



Universidad
Zaragoza

TRABAJO FIN DE GRADO

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL DEPORTE
GRADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL DEPORTE

EL CONTROL DE LA DIABETES EN LA ACTIVIDAD FÍSICA: UN ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE UN GLUCÓMETRO TRADICIONAL Y EL FREESTYLE LIBRE

***THE CONTROL OF DIABETES IN PHYSICAL ACTIVITY: A
COMPARATIVE STUDY BETWEEN A TRADITIONAL
GLUCOMETER AND FREESTYLE LIBRE***

AUTOR:

DAVID ALBIASU AZCÁRRAGA

TUTOR ACADÉMICO:

ÁNGEL MATUTE LLORENTE

DEPARTAMENTO DE FISIATRÍA Y ENFERMERÍA

CURSO ACADÉMICO: 2017/2018

ÍNDICE

1. RESUMEN	3
2. LISTADO DE ABREVIATURAS	5
3. INTRODUCCIÓN.....	6
4. OBJETIVOS.....	11
5. MATERIAL Y MÉTODOS	12
5.1. Características de los participantes:	12
5.2. Procedimiento:	12
5.3. Instrumentos y técnicas de obtención de datos:	13
6. RESULTADOS	16
7. DISCUSIÓN.....	19
7.1. Cumplimiento de los objetivos.	19
7.2. Principales hallazgos.	19
7.3. Valoración de los resultados.	22
7.4. Fortalezas y limitaciones del estudio.	23
7.5. Futuras líneas de investigación.	24
8. CONCLUSIONES.....	26
9. VALORACIÓN PERSONAL.....	27
10. AGRADECIMIENTOS.....	29
11. BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA	31
12. ANEXOS.....	34
12.1. Consentimiento informado por escrito del voluntario.	34
12.2. Planillas para el registro de datos en cada modalidad deportiva.	36

1. RESUMEN

La prevalencia de la diabetes ha aumentado de manera considerable en las últimas décadas. De forma paralela se ha producido un aumento en el uso de sensores de monitorización de la glucosa en este grupo de población. Frente a la utilización del glucómetro tradicional, recientemente, existen en el mercado nuevos sensores que permiten una monitorización *flash* o continua de la glucemia. Esto supone un gran avance, ya que permite detectar las variaciones de la glucosa circulante en cualquier momento sin necesidad de pinchar las yemas de los dedos.

Este tipo de sensores son de gran utilidad en personas con diabetes, concretamente en deportistas de diferentes modalidades deportivas: corredores de larga distancia, ciclismo en ruta y deportistas que practican deportes intermitentes, permitiendo, en todo momento, detectar los cambios en la glucemia: antes, durante y después de la práctica deportiva. Por tanto, el objetivo del presente estudio fue validar la información de la glucemia proporcionada por el sensor FreeStyle Libre con la utilización de un glucómetro tradicional en diferentes modalidades deportivas: pelota vasca, natación, baloncesto, fútbol y carrera.

El estudio de validación se realizó en 2 participantes con diabetes, uno deportista y otro normoactivo. Los sujetos portaron el sensor durante un período de catorce días. Durante este tiempo, los sujetos realizaron diferentes actividades deportivas y varios test controlados para la obtención de los datos simultáneos en ambos dispositivos. El sensor FreeStyle Libre registró datos continuos de la glucosa intersticial durante el periodo nombrado, no siendo ésta un reflejo de la glucosa circulante.

Se puede concluir que los valores de glucemia obtenidos con el sensor FreeStyle Libre, comparando con los valores del propio glucómetro tradicional, en general varían según la intensidad, duración del esfuerzo y la modalidad deportiva que se practica. Por todo ello, dependiendo del perfil de la persona y su actividad, en general recomiendo realizar las glucemias con ambos aparatos en momentos de práctica deportiva, pudiendo utilizar solamente el sistema FreeStyle Libre en situaciones menos activas y relajadas.

ABSTRACT

The prevalence of diabetes has increased considerably in recent decades. In parallel there has been an increase in the use of glucose monitoring sensors in this population group. Compared to the traditional glucometer, recently, there are new sensors on the market that allow a continuous or flash monitoring of blood glucose. This advance allows detecting the variations of circulating glucose at any time without the need to prick the fingertips.

These sensors are very useful in athletes with diabetes; long distance runners, road cycling, basketball and football players, and son on, allowing the detection of changes in blood glucose at all times: before, during and after sports practice. Therefore, the objective of the present study was to validate the blood glucose information provided by the FreeStyle Libre sensor with the use of a traditional glucometer in different sports modalities: Basque pelota, swimming, basketball, soccer and running.

The validation study was conducted in 2 participants with diabetes, one athlete and another normoactive. The participants wore the sensor for 14 days. During this period, participants performed different sports activities and several controlled tests to obtain simultaneous data on both devices. The FreeStyle Libre sensor recorded

continuous interstitial glucose data during the appointed period, which is not a reflection of circulating glucose.

In conclusion, the glycemia obtained with the FreeStyle Libre sensor, comparing with the values of the traditional glucometer, in general, vary according to the intensity, duration of the effort and the sports modality practiced. Therefore, depending on the profile of the person and their activity, I generally recommend performing glycemia with both devices at times of sports practice, being able to use only the FreeStyle Libre system in less active and relaxed situations.

2. LISTADO DE ABREVIATURAS

DM	Diabetes Mellitus.
MCG	Monitorización continua de glucosa.
SMBG	Self-monitoring blood glucose.
SMCG	Self-monitored capillary glucose.

3. INTRODUCCIÓN

La diabetes mellitus (DM) es un conjunto de trastornos metabólicos, cuya característica común principal es la presencia de concentraciones elevadas de glucosa en la sangre de manera persistente o crónica. Esta elevación puede ser debido a un defecto en la producción de insulina, a una resistencia a la acción de ella para utilizar la glucosa, a un aumento en la producción de glucosa o a una combinación de estas causas. También se acompaña de anormalidades en el metabolismo de los lípidos, proteínas, sales minerales y electrolitos. Existen varios tipos de DM (tipo I, tipo II, diabetes gestacional, etc.) aunque en este estudio se trabajará en personas con DM tipo I. La tipo I representa un 13 % de los casos de diabetes en España, afecta a 10.000 niños menores de 15 años y se contabilizan 1.200 nuevos casos cada año.

El control de la glucosa circulante ha sido desde hace años la piedra angular para frenar el desarrollo de las complicaciones diabéticas. La neuropatía, la retinopatía, la nefropatía y las complicaciones cardiovasculares se desarrollan a lo largo del tiempo en sujetos diabéticos con un mal control de la glucemia (Bondia, Vehí, Palerm & Herrero, 2010). Las hiperglucemias prolongadas producen reacciones de glucosilación inespecíficas en proteínas circulantes y en proteínas tisulares generando una situación de desequilibrio oxidativo, que a largo plazo produce disfunción y degeneración tisular. Posiblemente, otros mecanismos, además del desequilibrio oxidativo mencionado, estén asociados a las alteraciones moleculares presentes en los procesos de glucosilación. Por esta razón, las personas con diabetes han utilizado tradicionalmente glucómetros para el control de la glucosa circulante (Diabetes Control and Complications Trial Research Group et al., 1993).

La DM tipo I implica una deficiencia completa de la secreción nativa de insulina y su tratamiento fundamental, hasta la fecha, es la sustitución de esta secreción con insulina exógena de la forma más fisiológica posible. Los tratamientos actuales son imperfectos y necesitan ser optimizados. En este sentido, la integración de sensores continuos de glucosa con algoritmos que decidieran la dosis óptima de insulina a administrar y las bombas de infusión continua subcutánea de insulina, constituyendo un sistema de páncreas artificial, podrían suponer una mejoría muy significativa de las opciones terapéuticas disponibles hasta el momento, siendo una innovación de gran avance.



Figura 1. Representación de un sistema de auto-monitorización de glucosa en sangre.

El sistema de monitorización más tradicional (Figura 1), conocido como automonitorización de glucosa en sangre (SMBG del inglés “self-monitoring blood glucose”) necesita de continuas actualizaciones en sus sistemas y mecanismos de medición para su correcto funcionamiento (Fuentes, Lantigua, Aicart, & Fuentes, 2017).

