el **pulsómetro polar M400** como medidor de la FC durante la práctica de actividad física, y se aplicará la escala de Borg para que el sujeto describa cómo de intensa le ha parecido la práctica. Por tanto, antes del inicio de la práctica de actividad física, valoraremos los siguientes parámetros:

- ▶ Obtendremos la $FC_{máx.}$ de manera indirecta a través de la fórmula de **Tanaka**:
 $FC_{máx.} = (208 - 0.7 \times \text{edad})$
- ▶ Obtendremos la $FC_{reposito}$ a través de la prueba que realiza el propio pulsómetro, colocando al sujeto decúbito supino durante 10 min.
- ▶ Calcularemos los porcentajes de la FC de entrenamiento a través de la fórmula de **Karvonen** y a través del propio dispositivo polar, que calcula los rangos de intensidad automáticamente:

$$FC_{\text{entrenamiento}} = [FC_{máx.} - FC_{reposito}] * \% \text{ Intensidad} + FC_{reposito}$$

El sujeto realizara en cada sesión entre 60 y 80 minutos de actividad física a una intensidad moderada. La progresión mensual del número de sesiones de resistencia a lo largo de los primeros tres meses es la siguiente:

MES/SEMANA	MARZO	ABRIL	MAYO
Semana 1	1 sesión.	1 sesión.	2 sesiones
Semana 2	1 sesión.	2 sesiones	3 sesiones
Semana 3	2 sesiones	2 sesiones	3 sesiones
Semana 4	2 sesiones	2 sesiones	3 sesiones
Semana 5	1 sesión.	2 sesiones	

Tabla 3.- Progresión de las sesiones de resistencia.

El tipo de sesión y el ritmo se irán adaptando en función de cómo vaya respondiendo el sujeto a la actividad física, pero siempre manteniendo la intensidad moderada. La cantidad de minutos realizados, tanto los minutos totales por sesión/semana, como la cantidad de minutos en cada rango de intensidad, se introducirán en una hoja Excel, calculando así cuantos minutos realizamos a las distintas intensidades y si nuestro objetivo de estar en un rango de intensidad moderado se cumple. **(Figura 6, Anexos).**

4.2. Fuerza.

Para el entrenamiento de fuerza, se recomienda utilizar resistencia bajas (40-60% de 1RM), con una percepción subjetiva del esfuerzo de entre 11 y 14 (escala de Borg).

Para medir la intensidad, nos basaremos en la FC y la escala de percepción del esfuerzo (RPE) a través de la escala de Borg.

El objetivo final será que la frecuencia mínima sea de 2 sesiones por semana dejando 48 horas entre sesiones. Durante las primeras semanas se realizara una sesión semanal e iremos aumentando esa frecuencia conforme avancemos en la programación. La progresión del trabajo de fuerza a lo largo de los meses será el siguiente:

MES/SEMANA	MARZO	ABRIL	MAYO
Semana 1	1 sesión.	1 sesión.	2 sesiones
Semana 2	1 sesión.	2 sesiones	2 sesiones
Semana 3	1 sesión.	2 sesiones	2 sesiones
Semana 4	1 sesión.	2 sesiones	2 sesiones
Semana 5	1 sesión.	2 sesiones	

Tabla 4.- Progresión de las sesiones de fuerza resistencia.

Respecto a la duración de las sesiones, el objetivo final es que varíen de entre los 45 min a los 60 minutos, a pesar de que las sesiones iniciales serán de menor duración progresando de 20-25 minutos, y poco a poco aumentando la duración.

Para el desarrollo de las sesiones de fuerza utilizaremos ejercicios en el que el propio peso corporal nos servirá de contra resistencia, y también utilizado materiales como el TRX y Fitballs, y mancuernas de poco peso. Utilizaremos el pulsómetro polar M400, para la medición de la FC y las sesiones se desarrollaran fundamentalmente con circuitos de fuerza-resistencia, realizando ejercicios de cada grupo muscular. La distribución de la carga será 1-1 (1' de carga, seguido de 1' de recuperación activa) y los ejercicios se distribuirán en 3 bloques de 3-4 ejercicios por bloque. Entre bloques habrá un descanso de 3' en el que se medirá la FC, y la percepción del esfuerzo, para ajustar lo máximo posible a la intensidad que buscamos. Conforme avancemos en la programación, iremos variando la distribución de la carga, disminuyendo el tiempo de recuperación, o aumentando el tiempo de carga.

Al igual que en el entrenamiento de resistencia, calcularemos el número de minutos que se encuentra a un rango de intensidad tanto en la FC como en el RPE sesión, así como que tipo de ejercicio realiza (Fuerza resistencia, fuerza máxima o hipertrofia), de manera que comprobaremos si hemos cumplido las intensidades que buscábamos. **(Figuras 7, Anexos).**

Junto al ejercicio físico, se le realizara un seguimiento, tanto de los niveles de glucemia, como de la cantidad y del tipo de insulina administrada para seguir la evolución de la dosis y comprobar si hay alguna modificación en sus valores pre y post-intervención.

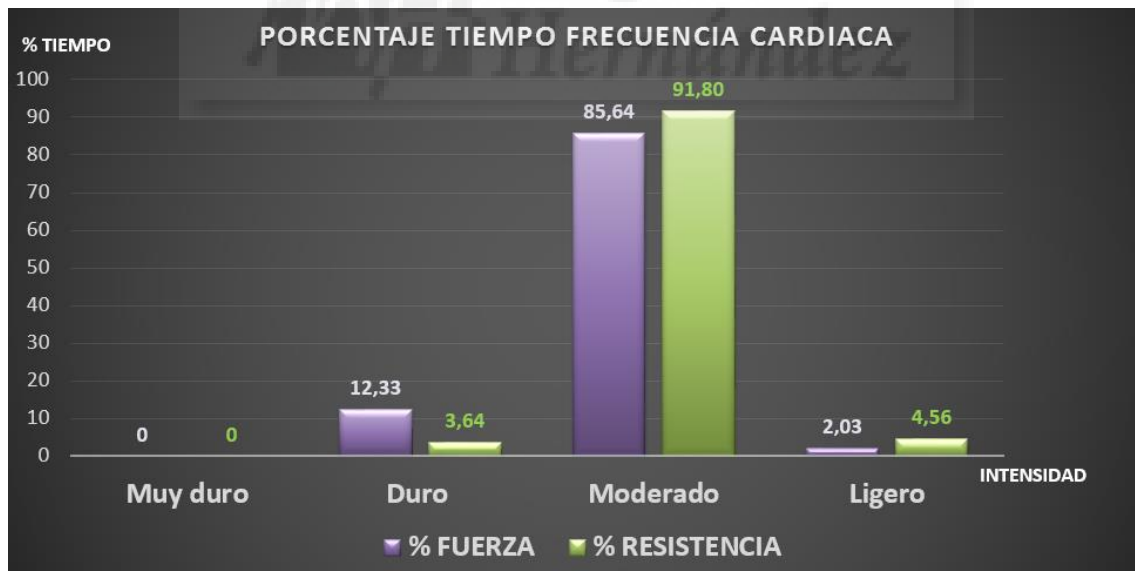
Como información adicional, tanto para el sujeto participante como para el entrenador, se ha generado una tabla con toda la información a tener en cuenta previa a la práctica de ejercicio físico, como la ingesta de hidratos de carbono, los riesgos de hipoglucemia, pautas en la inyección, etc. (**Figura 8, Anexos**), y como debe actuar el participante ante una hipoglucemia durante el ejercicio (**Figura 9, Anexos**).

5. RESULTADOS.

Nuestra paciente inició la intervención en Marzo de 2016. A las dos semanas de iniciar el estudio, el sujeto se sometió a una intervención quirúrgica menor, que le apartó de poder realizar ejercicio físico durante el periodo que teníamos estipulado para la presentación de los primeros datos, que era de tres meses, pudiendo completar únicamente dos meses y medio de intervención. Al ser una persona sin experiencia en la práctica de actividad física, comenzamos con 2 semanas de adaptación, realizando 1 sesión de fuerza y otra de resistencia a la semana, y progresivamente aumentamos el número de sesiones hasta alcanzar el nivel de actividad física recomendada por el American College and Sports Medicine (ACSM).

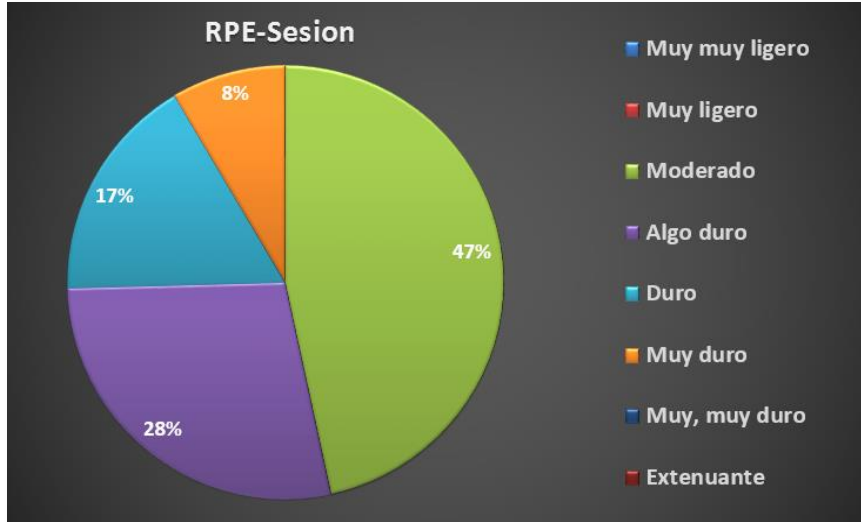
En esos dos meses y medio, el sujeto realizó 32 sesiones, tanto de carácter aeróbico, realizando caminatas a una intensidad moderada, como sesiones de fuerza-resistencia a esa misma intensidad.

Los valores obtenidos respecto al tiempo a distintas intensidades en el entrenamiento, valorada la intensidad mediante el porcentaje (%) de frecuencia cardiaca respecto a la frecuencia cardiaca máxima ($FC_{m\acute{a}x}$), se observa que nuestro sujeto ha realizado la mayor parte de las sesiones a una intensidad moderada siendo un 85.64% del tiempo total en las sesiones de fuerza, y un 91.80% del tiempo total en las sesiones de resistencia, mientras que a una intensidad dura (12.33% en fuerza y 3.64% en resistencia) y a una intensidad ligera (2.03% en fuerza y 4.56% en resistencia) el tiempo invertido ha sido mucho menor.



Gráfica 2.- Porcentaje de tiempo a distintas intensidades durante el periodo de intervención en función del $\%FC_{m\acute{a}x}$.

En cuanto a la intensidad percibida por la paciente al final de cada sesión, medida a través de la escala de percepción subjetiva del esfuerzo de Borg, la mayor parte de la percepción de la intensidad se encuentra en una intensidad moderada (47%), seguido de algo duro (28%), duro (17%) y muy duro (8%), siendo estas dos últimas sobre todo en las primeras semanas del periodo de intervención.



Gráfica 3.- Cantidad de tiempo a distintas intensidades en función de la percepción subjetiva del esfuerzo en sesiones de fuerza y resistencia, expresado en porcentaje respecto al total.

5.1. Insulina.

Respecto a los valores de los tres tipos de insulina administrada exógenamente, existen diferencias entre los valores iniciales y los finales. Los resultados mostrados, son la suma total de unidades administradas durante la semana (**Figura 13, anexos**). Para comprobar si el efecto del ejercicio produce diferencias en los valores pre-intervención y post-intervención en la cantidad de insulina, se realiza un análisis de dos muestras relacionadas a través del SPSS, comparando los valores del primer mes (Marzo) y del último (Mayo).

Prueba de muestras emparejadas

		Diferencias emparejadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior				Superior
Par 1	MARZO - MAYO	17,00000000	5,779914135	2,889957067	7,802866808	26,19713319	5,882	3	,010

Tabla 5.- Análisis de dos muestras relacionadas en SPSS, en insulina Novorapid.

La insulina NovoRapid, es la insulina de efecto más rápido (Alrededor de 1 hora) y el sujeto se administra dosis durante la mañana y la noche. Observamos como existe una evolución descendente en la cantidad de insulina administrada (**Figura 10, Anexos**). Comparando las medias observamos que hay un descenso, siendo la diferencia significativa con respecto a los valores iniciales (**Significación bilateral: 0.010**)

Prueba de muestras emparejadas

		Diferencias emparejadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior				Superior
Par 1	MARZO - MAYO	17,5000	3,1091	1,5546	12,5527	22,4473	11,257	3	,002

Tabla 6.- Análisis de dos muestras relacionadas en SPSS, en insulina Actrapid.

La insulina Actrapid, es una insulina de acción más lenta (Alrededor de 3 horas), el sujeto se administra la dosis durante el mediodía. En este tipo de insulina también existe una evolución descendente en los valores a lo largo de los tres meses (**Figura 11, Anexos**), y analizando los valores del primer mes con los del último, observamos que también hay una diferencia significativa (**Significación bilateral: 0.002**)

Prueba de muestras emparejadas

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 1 MARZO - MAYO	9,7500	8,5000	4,2500	-3,7754	23,2754	2,294	3	,106

Tabla 7.- Análisis de dos muestras relacionadas en SPSS, en insulina Levemir.

Por último la insulina Levemir, que tiene la acción más lenta de las tres (12 horas), el sujeto se administra dosis durante la mañana y la noche. La tendencia en esta insulina también es descendente (**Figura 12, Anexos**), a pesar de ello analizando las medias se observa que los cambios son menores, y se corrobora observando que no existen diferencias significativas (**Significación bilateral: 0.106**).

5.2. Glucemia.

Durante el periodo de intervención se somete al sujeto a 3 mediciones obligatorias diariamente, una medición en el desayuno, otra en la comida y otra en la cena. Además de estos tres controles, el participante se realizaba un control previo a la práctica de ejercicio físico para controlar su glucemia y tomar distintas pautas de actuación en función de sus valores, como mostramos en la **Figura 14 en anexos**. Tras realizar todas las mediciones, tomamos los datos del desayuno, la comida y la cena, realizando la media de los valores de estos tres momentos a lo largo de cada mes, observándose apenas cambios en los niveles de glucemia durante el periodo de intervención, siendo aun así el mejor mes el de Mayo. (**Ver todos los datos en figura 15 y representación gráfica en figura 16, anexos**).

Para comprobar si el efecto del ejercicio produce diferencias en los valores pre-intervención y post-intervención en la cantidad de glucosa en sangre, se realiza un análisis de dos muestras relacionadas a través del SPSS, comparando los valores del primer mes (Marzo) y del último (Mayo).

Informe

	MARZO	MAYO
Media	169,570	159,108
N	93	93
Desviación estándar	63,6398	55,7417

Prueba de muestras emparejadas

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 1 MARZO - MAYO	10,4624	81,0508	8,4046	-6,2298	27,1546	1,245	92	,216

Tabla 8.- Comparación de medias y análisis de dos muestras relacionadas en SPSS. Glucosa.

Tras analizar las medias, observamos que hay un pequeño descenso, pero observando si esos cambios son significativos, vemos que no lo son (**Significación bilateral: 0.216**).