La SMBG se basa en la utilización del glucómetro para realizar el análisis de los niveles de glucemia. La no utilización de reactivos químicos líquidos gracias a la química seca, ha hecho que sea posible su popularización. La conjunción del glucómetro y el uso de la química seca parecen ser un método fiable, rápido y preciso

en la medición de la glucosa en sangre (Pérez Berlanga, Rodríguez Diéguez, Hernández Pifferrer, Tribín Rivero, & Pérez Pupo, 2014).

La medición mediante glucómetros ha pasado de realizarse a través de una técnica de reflectancia fotométrica a un método basado en un bio-sensor electroquímico (Goldstein et al., 2004). Algunos autores, como (Edge et al., 2017) definen la SMBG como una técnica de control invasiva, molesta y con consecuencias para los pacientes, ya que en ocasiones genera errores que se traducen en un cálculo incorrecto de la insulina inyectable.

La información que proporciona el SMBG es intermitente y parcial, puesto que los cambios de glucemia producidos a lo largo del día son obviados (Klonoff, 2005). Las variaciones o fluctuaciones que caracterizan el perfil glucémico de las personas, sólo es conocido parcialmente con este tipo de técnica. Por ello, en la actualidad, para intentar paliar los problemas anteriormente descritos, han surgido nuevas técnicas o sistemas de control. Los sistemas de monitorización continua (SMCG del inglés “self-monitored capillary glucose”) proporcionan información semi-continua, midiendo los niveles de glucosa en el fluido intersticial. Estos mismos sistemas son divididos en la literatura científica como sistemas retrospectivos y sistemas de tiempo real. Los primeros miden la glucosa en fluido peritoneal a través de un sensor conectado a un catéter que debe mantenerse en correctas condiciones higiénicas para evitar infecciones en la zona de inserción. Se llaman sistemas retrospectivos porque la elevación del azúcar en sangre no es inmediata tras la ingesta de alimentos. Los sistemas a tiempo real monitorizan la glucemia directamente en el torrente sanguíneo, midiendo la subida de glucosa justo después de la ingesta de alimentos.

Los sistemas a tiempo real proporcionan datos visibles de forma inmediata. Actualmente hay varios sensores o bio-marcadores que puedan permitir este tipo de seguimiento, y pese a que son sistemas fiables y válidos, tal y como demuestra la literatura actual (Bloomgarden, Freeman, & DeRobertis, 2008; Zeevi et al., 2015), también han sido criticados por su escasa adaptación en poblaciones infantiles. Además presentan un alto coste económico, necesidad de calibraciones continuas comparando con la punción digital y reacciones cutáneas (dermatitis) en la zona de contacto del sistema (Diabetes Research in Children Network Study Group et al., 2009).

Uno de los sistemas de monitorización continua más reciente es el FreeStyle Navigator Continuous Glucose Monitor (Abbott Laboratories, Alameda, CA). El sistema FreeStyle Libre (véase Figura 2) está compuesto por un catéter enzimático que se inserta subcutáneamente, habitualmente en la región posterior proximal del brazo, que resuelve los problemas aparecidos anteriormente (Klonoff, 2005). El sensor mide la glucosa en el fluido intersticial cada minuto, almacena el historial de datos de glucosa cada 10 minutos, con una memoria de 8 horas, y posee una vida útil de 14 días (Ólafsdóttir et al., 2017). La monitorización continua permite observar determinadas tendencias y se le otorga cierta capacidad de predicción tanto en las hipoglucemias como en las hiperglucemias. El sistema permite observar la actividad del paciente, como por ejemplo durante el sueño o al realizar ejercicio físico (Klonoff, 2005). Este tipo de instrumento ofrece características menos invasivas, otorga mayores posibilidades de uso, está destinado a un mayor tipo de población, y por último, requiere de un menor coste y mayor accesibilidad (Diabetes Research in Children Network Study Group et al., 2009; Edge et al., 2017).



Figura 2. Imagen del Sistema FreeStyle Libre.

La utilización de los sistemas de monitorización continua podrían proporcionar datos en cuanto a la respuesta glucémica ante diferentes situaciones. Ayudarían a determinar los posibles riesgos derivados de las variaciones incontroladas de glucosa en el caso de las personas con diabetes, sirviendo de referencia para la toma de determinados fármacos o incluso para calcular las unidades inyectables de insulina, disminuyendo los episodios de hiper- e hipoglucemia (Dunn, Hayter, Doniger, & Wolpert, 2014). Finalmente, sería de gran utilidad para analizar la variabilidad postprandial que se produce en cada persona tras la ingesta de un mismo alimento, pudiendo dar diferentes respuestas glucémicas (Zeevi et al., 2015).

La exactitud de los MCG (Monitorización Continua de Glucosa) ha ido mejorando con la aparición de nuevas tecnologías. Actualmente, los dispositivos más modernos tienen una diferencia media respecto a la glucemia capilar y/o plasmática del 11,4 a 13,9%, la que es mucho mejor a la reportada con los primeros equipos de MCG (Apablaza, P., Soto, N., & Román, R., 2016).

El tipo de sistemas comentado anteriormente está creado principalmente para la mejora de la gestión de la diabetes y el control de la glucemia, por lo que el trabajo que se presenta en esta memoria pretende comparar la utilidad y la información que aportan

estos sistemas frente a los sistemas de automonitorización de glucosa en sangre en poblaciones de deportistas con diabetes.

Para ello se ha monitorizado la variación de la glucemia durante diferentes situaciones, tales como en natación, pelota vasca, en esfuerzos continuos como correr, etc. ya que hasta ahora, en la mayoría de los casos que se han realizado estudios con estos sistemas de medición de glucosa se han realizado en personas diabéticas sedentarias o no muy activas. La monitorización continua permite observar el comportamiento determinado de la glucemia durante momentos concretos, y su evolución o desarrollo en las siguientes horas. Por ello, gracias a este estudio quiero analizar y ver si la eficacia y el porcentaje de error del sistema de monitorización continua FreeStyle Libre es la misma o interfiere según cuál sea la práctica deportiva de los sujetos afectados.

4. OBJETIVOS

El objetivo de este estudio es comparar y analizar las diferencias de los valores obtenidos a través del Sistema flash de monitorización continua (FreeStyle Libre) con la auto-monitorización de glucosa en sangre en un participante deportista y un normoactivo cuando realizan diferentes modalidades deportivas (pelota vasca, natación, baloncesto, fútbol y correr).

5. MATERIAL Y MÉTODOS

5.1. Características de los participantes:

El trabajo experimental ha sido realizado por dos sujetos de diferente perfil. El primero es un sujeto deportista (varón, 21 años, altura 176 cm, peso 76.5 kg). Tiene experiencia deportiva en deportes colectivos e intermitentes, como el fútbol y la pelota mano. Se trata de un deportista sin limitaciones o impedimentos a nivel músculo-esquelético y padece la Diabetes Mellitus tipo 1 desde los 9 años.

El segundo participante es un sujeto normoactivo (varón, 24 años, altura 185 cm, peso 85 kg) que practicó fútbol hasta los 16 años, pero tras una lesión dejó la práctica deportiva federada. Se trata de un individuo que no tiene limitaciones o impedimentos a nivel musculo-esquelético, aunque sí padece la Diabetes Mellitus tipo 1, como enfermedad metabólica, desde los 7 años.

5.2. Procedimiento:

Los participantes llevaron el sensor FreeStyle Libre durante un tiempo definido de catorce días, siendo éste el tiempo máximo recomendado por el fabricante para la utilización del aparato. El sensor fue colocado en la parte proximal postero-superior del brazo izquierdo. Posee un pequeño filamento estéril que se inserta subcutáneamente sin producir sensación de dolor.

Los sujetos practicaron durante varios días no consecutivos diferentes modalidades deportivas (fútbol 11, baloncesto, natación, correr y pelota mano), en las cuáles cada 10 minutos se paraban y se tomaban la medición de la glucosa de ambas maneras. De este modo, en cada sesión se tomaban aproximadamente 8 mediciones (el

primero 10 minutos antes de empezar y el último, 10 minutos después de practicar deporte). Una vez realizada la medición, se apuntaban en la hoja de registro (ver en *anexos*) las glucemias y se seguía con la práctica deportiva hasta la siguiente medición. La duración de la práctica deportiva en cada modalidad deportiva fue de 60 minutos.