5.3. Hemoglobina glucosilada, IMC, presión arterial, $VO_{2m\acute{a}x}$.

Los resultados obtenidos en las mediciones pre y post intervención de las variables que teníamos como objetivo han mostrado un leve descenso con respecto a los valores iniciales, disminuyendo de 7,6% a 7,4% los valores de Hba1c, de 27,22 Kg/m² a 26,85 Kg/m² los valores del índice de masa corporal, los valores de presión arterial sistólica/diastólica se mantienen (121/79 – 120/80), y los valores de $VO_{2m\acute{a}x}$ se mantienen (**Ver gráficas en figuras 17, 18, 19 y 20, anexos**).

	PRE-INTERVENCIÓN	POST-INTERVENCIÓN
Hba1c	7,6 % mg/dL	7,4 % mg/dL
IMC	27,22 Kg/m ²	26,85 Kg/m ²
PRESION ARTERIAL	121/79 mm de Hg	120/80 mm de Hg
$VO_{2m\acute{a}x}$	22,858 mL * kg ⁻¹ * min ⁻¹	23,682 mL * kg ⁻¹ * min ⁻¹

Tabla 9.- Resultados pre y post intervención de Hemoglobina glucosilada, IMC, presión arterial, $VO_{2m\acute{a}x}$

6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.

Presentamos los datos de un estudio descriptivo, por lo tanto, no se puede afirmar que los resultados obtenidos en esta intervención sean extrapolables o generalizables al resto de casos, más si cabe tratándose de un único sujeto. Pero sí nos puede resultar de utilidad la información obtenida para confirmar lo que hemos estado analizando en la literatura científica revisada, y de esta manera poder actuar correctamente en situaciones similares a las de nuestro sujeto.

En la intervención nos hemos centrado principalmente en una actividad de intensidad moderada, tanto para ejercicios aeróbicos, como ejercicios de fuerza, ya que la mayoría de la bibliografía consultada sugiere que la práctica de actividad física a una intensidad moderada y con una duración de unos 300 minutos semanales (en torno a 3-4 sesiones semanales), tanto en fuerza como en resistencia, proporciona una mejora sustancial en todos los valores estudiados. También se ha demostrado que la práctica de ejercicio físico de carácter intenso podría obtener otros beneficios, como evitar hipoglucemias en pacientes con diabetes tipo 1, con una duración de la actividad bastante menor. En nuestro caso, al tratarse de un paciente sedentario y sin experiencia, la recomendación que seguimos es la de una práctica de ejercicio físico a una intensidad moderada, ya que obtiene beneficios similares y si esta práctica se afianza en el paciente, ir introduciendo sesiones de mayor intensidad, para obtener también los beneficios de ésta última.

Nuestra paciente accedió a realizar un programa de ejercicio físico continuado y someterse a los posteriores controles de cada uno de los parámetros estudiados. La única variable que se modificó en su actividad diaria fue el ejercicio; no realizó cambios en la dieta, pero si se modificaron las pautas de administración de insulina para ajustar la dosis durante los días que practicaba ejercicio físico, ya que como hemos estudiado, el ejercicio ayuda a disminuir los valores de glucemia en sangre y sin modificar los valores de insulina podría producir hipoglucemias, por tanto, se intentó ajustar esos valores. El resto de variables se mantuvieron como llevaba desarrollándolas hasta el inicio del programa.

Durante estos tres meses, el sujeto realizó 32 sesiones, tanto de carácter aeróbico, como sesiones de fuerza-resistencia a una intensidad moderada. Durante las dos primeras semanas se realizaron 6 sesiones, cuatro de carácter aeróbico y dos de fuerza resistencia. Estas sesiones fueron de adaptación, tanto al material que se utilizó como a los distintos tipos de ejercicio ya que nunca había practicado ningún tipo de ejercicio físico. A pesar de ello, sí se tomaron datos tanto de frecuencia cardiaca como del RPE-sesión.

La interrupción del programa durante dos semanas y media frenó este proceso de adaptación, teniendo que repetir las sesiones de adaptación tras la reanudación del programa.

En las sesiones de carácter aeróbico, a base de caminatas de alrededor de 60 minutos, el sujeto no presentó ningún problema, se adaptó bastante bien, y se alcanzó la intensidad que buscábamos. La duración de las sesiones fue variando desde el inicio de la intervención hasta el final, siendo las primeras semanas de menor duración (Aproximadamente 40 minutos), hasta los 60 realizados en las últimas semanas.

Respecto a las sesiones de fuerza resistencia, las primeras semanas fueron las que presentaron más problemas: percibía que eran muy intensas y tampoco le resultaban muy motivantes. En las siguientes sesiones se fueron ajustando los ejercicios, haciéndolos más simples, con materiales novedosos y realizando las sesiones con soporte musical que aportaba el participante. Comenzamos realizando una serie por cada grupo muscular, durante las primeras semanas, dada la inexperiencia de nuestro sujeto, y se fue aumentando el número de series conforme avanzábamos en la programación realizando en las últimas sesiones dos series por grupo muscular y aumentando también el tiempo de práctica. En los estudios de Krieger (2010), y Regis Radaelli et. al. (2015), se observa que con una serie ya se obtienen beneficios en niveles de fuerza e hipertrofia y que a mayor número de series, mayor beneficio.

En cuanto a los materiales, como se ha comentado, usamos materiales inestables como son el TRX y el Fitball, que a priori podían parecer de mayor dificultad, pero controlando la angulación del TRX, nos permitió hacer ejercicios, como por ejemplo las flexiones, de una manera más cómoda, y así intentar hacer cada sesión más dinámica y motivadora.

En este aspecto, observamos como en el estudio de Mate-Munoz, Monroy-Anton, Jodra-Jimenez y Gamacho-Castano (2014), en sujetos no entrenados, el entrenamiento en inestabilidad produce efectos muy parecidos al entrenamiento tradicional en niveles de fuerza e hipertrofia muscular. Además de utilizar materiales novedosos que pueden ayudar a la adherencia, también sugieren que el RPE-sesión en este tipo de entrenamientos es una herramienta bastante útil para controlar la intensidad del ejercicio durante el entrenamiento de la fuerza en inestabilidad. Otros estudios como el de Kibele y Behm (2009), corroboran que un entrenamiento de fuerza-resistencia con inestabilidad puede llegar a ser igual de eficaz que un entrenamiento tradicional, ofreciendo mayor variedad y experiencias para sujetos no entrenados.

Todo esto tiene como objetivo mostrar que mediante un ejercicio continuado, y de una intensidad moderada, se obtienen beneficios en distintas variables relacionadas con la patología de nuestro sujeto, que en este caso es la diabetes tipo 1.

El control de la glucemia previa al ejercicio ha sido una de las pautas a la que hemos dado especial importancia durante el periodo de intervención, guiándonos por la información obtenida en la bibliografía consultada.

Según Alemán, J. A., de Baranda Andujar, P. S., y Ortín, E. J. O. (2014) es importante conocer las recomendaciones dietéticas y las pautas de actuación con respecto a los problemas que pueden surgir durante el ejercicio en una persona diabética, como pueden ser:

- ▶ **Las Hiperglucemias y la deshidratación** (frecuente en pacientes mal controlados, con deficiencia grave de insulina).
- ▶ **Las hipoglucemias agudas.**
- ▶ **Hipoglucemia tardía:** Aparece varias horas después del esfuerzo, en muchas ocasiones durante el sueño.
- ▶ **Lesiones en los pies:** hay que tener especial cuidado de las uñas, impidiendo la formación de callos ya que los pacientes diabéticos suelen tener complicaciones vasculares de los pies, de ahí la importancia de su cuidado y un adecuado calzado para realizar la actividad.

Durante este periodo de intervención, se realizó un control exhaustivo, tanto de los valores de glucemia, como de la cantidad de insulina administrada exógenamente. Intentamos realizar 5 controles de glucemia diarios, siendo 3 fundamentales, los del desayuno, la comida y la cena, los otros dos controles a media mañana y a media tarde. También se realizaba controles de glucemia obligatorios previos al ejercicio físico, para evitar hipoglucemias o evitar realizar ejercicio con niveles de glucemia muy elevados. A partir de estos datos analizamos los valores de glucemia y su evolución a lo largo de estos tres meses. Para ello únicamente utilizamos los valores del desayuno, la comida y la cena, para ver la evolución a lo largo de estos tres meses, ya que los otros dos controles no se llegaban a realizar habitualmente.

Observamos que los datos se observa que no hay mucha diferencia entre los valores de glucemia, siendo poco los cambios en los valores de glucemia durante los tres meses de intervención, confirmándose tras el análisis de los datos de glucemia del primer mes con respecto al último, viéndose que no existen diferencias significativas en los valores, a pesar de que existe un descenso. Esto se puede deber a desajustes en la dieta, o a una incorrecta dosis de insulina. Estos datos se ven corroborados con leve cambio en los valores de Hba1c, que apenas variaron de los valores previos al programa (7,6%), con respecto a los valores posteriores (7,4%)

En los valores de insulina administrada exógenamente por la participante, hemos observado como existe una diferencia en las unidades administradas, tanto al inicio como al final de estos tres meses de entrenamiento, con un descenso en todos los tipos de insulina utilizados por nuestra paciente, en la insulina NovoRapid, que es la que tiene una acción más rápida, cercana a una hora tras su administración, junto a la insulina Actrapid, de acción rápida también, pero de un efecto más lento que a anterior, alrededor de 3 horas, son las que más cambios se produce, observando tras el análisis de los datos que existen diferencias significativas en la administración de ambos tipos de insulina entre el primer mes y el ultimo. Los cambios en la insulina Levemir, son menores, aunque también existe un descenso, este no es significativo, esta última es la que tiene una acción más lenta.

Es posible que estos cambios se deba a este factor, ya que la administración de las insulinas de efecto rápido coinciden con la práctica de actividad física (mañana y medio día) y es posible que se administrara menor cantidad de por el efecto inmediato de estas insulinas, mientras que la insulina Levemir, su acción es más lenta, con un período de acción de alrededor de 12 horas, y se administra tanto por la mañana como por la noche, al tener un efecto más continuado a lo largo del día, es la menos propensa a sufrir modificaciones. A pesar de todo esto, los valores de glucemia no se han modificado prácticamente, por lo que quizá habría que plantearse de cara al futuro cambiar los patrones de administración de los distintos tipos de insulina, por lo que es necesario continuar con este programa y observar si este descenso de la insulina persiste o si por el contrario, es fruto de ajustes iniciales a la práctica de ejercicio.

Por último, tras este primer período de tres meses de la intervención, se volvieron a medir todas las variables que se tomaron al inicio, para comprobar si la práctica de actividad física había influenciado en la mejora de estos parámetros. Hemos visto cómo los valores de IMC, $VO_{2m\acute{a}x}$, tensión arterial, y hemoglobina glicosilada apenas han variado; la tensión arterial mostró valores casi idénticos a los iniciales, y en el caso del IMC y la Hba1c, los valores han disminuido, pero muy poco. De todas formas, en ningún caso obtuvimos resultados negativos, ya que los valores de tensión arterial de la participante fueron adecuados desde el inicio y el resto de parámetros tienden a la mejoría.

Como hemos comentado en la introducción, estudios como el de Bohn et al. (2015), hablan de la hemoglobina glicosilada, y que esta mejora sus valores tras la práctica de actividad física, pero esta mejora no es significativa. Los factores a los que puede ser debido son que el paciente no siga unas pautas de alimentación y control de la insulina adecuada, a pesar de realizar actividad física. También puede ser por falta de educación diabetológica; según Martín Escudero (2006), normalmente, los pacientes con diabetes tipo 1 suelen tener poca educación diabetológica, y a menudo tienen dificultades para controlar sus niveles de glucemia en sangre tanto durante como después de las sesiones de actividad física. Esto puede provocar la renuncia a la práctica de ejercicio por parte del paciente, por miedo a sufrir una hipoglucemia, pero sin duda, el ejercicio físico tiene efectos positivos sobre el mantenimiento de la glucemia en este tipo de diabetes siempre y cuando sea aeróbico, se realice con continuidad, a una intensidad adecuada y preferentemente por la mañana.

En el caso de nuestro sujeto, sí tiene una buena educación diabetológica, dispone de un diario donde calcula la cantidad determinada de insulina que debe inyectarse en función de las raciones ingeridas, llevando un buen control de la glucemia. Pero sí que hemos observado durante la intervención que el miedo a sufrir hipoglucemias ha sido frecuente, lo que ha podido afectar en que esos niveles de glucemia no se hayan visto modificados, ya que la insulina administrada ha sido menor. Esto podría relacionarse con la disminución de los niveles de insulina administrados exógenamente, que como hemos visto en los resultados, ha disminuido en los tres tipos. Quizá el factor del miedo a sufrir una hipoglucemia haya tenido que ver en la disminución de esos valores, o puede que sea también por el efecto del ejercicio.

También es cierto, que para que los resultados tengan una mayor validez habría que hacer un análisis más largo, de uno o dos años, ya que muchos de los beneficios de la AF se producen a largo plazo. Nuestro objetivo inicial se planteó para un año de duración; en el momento actual el proyecto continúa, con la misma metodología. Les hemos presentado los datos de los tres primeros meses de entrenamiento progresivo, por lo que es posible que los resultados obtenidos más adelante varíen de forma considerable.

Por tanto, las principales conclusiones de los resultados obtenidos en nuestra intervención quedarían resumidos de la siguiente manera:

- ▶ No existen diferencias significativas en los valores obtenidos de glucemia entre el primer mes de intervención y el último, estos datos pueden ser consecuencia de un mal control en la administración de insulina, a una incorrecta dieta, o al corto periodo de intervención.

- ▶ Existen diferencias significativas en los valores obtenidos de insulina Novorapid y Actrapid entre el primer mes de intervención y el último, por el contrario, no existen diferencias significativas en los valores de insulina Levemir, estos cambios se pueden deber a distintos factores como el miedo a sufrir hipoglucemias y al período de acción a lo largo del día de los distintos tipos de insulina.

- ▶ Los valores de hemoglobina glucosilada, IMC, presión arterial y $VO_{2\text{máx}}$, han sufrido pequeñas variaciones con respecto al inicio del programa.

- ▶ Es necesario que el programa continúe en el tiempo para poder observar a largo plazo si disminuyen los valores de estas variables, como así afirman las diferentes revisiones bibliográficas que hemos consultado.