5.3. Instrumentos y técnicas de obtención de datos:

El MCG consta de 3 partes: 1) Sensor, 2) Transmisor y 3) Receptor. El sensor es un filamento que se inserta a través de la piel (es de tipo enzimático subcutáneo) y es la pieza que mide los niveles de glucosa a nivel del espacio intersticial subcutáneo. El sensor (su ángulo de inserción es de 90°) está unido al transmisor, una pequeña pieza que queda por fuera de la piel, conectada al sensor. A su vez el transmisor informa en forma inalámbrica al receptor (Figura 3).

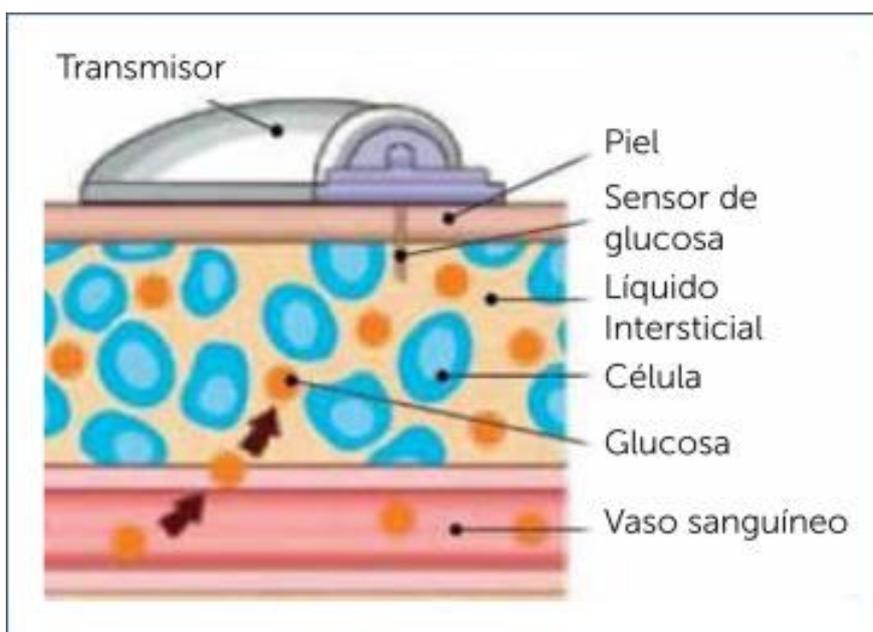


Figura 3. Partes del MCG.

El sensor determina la glucosa intersticial cada 5 minutos, entregando así 288 mediciones en un día. El sensor contiene enzima glucosa oxidasa, que por una reacción electroquímica dependiente de los niveles de glucosa informa a través de una corriente eléctrica que es detectada por el transmisor. A su vez, estas variaciones eléctricas son entregadas por el transmisor al receptor que las informa al usuario como glucosa en mg/dl. La vida útil de los sensores varía de 3 a 14 días, dependiendo de la marca fabricante, (los sensores utilizados en este estudio tienen una vida útil de 14 días) de modo que debe ser reemplazado por uno nuevo una vez que su funcionamiento caduca.

El Sistema flash de monitorización continua (FreeStyle Libre) mide los niveles de glucosa del líquido intersticial. El tamaño del sensor insertado subcutáneamente es de 5 mm de diámetro y 35 mm de longitud. El instrumento se acompaña de un lector digital para capturar los datos del sensor, siendo necesaria una lectura manual por parte del sujeto al menos una vez cada 8h. El sensor automático registra información de la glucemia cada 5 min. Las gráficas construidas por el registro de los datos aportan información de la variación de la glucemia durante las 24 h diarias (Figura 4).

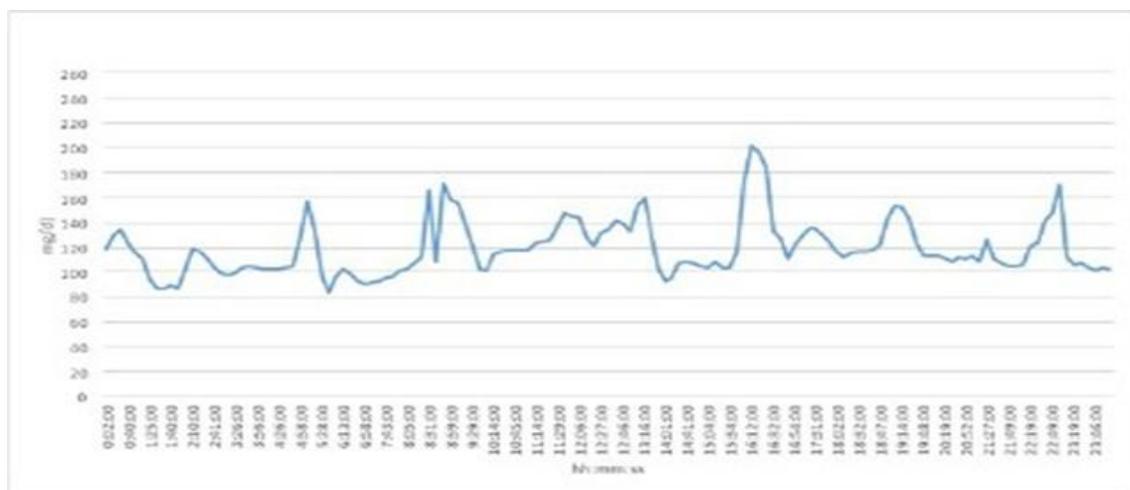


Figura 4. Variación del nivel de glucosa durante 24 horas.

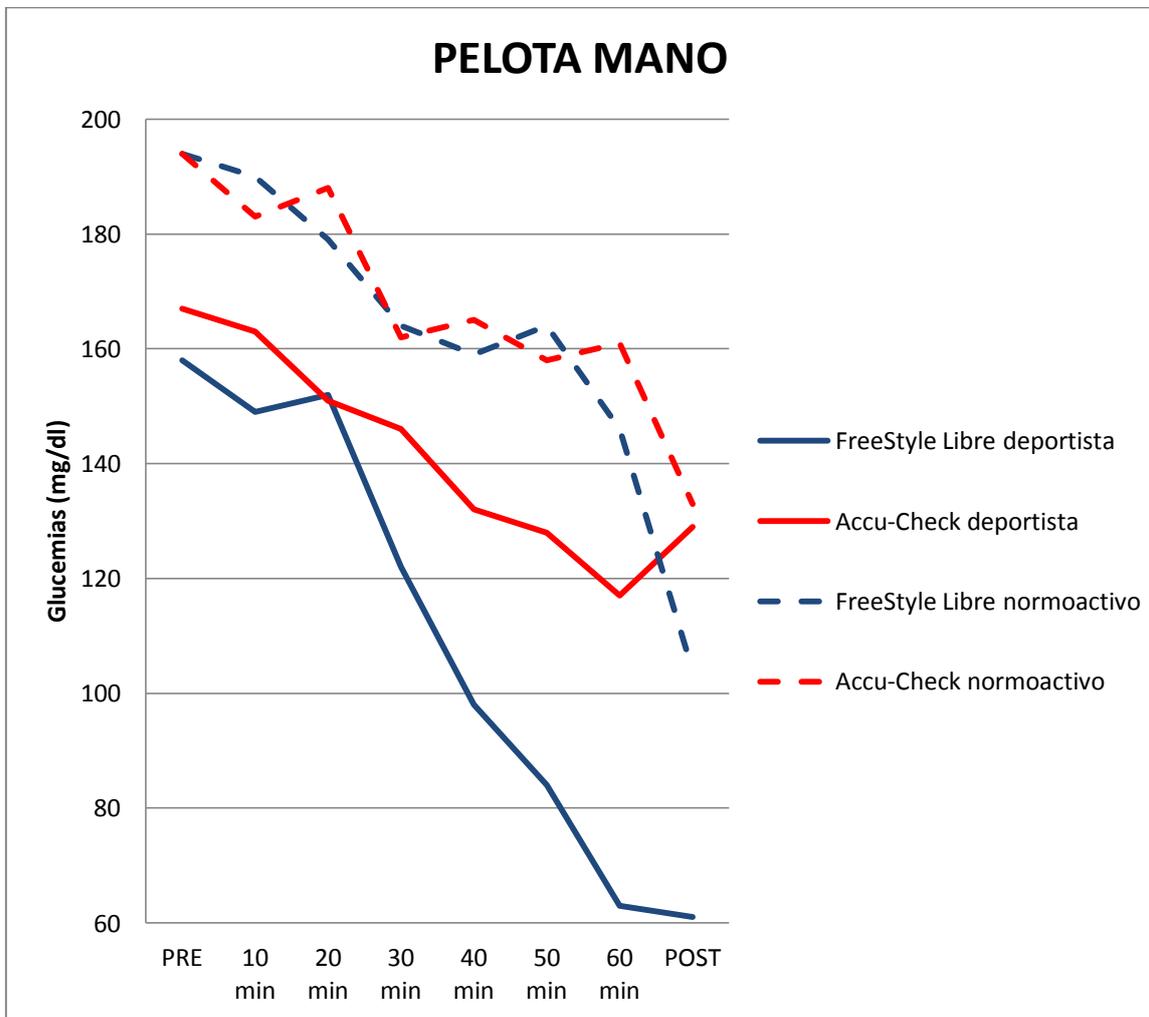
Por otro lado, para comparar los resultados de la glucosa con otro glucómetro, a través de la auto-monitorización de glucosa en sangre, se utilizó un aparato de la marca Accu-Check Aviva Expert. Con ello, también fueron necesarios pinchazos, para obtener la gota de sangre, y las pertinentes tiras reactivas (Figura 5).

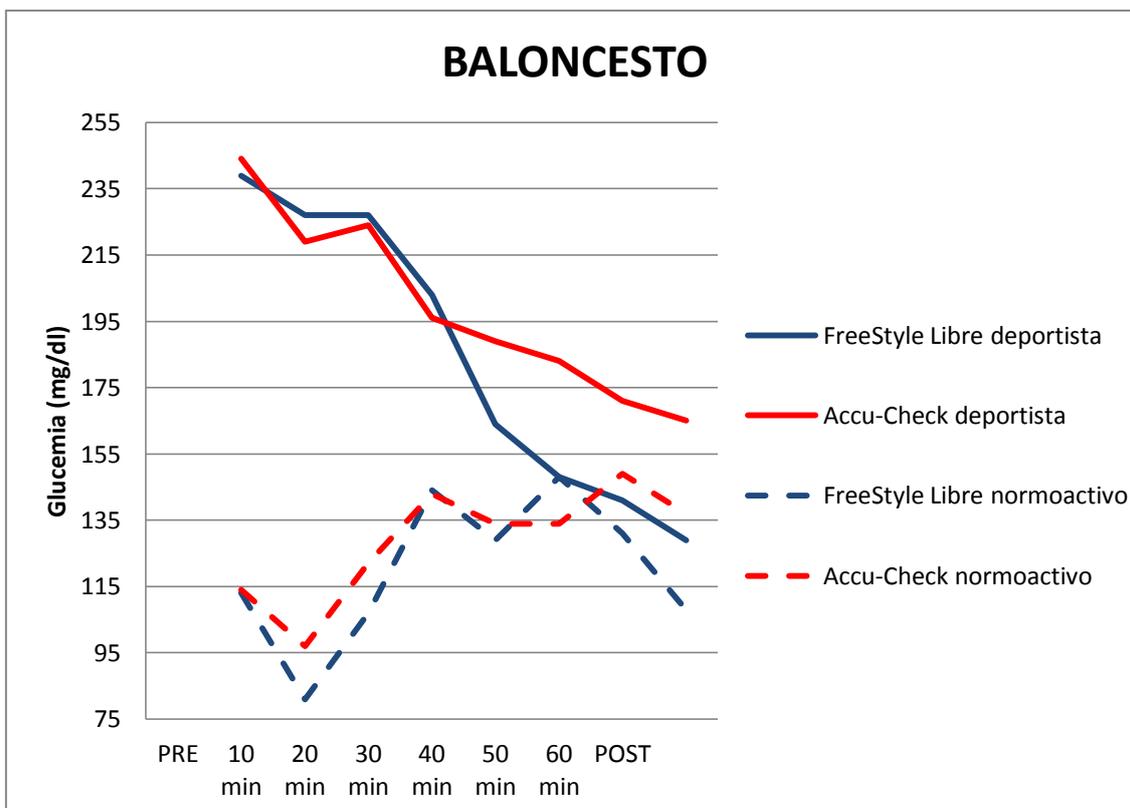
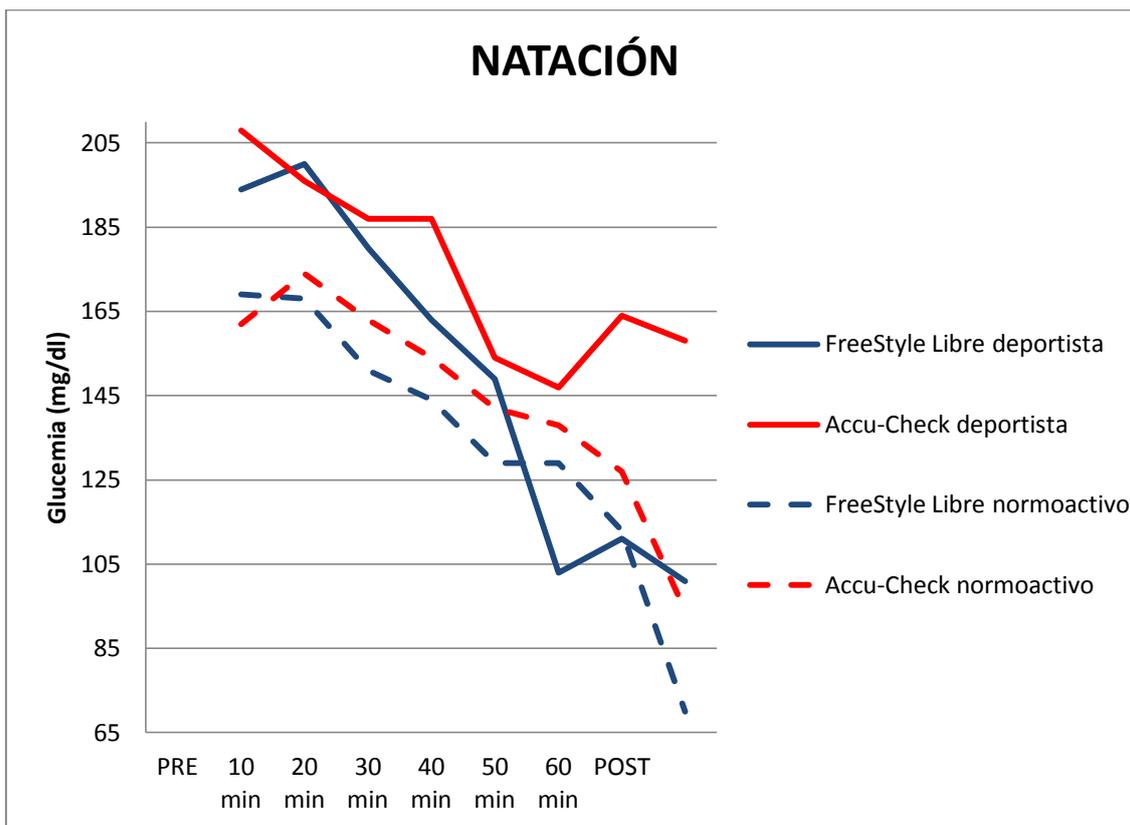


Figura 5. Glucómetro Accu-Check Aviva Expert.