7. BIBLIOGRAFIA.

- Alemán, J. A., de Baranda Andujar, P. S., y Ortín, E. J. O. (2014). *Guía para la prescripción de ejercicio físico en pacientes con riesgo cardiovascular*. SEH-LELHA.
- American College of Sports Medicine. (2005). *Manual ACSM para la valoración y prescripción del ejercicio* (Vol. 44). Editorial Paidotribo.
- Andrade, E., Garrido, J., Arce, C., Francisco, C. D., y Torrado, J. (2013). Versión breve en español del cuestionario POMS para deportistas adultos y población general. *Revista de psicología del deporte*, 22(1), 0095-102.
- Bally, L., Zueger, T., Buehler, T., Dokumaci, A. S., Speck, C., Pasi, N., ... y Rosset, R. (2016). Metabolic and hormonal response to intermittent high-intensity and continuous moderate intensity exercise in individuals with type 1 diabetes: a randomised crossover study. *Diabetologia*, 1-9.
- Blair, S. N. (2009). Physical inactivity: the biggest public health problem of the 21st century. *British journal of sports medicine*, 43(1), 1-2.
- Bohn, B., Herbst, A., Pfeifer, M., Krakow, D., Zimny, S., Kopp, F., ... y Holl, R. W. (2015). Impact of Physical Activity on Glycemic Control and Prevalence of Cardiovascular Risk Factors in Adults With Type 1 Diabetes: A Cross-sectional Multicenter Study of 18,028 Patients. *Diabetes care*, 38(8), 1536-1543.
- Borg, E., y Kaijser, L. (2006). A comparison between three rating scales for perceived exertion and two different work tests. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 16(1), 57-69.
- Burr, J. F., Shephard, R. J., y Riddell, M. C. (2012). Physical activity in type 1 diabetes mellitus Assessing risks for physical activity clearance and prescription. *Canadian Family Physician*, 58(5), 533-535.
- Chodzko-Zajko, W. J. (2014). Exercise and physical activity for older adults.
- Colberg, S. R., Laan, R., Dassau, E., y Kerr, D. (2015). Physical activity and type 1 diabetes time for a rewire?. *Journal of diabetes science and technology*, 1932296814566231.
- Martín Escudero, P. (Mayo 2006). *Ejercicio físico y diabetes*. España: Menarini.
- Experimento de Laboratorio, F. (2012). Prueba aeróbica de caminar de una milla (Rockport).
- Fuchsjäger-Mayrl, G., Pleiner, J., Wiesinger, G. F., Sieder, A. E., Quittan, M., Nuhr, M. J., ... y Wolzt, M. (2002). Exercise training improves vascular endothelial function in patients with type 1 diabetes. *Diabetes care*, 25(10), 1795-1801.
- Galassetti, P., y Riddell, M. C. (2013). Exercise and type 1 diabetes (T1DM). *Comprehensive Physiology*.
- García-Verdugo, M. (2007). *Resistencia y entrenamiento: una metodología práctica*. Paidotribo.
- Kibele, A., y Behm, D. G. (2009). Seven weeks of instability and traditional resistance training effects on strength, balance and functional performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(9), 2443-2450.
- Kraniou, G. N., Cameron-Smith, D., y Hargreaves, M. (2004). Effect of short-term training on GLUT-4 mRNA and protein expression in human skeletal muscle. *Experimental physiology*, 89(5), 559-563.
- Krieger, J. W. (2010). Single vs. multiple sets of resistance exercise for muscle hypertrophy: a meta-analysis. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(4), 1150-1159.

- Mate-Munoz. J. L; Monroy-Anton, A.J; Jodra-Jimenez. P y Gamacho-Castano. M.V. (2014): Effects of instability versus traditional resistance training on strength power and velocity in untrained men. *Journal of Sports Science and Medicine*. 13: 460-468.
- McGee, S. L., Howlett, K. F., Starkie, R. L., Cameron-Smith, D., Kemp, B. E., y Hargreaves, M. (2003). Exercise increases nuclear AMPK $\alpha 2$ in human skeletal muscle. *Diabetes*, 52(4), 926-928.
- Physical Activity Readiness Questionnaire - PAR-Q (revisado 2002).
- Prior, S. J., Goldberg, A. P., Ortmeyer, H. K., Chin, E. R., Chen, D., Blumenthal, J. B., y Ryan, A. S. (2015). Increased skeletal muscle capillarization independently enhances insulin sensitivity in older adults after exercise training and detraining. *Diabetes*, 64(10), 3386-3395.
- Radaelli, R., Fleck, S. J., Leite, T., Leite, R. D., Pinto, R. S., Fernandes, L., y Simão, R. (2015). Dose-Response of 1, 3, and 5 Sets of Resistance Exercise on Strength, Local Muscular Endurance, and Hypertrophy. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(5), 1349-1358.
- Ratamess, N. A., Alvar, B. A., Evetoch, T. K., Housh, T. J., Kibler, W. B., y Kraemer, W. J. (2009). Progression models in resistance training for healthy adults [ACSM position stand]. *Med Sci Sports Exerc*, 41(3), 687-708.
- Riddell, M., y Perkins, B. A. (2009). Exercise and glucose metabolism in persons with diabetes mellitus: perspectives on the role for continuous glucose monitoring. *Journal of diabetes science and technology*, 3(4), 914-923.
- Rodríguez, F. A. (1994). Cuestionario de Aptitud para la Actividad Física (C-AAF), versión catalana/castellana del PAR-Q revisado. *Apunts Medicina de l'Esport (Castellano)*, 31(122), 301-310.
- Ruiz-Ramos, M., Escolar-Pujolar, A., Mayoral-Sánchez, E., Corral-San Laureano, F., y Fernández-Fernández, I. (2006). La diabetes mellitus en España: mortalidad, prevalencia, incidencia, costes económicos y desigualdades. *Gaceta Sanitaria*, 20, 15-24.
- Yardley, J. E., Kenny, G. P., Perkins, B. A., Riddell, M. C., Malcolm, J., Boulay, P., ... y 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.

8. ANEXOS.

El ejercicio físico regular ayuda a lograr un mejor control metabólico a largo plazo.
El entrenamiento físico disminuye las concentraciones basales y postprandriales de insulina y mejora la permeabilidad de la membrana
Aumenta la sensibilidad de la insulina.
Ayuda al control y reducción de peso.
Reduce los factores de riesgo cardiovascular.
Mejora el perfil de lípidos y reduce la tensión arterial por descenso de las resistencias periféricas.
Mejora la función cardiovascular con aumento del consumo máximo de oxígeno y descenso de la frecuencia cardiaca para el mismo nivel de esfuerzo físico.
Mejora la sensación de bienestar y la calidad de vida del paciente diabético.

Figura 1. Ventajas y beneficios del ejercicio aeróbico sobre la diabetes. (Martín Escudero, 2006).

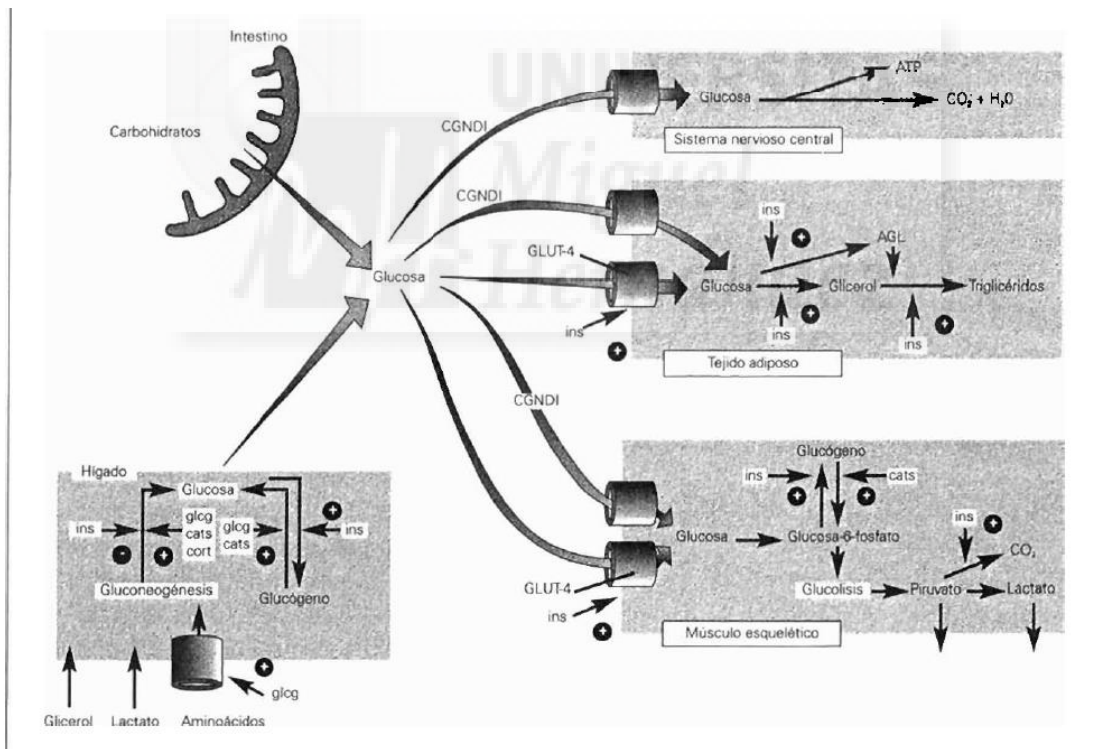


Figura 2. Visión de conjunto de la acción de la insulina. (Martín Escudero, 2006).