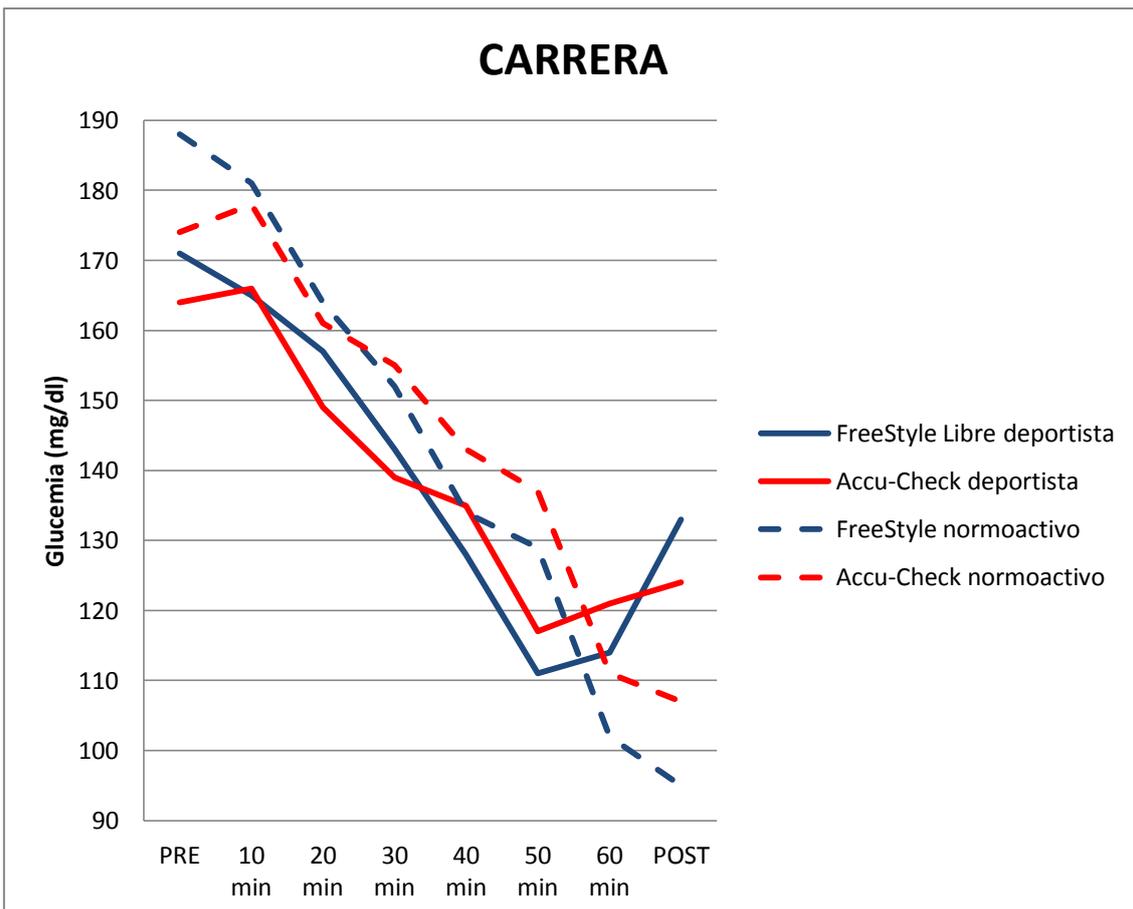
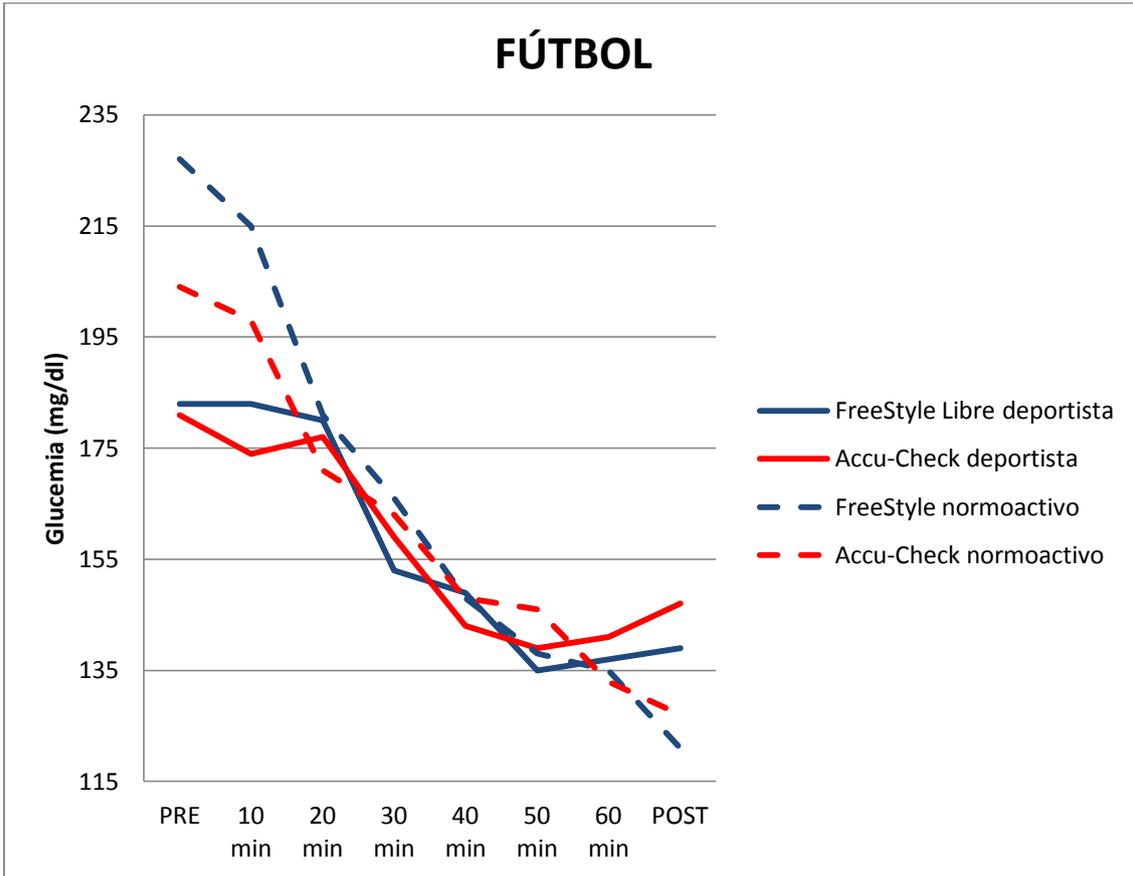
6. RESULTADOS

En este apartado aparecen representados de manera gráfica los datos obtenidos en las diferentes mediciones e instantes de la práctica deportiva. Cada modalidad deportiva aparece representada en dos tablas: en la primera de las dos gráficas de cada modalidad deportiva se representan los datos del individuo deportista (rojo-morado), mientras que en la segunda gráfica (color azul) aparecen los datos del individuo que no es deportista.





*A los 10 minutos de empezar la práctica deportiva ingiere una barrita energética y un plátano el sujeto normoactivo.



7. DISCUSIÓN

7.1. Cumplimiento de los objetivos.

En este estudio se han observado resultados concluyentes acerca de las diferencias en las mediciones de glucosa de ambos sistemas, entre el FreeStyle Libre y el sistema de automonitorización de glucosa en sangre con el aparato Accu-Check, en distintas modalidades deportivas.

7.2. Principales hallazgos.

El principal hallazgo que se ha encontrado en este estudio es cómo varía la diferencia de la glucemia en ambos aparatos en el transcurso del tiempo, según la modalidad deportiva practicada, entre la monitorización continua a través del sistema de FreeStyle Libre y entre el sistema más tradicional, la auto-monitorización de glucosa en sangre con el aparato Accu-Check. Además, se puede afirmar que en la mayoría de los casos, esta diferencia de las glucemias empieza a desviarse a partir del minuto 30.

Al finalizar la práctica en cada una de las modalidades deportivas practicadas, se ha encontrado una gran concordancia en las diferencias de las glucemias entre ambos sistemas de medición. Al final de la práctica deportiva, en todas las modalidades deportivas, ya sea en un mayor o menor grado, se han notado diferencias en los valores glucémicos. En las modalidades deportivas de pelota mano, natación y baloncesto al finalizar las sesiones, se han obtenido mayores diferencias (50-70 mg/dl) en los valores glucémicos, comprando con las sesiones de fútbol y correr (10-20 mg/dl).