Media de glucemias.	Hemoglobina glucosilada.
80 – 120 mg/dL	5% - 6%
120 – 150 mg/dL	6% - 7%
150 – 180 mg/dL	7% - 8%
180 – 210 mg/dL	8% - 9%
210 – 240 mg/dL	9% - 10%
240 – 270 mg/dL	10% - 11%
270 – 300 mg/dL	11% - 12%
300 – 330 mg/dL	12% - 13%

Figura 3. Cálculo aproximado entre hemoglobina glucosilada y promedio de glucemias en ayunas.

Test de marcha de 2 km Existen algunos test de campo que permiten estimar de forma muy sencilla la capacidad aeróbica máxima de la persona ($VO_{2m\acute{a}x}$). Uno de ellos es el test de marcha de 2 km, en el que tan sólo es preciso registrar el tiempo empleado en cubrir dicha distancia andando de prisa (pero sin correr), así como las pulsaciones alcanzadas al final del ejercicio.

$$VO_{2m\acute{a}x} \text{ (mL * kg}^{-1} \text{ * min}^{-1} \text{)}:$$

$$132.6 - (0.17 \times MC) - (0.39 \times \text{Edad}) + (6.31 \times G) - (3.27 \times T) - (0.156 \times FC)$$

Donde:

G = Género o Sexo (0 = mujeres; 1= varones)

MC = Masa o peso corporal (kg)

T = Tiempo transcurrido durante la prueba (minutos)

FC = Frecuencia cardiaca o pulso palpado extrapolado a un minuto (latidos/minuto)

Se emplea un cronómetro para controlar el tiempo de ejecución y un pulsómetro para el registro de la frecuencia cardiaca.

Figura 4. Prueba aeróbica de caminar de una milla (1,6Km) (Rockport).

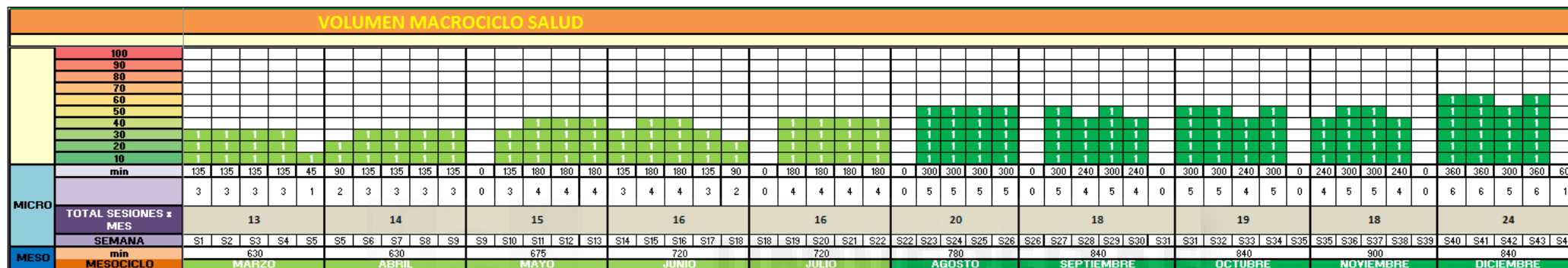


Figura 5. Representación macrociclo 10 meses.

SEMANA	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15																														
MESO	MARZO					ABRIL					MAYO																																		
Minutos																																													
REGENERATIVO																																													
EXTENSIVO (LIPOLITICO)																																													
INTENSIVO (GLUCOLITICO)																																													
OBLA																																													
MIXTO1																																													
MIXTO2																																													
LACTICO1																																													
LACTICO2																																													
ALACTICO																																													
TOTAL min SEMANA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0																														
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>MARZO</th> <th>ABRIL</th> <th>MAYO</th> <th>TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ZONAS FRECUENCIA CARDIACA</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Muy duro</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Duro</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Moderado</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ligero</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>																	MARZO	ABRIL	MAYO	TOTAL	ZONAS FRECUENCIA CARDIACA					Muy duro					Duro					Moderado					Ligero				
	MARZO	ABRIL	MAYO	TOTAL																																									
ZONAS FRECUENCIA CARDIACA																																													
Muy duro																																													
Duro																																													
Moderado																																													
Ligero																																													

Figura 6. Carga resistencia y fuerza a través de la FC.

	SEMANA	S1	S2	S3	S4	TOTAL MES	S5	S6	S7	S8	S9	TOTAL MES	S9	S10	S11	S12	S13	TOTAL MES	
		MESO	MARZO					ABRIL					MAYO						
	Minutos																		
	FUERZA RESISTENCIA																		
	FUERZA MÁXIMA																		
	FUERZA HIPERTROFICA																		
	TOTAL min SEMANA																		
	SEMANA																		
	MESO																		
Puntuacion	Minutos																		
6																			
7																			
8	Muy muy ligero																		
9																			
10	Muy ligero																		
11																			
12	Moderado																		
13																			
14	Algo duro																		
15																			
16	Duro																		
17																			
18	Muy duro																		
19	Muy, muy duro																		
20	Extenuante																		
	TOTAL min SEMANA																		

Figura 7. Hoja de datos, de tipo de fuerza y RPE-sesión.

Aumentar la ingestión de hidratos de carbono antes del ejercicio en unos 20 gr/hora de actividad física (40 gr de pan, 200 ml de zumo, 400 ml de leche, 200 gr de fruta, etc.)
Hacer ejercicio con algún compañero.
Es aconsejable elegir preferentemente el abdomen como lugar de inyección u otro lugar en el que la insulina se movilice de forma lenta durante el ejercicio que se va a realizar, evitando hacerlo en las extremidades que van a intervenir en el esfuerzo.
El riesgo de hipoglucemia posterior al ejercicio es mayor cuando la práctica deportiva o competición se realiza por la tarde. En estos casos, habrá que evitar que el pico de insulina coincida con el ejercicio, así como el uso de insulina intermedia por la tarde, cambiándola por una dosis en la noche o reemplazarla por una de larga duración.
Habrà que realizar varias pruebas disminuyendo dosis de insulina o aumentando la ingesta tanto antes como durante o después del ejercicio y reproduciendo las condiciones de la competición. También habrá que hacer otra medición de la glucemia 3-4 horas después y a media noche. En general, es conveniente no utilizar insulinas de acción corta y las de larga duración, es mejor dividir las en dos dosis.
El ejercicio intenso o prolongado puede ser causa de hipoglucemia nocturna, por ello conviene realizar un control de glucemia capilar antes de acostarse.
El nivel ideal de glucemia antes del ejercicio es entre 120 y 180 mg/dl. Los pacientes que tengan glucemias que excedan de 250 mg/dl y cetonuria o glucemias superiores a 300 mg/dl sin cetonuria deberían retrasar el ejercicio y ponerse insulina suplementaria. Aquellos que tengan glucemias inferiores a 100 mg/dl necesitarán una ración extra de hidratos de carbono antes del ejercicio, independientemente del tipo de actividad planificada.
Està contraindicado en aquellas personas con incapacidad para reconocer la hipoglucemia.

Figura 8. Consejos para evitar hipoglucemias durante la actividad.

Detener inmediatamente la actividad.
Ingerir hidratos de carbono de absorción rápida (media taza de zumo).
Ingerir alimentos que contenga almidón antes de reasumir la actividad (por ejemplo, galletas o queso).
Descansar 15 min para permitir la absorción de los hidratos de carbono.
Reanudar la actividad cuando los valores de glucemia sean > 100 mg/dL
Si la hipoglucemia es grave, administrar glucagón intramuscular. Si el paciente no responde, derivarlo a un servicio médico.

Figura 9. Tratamiento de la reacción hipoglucémica durante la actividad

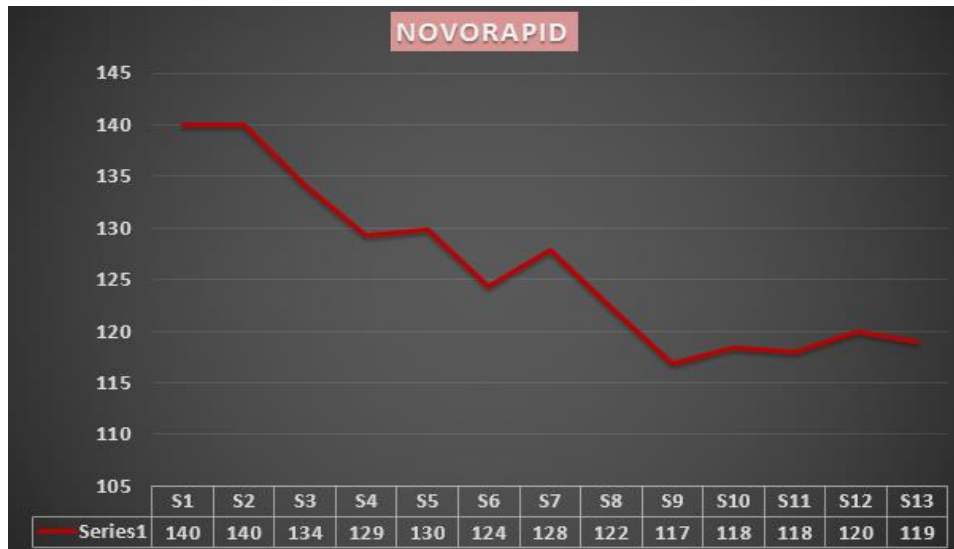


Figura 10. Evolución dosis insulina NovoRapid.



Figura 11. Evolución dosis insulina Actrapid.

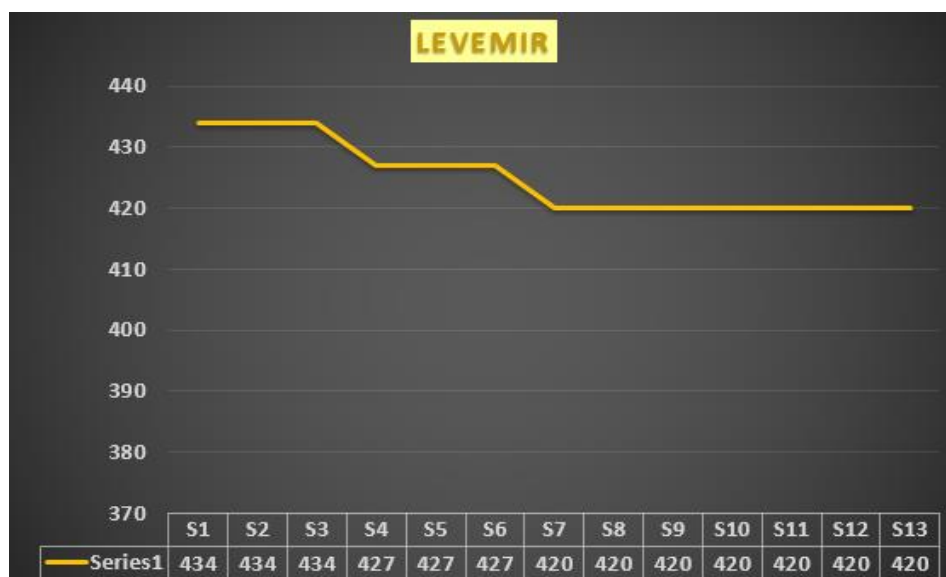


Figura 12. Evolución dosis insulina Levemir.

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13
NOVORAPID (ud/sem)	140	140	134	129	130	124	128	122	117	118	118	120	119
MEDIA	134				122				119				
LEVEMIR (ud/sem)	434	434	434	427	427	427	420	420	420	420	420	420	420
MEDIA	431				421				420				
ACTRAPID (ud/sem)	98	105	100	103	97	95	90	88	85	85	85	82	84
MEDIA	100				89				84				
MES	MARZO				ABRIL				MAYO				

Figura 13. Cantidad de unidades semanal de insulina administrada por el paciente durante el periodo de intervención.

DURACIÓN DEL EJERCICIO	AJUSTE DE INSULINA ANTES DEL EJERCICIO	DIETA SEGÚN GLUCEMIA ANTES DEL EJERCICIO	PAUTAS TRAS EL EJERCICIO
< 15 minutos	No es necesario hacer cambios	Si glucemia < 80 mg/dl. 10 - 15 g de HC extras	Si glucemia < 80 mg/dl. 10 - 15 g de HC extras
15 a 30 minutos	Reducir un 10% la insulina de acción corta si se hace en las 3 h después de la inyección	Si glucemia < 100 mg/dl. 10 - 15 g de HC extras	Si glucemia < 80 mg/dl. 10 - 15 g de HC extras. Ajustar insulina según glucemia
31 a 445 minutos	Reducir un 20% la insulina de acción corta si se hace en las 3 h después de la inyección	Si glucemia < 100 mg/dl. ingerir 20 - 30 g de HC extras	Si glucemia < 80 mg/dl. 10 - 15 g de HC extras. Ajustar insulina según glucemias
46 a 60 minutos	Reducir un 30% la insulina de acción corta si se hace en las 3 h después de la inyección	Si glucemia < 100 mg/dl. ingerir 20 - 30 g de HC extras y 10 - 15 g a intervalos de 20 minutos	Si glucemia < 80 mg/dl. 10 - 15 g de HC extras. Ajustar insulina según glucemias
> 1 hora	Reducir un número total de unidades igual al 10% de la dosis total diaria en la dosis previa al ejercicio, en la de regular si el ejercicio se hace 1 h después o en la NPH si se va a realizar 3 h después	Si glucemia < 100 mg/dl. ingerir 20 - 30 g de HC extras y 10 - 15 g a intervalos de 20 minutos. Monitorizar la glucemia cada hora	Si glucemia < 80 mg/dl. 10 - 15 g de HC extras. Ajustar insulina según glucemias

Este cuadro es una guía de inicio. Las variaciones serán personales basadas en las autodeterminaciones. FC_{max}: frecuencia cardíaca máxima; HC: hidratos de carbono; NPH: insulina de acción intermedia.

Figura 14. Actitud para intensidades de ejercicio del 60 al 75% de la FC_{máx}.