En la práctica de pelota mano, como se pueden observar en la gráfica, en el inicio de la sesión ambos sistemas de medición miden la glucosa en sangre de forma

similar. Hasta el minuto 30 aproximadamente los valores son similares, pero una vez transcurrido este periodo, la diferencia de los valores aumenta muchísimo, hasta llegar a 60 mg/dl de diferencia en el caso del sujeto deportista. En el caso del sujeto normoactivo la diferencia es menor, de unos 20-25 mg/dl aproximadamente. Además, se puede afirmar que en la mayoría de los casos, esta diferencia de las glucemias empieza a desviarse a partir del minuto 30. Estas diferencias pueden ser debido al movimiento de las extremidades superiores, a la hora de golpear, botar o lanzar la pelota. Además, estas diferencias de los valores glucémicos también pueden estar relacionados en la técnica del golpeo, ya que el sujeto deportista es pelotari y sus movimientos pueden ser más bruscos y de mayor intensidad, con lo que puede perjudicar más en la recogida de datos por parte del sensor.

En la modalidad deportiva de natación, en el inicio de las pruebas y mediciones las glucemias son similares (~15 mg/dl). Pero, a medida que transcurre el tiempo y se eleva la fatiga (minuto 30 aproximadamente) se observa como empieza a variar las glucemias y se incrementan las diferencias. El caso más significativo ocurre con el sujeto deportista, ya que la diferencia es de 55 mg/dl, cifras muy diferentes que según el caso que le hagamos a un resultado o a otro, el comportamiento y las acciones que debe realizar el sujeto pueden ser muy diferentes (ingerir una cantidad de hidratos de carbono o no, junto con sus consecuencias). En el caso del sujeto normoactivo, la diferencia también es relevante, aunque en menor grado, de 20-25 mg/dl.

Asimismo, en la modalidad de baloncesto, como en las anteriores ocasiones, las glucemias en los primeros 25-30 minutos tienen cierta semejanza, pero a partir de ahí la diferencia se va elevando hasta llegar a 30-40 mg/dl en ambos casos. Hay que afirmar que en el caso del sujeto normoactivo, como se muestra en el gráfico correspondiente,

en el minuto 10 la glucemia es de 80 mg/dl por lo que ingiere una barrita energética y un plátano. La consecuencia de ello es la subida glucémica que se produce en los siguientes instantes (hasta 155 mg/dl), ya que en todas las demás ocasiones la práctica deportiva hace que disminuyan los valores glucémicos. Por ello, en ambos sistemas de medición se produce una elevación, que en el transcurso de la práctica irá descendiendo. A partir del minuto 30-35 la diferencia de los valores del sujeto deportista aumentan, mientras que en el caso del sujeto normoactivo, los valores son totalmente diferentes y la diferencia se obtiene al final de la práctica. Nuevamente, como bien se ha dicho anteriormente, las glucemias varían a partir del minuto 30 y puede ser por los movimientos continuos de las extremidades superiores, como en el caso de la pelota mano. Al coincidir que en todas las modalidades deportivas en el minuto 30 se varían los datos, quizá esa sea la máxima capacidad del sistema FreeStyle Libre para la recogida de datos en situaciones de gran actividad en las extremidades superiores.

En el caso del fútbol y de correr, en cambio, las diferencias finales en los valores no son tan grandes, sino más bien siguen cierta similitud en todo momento. En ambas modalidades deportivas, y en ambos sujetos, la diferencia no sobrepasa de 10 mg/dl, aunque bien hay que decir que en el caso del sujeto normoactivo, en el inicio de correr, las diferencias de glucemia eran de 25 mg/dl aproximadamente.

Otro de los hallazgos obtenidos en este estudio es que en todas las mediciones finales, excepto en las mediciones realizadas por parte del sujeto deportista en la modalidad deportiva de correr, el sistema FreeStyle Libre obtiene cifras inferiores comparando con el sistema de auto-monitorización de glucosa en sangre (Accu-Check).

7.3. Valoración de los resultados.

En cuanto a la valoración de los resultados se puede afirmar que la diferencia de los valores glucémicos al final de cada modalidad deportiva coincide con el tipo de modalidad que se practica. Siendo más concisos, las modalidades deportivas en las cuales se movilizan mucho las extremidades superiores hay una mayor influencia en la diferencia de los valores. Se debe tener muy en cuenta que la ubicación del sensor es la parte proximal postero-superior del brazo, por lo que todos los movimientos, golpes, brazadas, lanzamientos, etc. pueden influir en el momento de la medición de glucosa, interfiriendo en la señal eléctrica que se envía desde el filamento insertado en la piel, el sensor, al transmisor. En caso de practicar fútbol, carrera u otra disciplina deportiva que no influya en el movimiento de extremidades superiores, las glucemias recogidas son mucho más similares y verídicas, sin tanta diferencia. Es por ello que en este estudio realizado, en los resultados recogidos se observan mayores diferencias a partir del minuto 30. Si en esta ocasión también hubieran grandes diferencias, se deberían tener en cuenta los valores obtenidos a través de la automonitorización de glucosa en sangre, ya que hoy por hoy es el método de referencia.

Otro de los motivos por los cuales se han obtenido estos resultados tan influyentes y a la vez interesantes, puede ser por la influencia de la intensidad aplicada en los ejercicios o movimientos de las prácticas deportivas ejecutadas por ambos participantes, como por ejemplo en la modalidad deportiva de pelota mano. A la hora de realizar la práctica con el sujeto deportista, la intensidad en la que se ejecuta la sesión es elevada, por lo que la severidad de los movimientos, la precisión de los golpes o los movimientos de los brazos son muy bruscos y fuertes. En el caso del sujeto no deportista, en cambio, la intensidad es menor, ya que no es practicante de pelota mano y

los golpes y los movimientos que se ejecutan son menos bruscos y fuertes. Por ello, relacionando con todo lo anterior, la influencia de los movimientos de las extremidades superiores, la ubicación del sensor y la intensidad de los ejercicios practicados son las verdaderas razones y motivos para obtener estos resultados concluyentes.

Aunque se haya avanzado de manera excepcional en el ámbito de las nuevas tecnologías y aparatos para mejorar la calidad de vida de las personas con diabetes, todavía faltan muchas investigaciones, estudios y pruebas por hacer y mejorar todos estos avances tecnológicos.

Por ello, en este estudio se destaca el punto débil y mejorable de los nuevos aparatos y sistemas de medición. Éstos pueden verse afectados de manera fácil, influyendo muchísimo en las mediciones de glucosa y en las consecuencias que se pueden acarrear según la acción o el comportamiento que obtengamos de las glucemias recogidas.

7.4. Fortalezas y limitaciones del estudio.

La realización de este estudio ha permitido valorar el uso y la eficacia del FreeStyle Libre aplicando en sujetos deportistas y sujetos normoactivos en varias situaciones de diferentes modalidades deportivas. Sin embargo, el número de sujetos y las muestras obtenidas han sido insuficientes a la hora de realizar un análisis estadístico significativo para establecer la correlación entre los resultados de las glucemias medidas con el sistema de FreeStyle Libre con respecto al método de referencia (automonitorización de glucosa en sangre).

El motivo de este número escaso de participantes es que en la Asociación Navarra de Diabéticos, ANADI, en estos momentos hay muy pocos sujetos que tengan

implantado este sistema de medición de glucosa. Este sistema es bastante novedoso, ya que las primeras pruebas se realizaron en 2014, y hasta finales de 2017 no se implantaron en los socios de esta asociación. Uno de los precursores de este sistema fue el propio autor de este trabajo, y aunque poco a poco se han implantado en más sujetos, la disponibilidad y otros motivos externos han dificultado la búsqueda de sujetos con estas características.

Otro de los motivos que ha dificultado este estudio ha sido la escasez de pruebas, experimentos o investigaciones similares a estas situaciones. Como bien se ha dicho, este sistema es bastante novedoso, y aunque se han realizado muchas pruebas y estudios, en la mayoría de los casos se han realizado en adultos y ancianos sedentarios e inactivos, por lo que el problema que se ha encontrado en este estudio con las mediciones y la práctica deportiva quizá todavía no haya sido estudiada. El inicio de este estudio fue debido a experiencias personales al realizar la práctica deportiva, ya que los síntomas que padecía en ciertas ocasiones no se reflejaban en el aparato de FreeStyle Libre, por lo que decidí estudiarlo.

7.5. Futuras líneas de investigación.

Este tipo de sensores podría ser de gran utilidad en otro tipo de poblaciones como, por ejemplo, corredores sanos de larga distancia, permitiendo detectar los cambios en la glucemia antes, durante la ejecución de ejercicio y en la fase de recuperación. Por tanto, el objetivo de futuras investigaciones podría ser validar y correlacionar la información de la glucemia proporcionada por el sensor FreeStyle Libre con la utilización de carbohidratos durante pruebas controladas de carácter máximo y sub-máximo.

Además, también se podría realizar el mismo estudio en situaciones más complejas en las cuales se sale del estado de confort, para ver el comportamiento y la resistencia de los aparatos, la eficacia en las mediciones o simplemente la misma capacidad de los medidores: en estados de hipoxia (alpinismo, submarinismo, etc.), en situaciones de gran sequedad y/o humedad (Titan desert, etc.), etc.

Por último, uno de los estudios más simples pero a la vez que más podría ayudar a obtener resultados concluyentes sería realizar y vivenciar las mismas modalidades deportivas practicadas colocando el dispositivo del sensor y transmisor en otras partes corporales como el cuádriceps o el glúteo y observar si se producen las mismas diferencias en las glucemias obtenidas en ambos sistemas.

8. CONCLUSIONES

En conclusión, el sistema FreeStyle Libre se plantea como una alternativa a otros métodos de medición de la glucosa práctica, fácil de utilizar y bien tolerada por los pacientes, eliminando el factor estrés asociado a la extracción de muestras, que aporta mediciones comparables a las obtenidas mediante análisis con muestras de sangre (Accu-Check). La gran ventaja que supone frente a los otros métodos es poder realizar mediciones de glucosa de forma constante y durante un periodo de hasta 14 días consecutivos. La aplicación de este sistema tiene un gran potencial, ya que supone un gran avance en la monitorización de la glucosa en personas que padecen diabetes que va a permitir mejorar el ajuste de la dosis de insulina y, por lo tanto, el control de la enfermedad. Se ha investigado muy poco hasta ahora, pero a través de este estudio se puede afirmar que este sistema de medición novedosa también tiene ciertas lagunas en cuanto se practican ciertas modalidades deportivas en las cuáles se movilizan mucho las extremidades superiores, lugar donde se coloca el sensor. Por lo tanto, es recomendable que a la hora de la práctica de actividad física los sujetos se midan y se controlen con ambos dispositivos de medición, o mínimo a través del sistema tradicional, ya que como se ha comprobado, el sistema de monitorización continua no mide de manera exacta en situaciones con gran actividad en las extremidades superiores. En casos de inactividad física o normoactivas en cambio, sí se puede fiar solamente de los datos que obtenemos del sistema FreeStyle Libre.

9. VALORACIÓN PERSONAL

Mi valoración personal en cuanto al Trabajo Fin de Grado (TFG), considero que ha sido el trabajo más laborioso que he realizado durante estos cuatro años de carrera que he tenido. Sinceramente, creo que la realización de este estudio ha contribuido enormemente en mi formación y aprendizaje, no sólo aplicando todo lo aprendido en cada una de las asignaturas estudiadas, sino también en la enfermedad que padezco, Diabetes Mellitus de tipo 1, y todo lo que he aprendido acerca de él.

La realización de esta investigación me ha ayudado en gran medida a mi desarrollo como futuro graduado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, y además me ha servido para dar los primeros pasos en el marco de la investigación y tener una visión más concreta y objetiva acerca de este mundo. Con la ayuda de mi tutor, Ángel Matute Llorente, he aprendido paso a paso cómo se debe realizar un estudio de este tipo, y la verdad es que me ha aportado muchísimo y ha sido muy de mi agrado, ya que aparte de obtener unas conclusiones muy interesantes y a la vez asombrosas, he aprendido mucho acerca del FreeStyle Libre y en general, acerca de la Diabetes, acudiendo a varias charlas acerca de la monitorización continua de la glucosa en sangre, leyendo artículos científicos relacionados con el tema de estudio e interactuando tanto con el participante del estudio como con todas aquellas personas que me han ayudado o aportado algo. Todo ello he podido relacionar con las asignaturas de *Actividad Física y Salud*, *Actividad Física y poblaciones específicas*, *Teoría y práctica del entrenamiento deportivo*, etc.

Añadir que he tenido la suerte de realizar este trabajo con personas maravillosas y muy dispuestas a ayudar en todo momento, y qué mejor que hacerlo sobre un tema que me interesa mucho, no sólo a nivel académico, sino que también a nivel personal, ya que con la diabetes vivo día a día y qué mejor que estar lo más actualizado y adquirir el máximo de conocimientos posibles acerca del tema.

Este trabajo ha supuesto un antes y un después en mi formación y me ha animado a seguir luchando para trabajar y pelear en la mejora de la diabetes, y así poder contribuir en lo posible en la salud y en la mejora tanto del rendimiento deportivo en personas con diabetes, como en la eficacia en los aparatos y tecnologías relacionadas.

10. AGRADECIMIENTOS

En este apartado quiero agradecer a todas aquellas personas que han participado tanto de manera directa como de manera indirecta en este estudio que he hecho y me ha servido para la realización del Trabajo Fin de Grado (TFG):

- ✚ A **todos los integrantes de la Asociación Navarra de Diabéticos (ANADI)** por ofrecer ayuda en todo momento de manera desinteresada y ofrecerme información acerca del Sistema de FreeStyle Libre y otros tipos de monitorizaciones.

- ✚ A **Ángel Matute Llorente**, por su ayuda, interés y colaboración en todo momento en esta investigación. Gracias a su experiencia y apoyo ha sabido guiarme para poder elaborar correctamente todo el estudio y trabajo que se refleja en estas hojas.

- ✚ A **Arantxa Bujanda Sainz de Murieta**, enfermera y compañera en diferentes estudios, por ayudarme en todo lo necesario. Además, gracias a ella he obtenido muchas fuentes de información que han servido para la aplicación en el estudio o simplemente para enriquecer mis conocimientos y aprender los nuevos avances tecnológicos y la situación actual de la diabetes.

- ✚ Al **doctor José Javier Pineda Arribas**, por el seguimiento que me ha realizado no sólo en estas mediciones, sino en estos últimos años, enseñando el buen uso y la aplicación del FreeStyle Libre. Además, ha estado siempre disponible para cualquier problema que he tenido con el medidor FreeStyle Libre.

- ✚ A los **voluntarios** que han realizado o ayudado en las pruebas de las diferentes modalidades deportivas practicadas, en las mediciones de las glucemias y en la recogida de datos.

- ✚ A todos aquellos **investigadores, colaboradores, ayudantes, médicos, enfermeros, endocrinos, monitores, etc.** que día tras día trabajan y luchan de manera laboriosa a favor de la mejora de la diabetes y la salud de los diabéticos.

- ✚ Y por último, y no por ello mucho menos importantes, **a mi familia, a mis amigos y a mi novia** por apoyarme, prestarme ayuda y confiar en todo momento.

11. BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA

Apablaza, P., Soto, N., & Román, R. (2016). NUEVAS TECNOLOGÍAS EN DIABETES. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 27(2), 213-226.

Bloomgarden, D. K., Freeman, J., & DeRobertis, E. (2008). Early Patient and Clinician Experiences with Continuous Glucose Monitoring. *Diabetes Spectrum*, 21(2).

Extraído de <http://spectrum.diabetesjournals.org/content/21/2/128.short>

Bondia, J., Vehí, J., Palerm, C. C., & Herrero, P. (2010). El páncreas artificial: control automático de infusión de insulina en diabetes mellitus tipo 1. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial RIAI*, 7(2), 5-20.