MARZO				ABRIL				MAYO			
Día	Des.	Com.	Cena	Día	Des.	Com.	Cena	Día	Des.	Com.	Cena
1	173	210	184	1	50	190	182	1	111	85	182
2	221	163	176	2	190	296	254	2	132	131	254
3	301	132	163	3	296	184	231	3	164	121	231
4	140	90	132	4	184	130	130	4	196	90	130
5	152	169	90	5	176	120	120	5	163	120	120
6	132	83	169	6	182	111	111	6	213	111	111
7	164	152	83	7	254	147	132	7	132	147	132
8	196	173	152	8	231	159	164	8	50	159	164
9	163	263	132	9	130	123	196	9	190	123	196
10	90	301	164	10	182	63	163	10	296	63	163
11	169	140	196	11	254	321	213	11	184	230	170
12	83	152	132	12	231	240	132	12	176	240	132
13	152	132	50	13	130	124	50	13	182	124	50
14	173	164	190	14	120	164	190	14	254	164	190
15	263	196	296	15	111	196	296	15	231	196	210
16	301	163	184	16	147	163	184	16	130	163	184
17	140	213	176	17	159	213	176	17	182	160	176
18	152	63	182	18	123	63	182	18	63	63	182
19	132	184	254	19	63	184	254	19	184	184	254
20	164	176	231	20	50	176	231	20	176	176	231
21	196	182	130	21	190	182	130	21	182	182	130
22	301	254	120	22	296	254	182	22	254	254	90
23	140	231	111	23	184	231	254	23	231	231	120
24	152	130	147	24	176	130	231	24	130	130	111
25	132	120	159	25	182	120	130	25	120	120	147
26	164	111	123	26	254	111	120	26	111	111	159
27	196	147	63	27	231	147	111	27	147	147	123
28	132	159	321	28	130	159	147	28	159	159	63
29	50	123	240	29	120	123	240	29	310	123	230
30	190	63	124	30	190	63	124	30	182	63	240
31	296	321	326					31	113	80	124
MEDIA	175	166	168	MEDIA	174	163	175	MEDIA	173	144	161

Figura 15. Valores de glucemia (mg/dL) en desayuno, comida y cena durante los meses de Marzo, Abril y mayo.

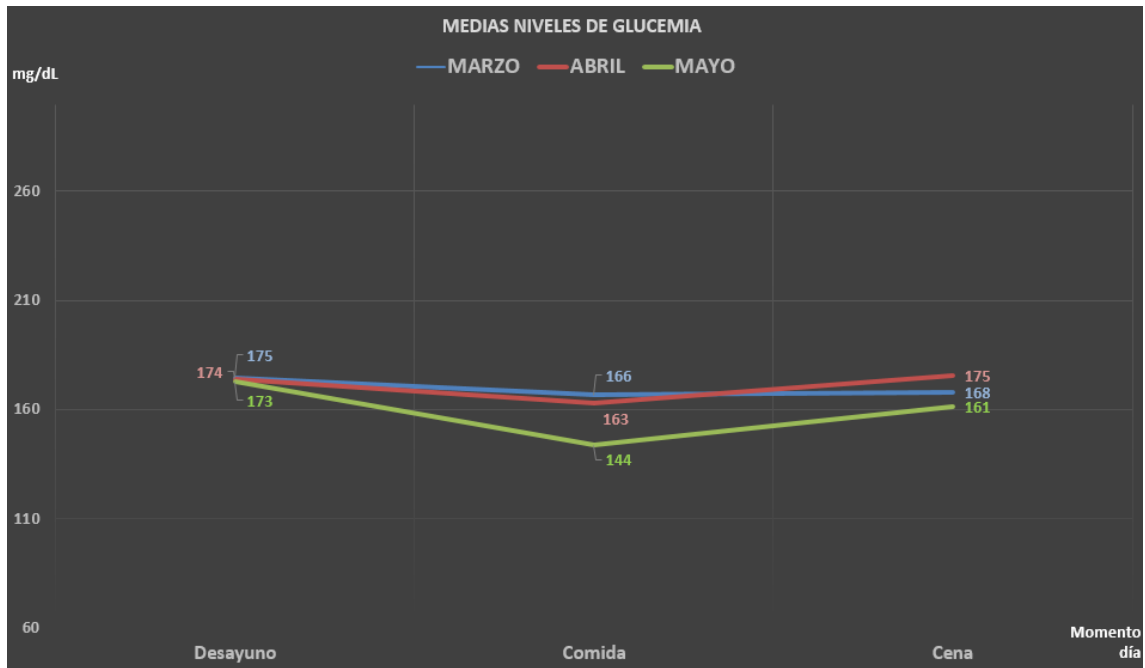


Figura 16. Valores medios de glucosa en sangre durante los meses de Marzo, Abril y Mayo en tres momentos del día.



Figura 17. Representación datos IMC.

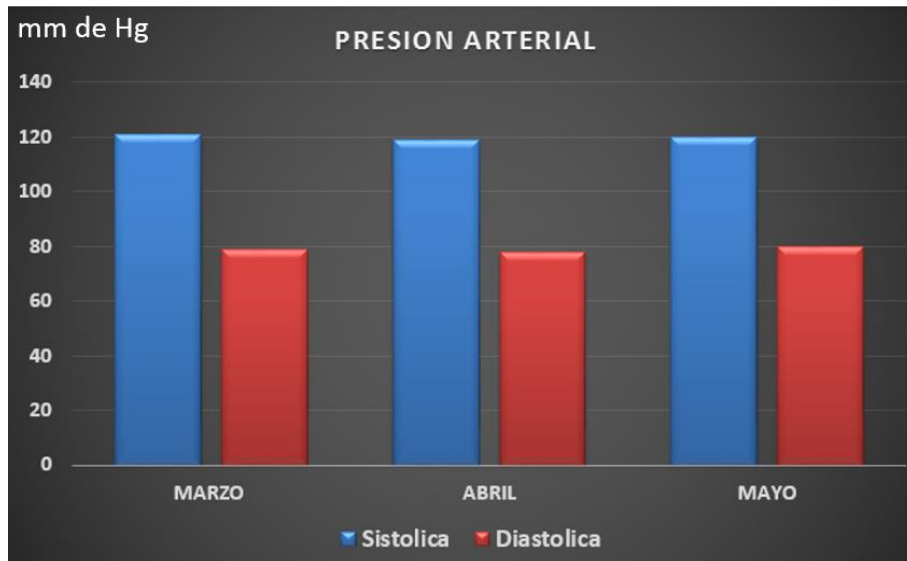


Figura 18. Representación datos presión arterial.

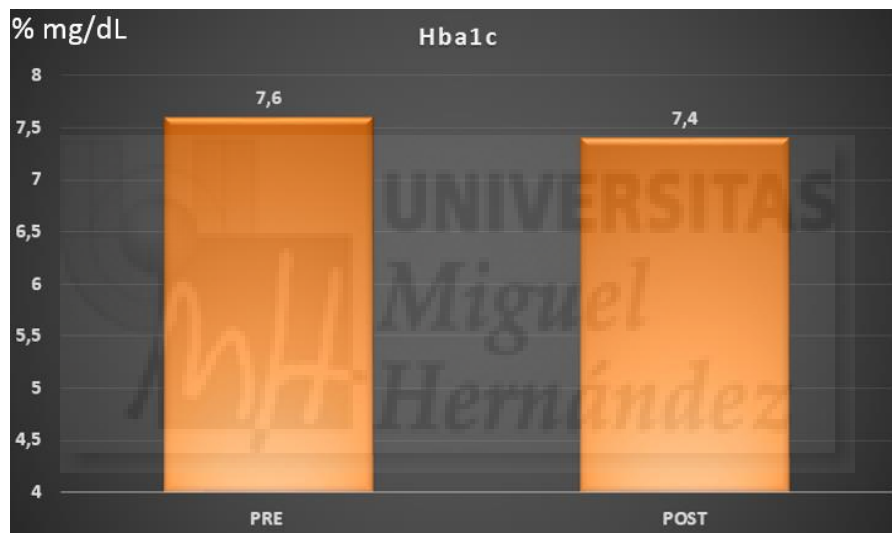


Figura 19. Representación datos Hba1c.



Figura 20. Representación VO₂máx.