Diabetes Control and Complications Trial Research Group, Nathan, D. M., Genuth, S., Lachin, J., Cleary, P., Crofford, O., ... Siebert, C. (1993). The Effect of Intensive Treatment of Diabetes on the Development and Progression of Long-Term Complications in Insulin-Dependent Diabetes Mellitus. *New England Journal of Medicine*, 329(14), 977–986. Extraído de <https://doi.org/10.1056/NEJM199309303291401>

Diabetes Research in Children Network Study Group, Weinzimer, S., Xing, D., Tansey, M., Fiallo-Scharer, R., Mauras, N., ... Ruedy, K. (2009a). Prolonged use of continuous glucose monitors in children with type 1 diabetes on continuous subcutaneous insulin infusion or intensive multiple-daily injection therapy. *Pediatric Diabetes*, 10(2), 91–96.

Diabetes Research in Children Network Study Group, Weinzimer, S., Xing, D., Tansey, M., Fiallo-Scharer, R., Mauras, N., ... Ruedy, K. (2009b). Prolonged use of continuous glucose monitors in children with type 1 diabetes on continuous 11 subcutaneous insulin infusion or intensive multiple-daily injection therapy. *Pediatric Diabetes*, 10(2), 91–96.

Dunn, T. C., Hayter, G. A., Doniger, K. J., & Wolpert, H. A. (2014). Development of the Likelihood of Low Glucose (LLG) Algorithm for Evaluating Risk of Hypoglycemia. *Journal of Diabetes Science and Technology*, 8(4), 720–730. Extraído de <https://doi.org/10.1177/1932296814532200>

Edge, J., Acerini, C., Campbell, F., Hamilton-Shield, J., Moudiotis, C., Rahman, S., ... Trevelyan, N. (2017). An alternative sensor-based method for glucose monitoring in children and young people with diabetes. *Archives of Disease in Childhood*, Extraído de <https://doi.org/10.1136/archdischild-2016-311530>

Fuentes, R. M. D., Lantigua, P. D., Aicart, L. M., & Fuentes, M. D. (2017). Avances en medición de glucosa: del glucómetro tradicional al sistema flash. *Panorama actual del medicamento*, 41(402), 360-363.

Goldstein, D. E., Little, R. R., Lorenz, R. A., Malone, J. I., Nathan, D., Peterson, C. M., & Sacks, D. B. (2004). Tests of glycemia in diabetes. *Diabetes Care*, 27(7), 1761–73. Extraído de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15220264>

Klonoff, D. C. (2005). Continuous glucose monitoring: roadmap for 21st century diabetes therapy. *Diabetes Care*, 28(5), 1231–9. Extraído de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15855600>

Ólafsdóttir, A. F., Attvall, S., Sandgren, U., Dahlqvist, S., Pivodic, A., Skrtic, S., ...

Lind, M. (2017). A Clinical Trial of the Accuracy and Treatment Experience of the Flash Glucose Monitor FreeStyle Libre in Adults with Type 1 Diabetes. *Diabetes Technology & Therapeutics*, 19(3), 164–172. Extraído de <https://doi.org/10.1089/dia.2016.0392>

Pérez Berlanga, A. M., Rodríguez Diéguez, M., Hernández Pifferrer, G., Tribín Rivero, K., & Pérez Pupo, A. (2014). *Assessment of Blood Glucose Levels by Two Analytic Methods in the Emergency Room. Correo Científico Médico* (Vol. 18). [s.n.]. Extraído de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1560-43812014000400007

Zeevi, D., Korem, T., Zmora, N., Israeli, D., Rothschild, D., Weinberger, A., ... Segal, E. (2015). Personalized Nutrition by Prediction of Glycemic Responses. *Cell*, 163(5), 1079–1094. Extraído de <https://doi.org/10.1016/j.cell.2015.11.001>

12. ANEXOS

12.1. Consentimiento informado por escrito del voluntario.

“Actividad física y salud en personas jóvenes y adultos con Diabetes Mellitus de tipo 1”.

Ha sido usted invitado/a a participar en unas actividades que incluye la realización de una serie de test para evaluar diferencias en la medición de glucosa (comparativa del sistema de monitorización continua FreeStyle Libre y auto monitorización de glucosa en sangre). Si usted acepta participar, realizará en actividades dirigidas por estudiantes en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Estas prácticas se van a llevar a cabo siguiendo escrupulosamente la legislación vigente.

El riesgo de llevar a cabo las distintas pruebas y actividades para las mediciones de glucosa con diferentes sistemas de glucómetros similar al riesgo de desarrollar ejercicios moderados y, por lo tanto, podría llegar a provocar fatiga, agujetas, esguinces, lesión muscular, mareos o desvanecimientos y bajones de glucosa o hipoglucemias. Así mismo, existe el riesgo de sufrir una parada cardíaca, infarto o muerte súbita.

Si actualmente sufre alguno de los siguientes casos, **usted no debería tomar parte en los test físicos** a menos que un facultativo le autorizara por escrito a hacerlo:

1. Su médico le ha desaconsejado la realización de ejercicio como consecuencia de alguna enfermedad.
2. Ha sufrido recientemente un fallo cardíaco.
3. Actualmente cuando realiza ejercicio sufre dolor articular, dolor en el pecho, mareos o angina de pecho (incluyendo los siguientes síntomas: rigidez-opresión en el pecho, dolor o sensación de pesadez).
4. Tiene presión arterial descontrolada (180/100 o superior).

Durante la realización de los test se le pedirá que los realice dentro de su “zona de confort” y nunca se le presionará hasta un punto de sobre-solicitud o por encima de lo que usted crea que es seguro. Comuníquese a la persona que le evalúa si tiene algún síntoma o sensación extraña como pérdida de aliento, mareo, dolor en el pecho, taquicardias, entumecimiento, pérdida de equilibrio, náuseas o visión borrosa.

Usted es libre de parar o abandonar la práctica en el momento que desee.

La información y datos recogidos en los diferentes cuestionarios realizados durante estas clases respetarán siempre lo establecido por la Ley Orgánica 15/1999 de Protección de Datos de Carácter Personal, y por tanto cualquier información obtenida de será confidencial. Por tanto, le rogamos, **una vez leída la carta adjunta**, que firme el siguiente consentimiento informado.

Yo, (Nombre y apellidos del voluntario)

- He recibido información oral y escrita, he leído la carta adjunta.
- He podido hacer preguntas y resolver mis dudas.
- He recibido suficiente información.
- He hablado con: (nombre del tutor o monitor que dirige las pruebas).
- Comprendo que mi participación es voluntaria.
- Comprendo que puedo abandonar el estudio en cualquier momento por decisión propia.

Presto libremente mi conformidad para participar en las sesiones.

....., a de de 2018

Firma del voluntario

Firma del investigador

EN CASO DE RENUNCIA A LAS TAREAS Y PRUEBAS PERTINENTES:

con DNI _____ revoco el consentimiento prestado para participar en estas actividades.

En _____, a _____ de _____ de 2018

Firma:

12.2. Planillas para el registro de datos en cada modalidad deportiva.

PELOTA MANO									
		PRE	10min	20min	30min	40min	50min	60min	POST
DEPORTISTA	FreeStyle Libre (mg/dl)								
	Accu-Check (mg/dl)								
NO DEPORTISTA	FreeStyle Libre (mg/dl)								
	Accu-Check (mg/dl)								

NATACIÓN									
		PRE	10min	20min	30min	40min	50min	60min	POST
DEPORTISTA	FreeStyle Libre (mg/dl)								
	Accu-Check (mg/dl)								
NO DEPORTISTA	FreeStyle Libre (mg/dl)								
	Accu-Check (mg/dl)								

BALONCESTO									
		PRE	10min	20min	30min	40min	50min	60min	POST
DEPORTISTA	FreeStyle Libre (mg/dl)								
	Accu-Check (mg/dl)								
NO DEPORTISTA	FreeStyle Libre (mg/dl)								
	Accu-Check (mg/dl)								

FÚTBOL									
		PRE	10min	20min	30min	40min	50min	60min	POST
DEPORTISTA	FreeStyle Libre (mg/dl)								
	Accu-Check (mg/dl)								
NO DEPORTISTA	FreeStyle Libre (mg/dl)								
	Accu-Check (mg/dl)								

CARRERA									
		PRE	10min	20min	30min	40min	50min	60min	POST
DEPORTISTA	FreeStyle Libre (mg/dl)								
	Accu-Check (mg/dl)								
NO DEPORTISTA	FreeStyle Libre (mg/dl)								
	Accu-Check (mg/dl)								