

## Validez de la pulsera de cuantificación Fitbit Flex® en la valoración del sueño

Validity of Fitbit Flex® consumer device on the sleep evaluation

Marcos López-Flores<sup>1</sup>, Alejandro Rodríguez Fernández<sup>1</sup>, David Suárez Iglesias<sup>2</sup>, José Antonio Rodríguez Marroyo<sup>2</sup>, José Gerardo Villa Vicente<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Isabel I. España.

<sup>2</sup> Grupo de Investigación VALFIS, Instituto de Biomedicina (IBIOMED). Universidad de León. España.

### CORRESPONDENCIA:

Marcos López Flores

marcos.lopez@ui1.es

Fecha Recepción: junio de 2018 • Fecha Aceptación: febrero de 2019

### CÓMO CITAR EL ARTÍCULO:

López-Flores, M., Rodríguez, A., Suárez, D., Rodríguez, J. A., & Gerardo, J. (2020). Validez de la pulsera de cuantificación Fitbit Flex® en la valoración del sueño. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 15(43), 35-41.

### Resumen

Este estudio piloto busca evaluar la validez de las mediciones de los indicadores de calidad del sueño en la Fitbit Flex® en su modo Normal (FF), un dispositivo comercial que permite la medición la actividad diaria y el sueño en el día a día, comparándolos registros con los del Actigraph GR3X®, (considerado el Gold Standard en la evaluación de la calidad del sueño mediante actigrafía. Para lo anterior, se ha contado con sesenta y siete personas sin trastornos del sueño que portaron de noche simultáneamente durante una semana los monitores FF y el AGT3X, ambos en la muñeca. Los resultados obtenidos muestran que, a pesar de la existencia de diferencias significativas entre los dos instrumentos de medida, la alta correlación e ICC sugieren que el dispositivo comercial FF puede ser una herramienta útil para valorar la calidad del sueño, aunque los valores obtenidos no pueden ser considerados intercambiables con los registros de AGT3X.

**Palabras clave:** validación, monitores de actividad, calidad del sueño, eficiencia del sueño.

### Abstract

This pilot study pretends to evaluate the accuracy of Fitbit Flex®, a consumer device for diary register, for the evaluation of sleep quality, compared to Actigraph GR3X, one of the most recommended actigraphs for sleep evaluation. To achieve this, sixty seven subjects without sleep disorders used simultaneously both monitors, Fitbit Flex® and Actigraph GT3X®, during one week nights. Even the significative differences between both monitors, de high correlation values and the ICC suggest that Fitbit Flex commercial device could be a useful instrument for the sleep quality evaluation, assuming that this result can not be considered interchangeable with Actigraph GR3X.

**Key words:** validity, sleep monitors, sleep quality, sleep efficiency.

## Introducción

La calidad del sueño es un factor determinante para la salud pública (Grandner, 2017; Irish, Kline, Gunn, Buysse, & Hall, 2015), el cual ha sido directamente relacionado con el sobrepeso y obesidad, y viceversa (Hargens, Kaleth, Edwards & Butner, 2013), enfermedades cardiovasculares y cambios en la composición corporal (Chaput, Després, Bouchard, & Tremblay, 2007; Knuston & Caurter, 2008; Thun et al., 2015; Wirth et al., 2015), diabetes, depresión y cáncer (Wirth, Hébert, Hand, Youngstedt, Hurley, Shook & Blair, 2015; Parish, 2009; Breslau, Roth, Rosenthal & Andreski, 1996). La valoración de la calidad del sueño se realiza a través de la medición de la Eficiencia del Sueño (ES), la Latencia del Sueño (LS) y el Tiempo Total de Sueño (TTS) (Sadeh & Acebo, 2002).

En el ámbito del deporte y, especialmente, del rendimiento deportivo, el sueño ha sido descrito como un factor fundamental en los deportistas, considerando inicialmente que las características de sueño era mejor que el de personas sedentarias (Shapiro, Catterall, Warren, Oswald, Trinder, Paxton, & East, 1987). Así, se ha atribuido una mayor duración del sueño al deportista, no por un mayor estrés, sino por una mayor necesidad de recuperación biológica (Paxton, Trinder & Montgomery, 1983). Tanto la restricción como la privación del sueño afectan a la respuesta fisiológica y cognitiva al ejercicio (Fullagar, Skorski, Duffield, Hammes, Coutts & Meyer, 2015). El sueño es, por tanto, una variable crítica para determinar el estado de salud y el nivel de estrés (Bonnet & Arand, 2003; Garcia-Mas, Aguado, Cuartero, Calabria, Jiménez & Pérez, 2003; Youngstedt, 2005, Davenne, 2009; Leatherwood & Dragoo, 2013; Halson, 20014; Samuels, James, Lawson & Meeuwisse, 2015), siendo por lo tanto necesaria su valoración para el adecuado control para la salud, más aún para la del deportista y la prescripción del ejercicio y el entrenamiento.

No obstante, el número de estudios que han abordado la temática de la calidad del sueño y el estudio de sus indicadores se ha incrementado en los últimos años. El control del descanso del deportista comienza a verse como un factor más a evaluar en su vida profesional, con el objetivo de controlar la recuperación de la fatiga, prevenir el sobreentrenamiento o evitar el *jet lag* (Waterhouse, Edwards, Nevill, Atkinson, Reilly, Davies & Godfrey, 2000), con la consecuente mejora en el rendimiento deportivo.

El *gold standard* para la valoración del sueño es la polisomnografía (Rae, Chin, Dikgomo, Hill, Mckune, Kohn & Roden, 2017). Sin embargo, esta técnica presenta inconvenientes, como su elevado coste y la

necesidad de un laboratorio específico, por lo que en la actualidad la valoración mediante la actigrafía, que resulta menos invasiva, más económica y facilita la valoración al realizarse en el domicilio del sujeto (Sadeh & Acebo, 2002) se ha instaurado como una metodología habitual en la literatura. Dentro de la actigrafía, el Actigraph GT3X (AGT3X) es considerado un instrumento validado y referente para la valoración de la calidad del sueño (Ancoli-Israel, Cole, Alessi, Chambers, Moorcroft & Pollak, 2003; Littner, Kushida, Anderson, Bailey, Berry, Davila & Johnson, 2003; Paavonen, Fjällberg, Steenari & Aronen, 2002) habiendo sido validado comparándolo con la polisomnografía (Cellini, Buman, McDevitt, Ricker & Mednick, 2013). Sin embargo, el AGT3X también puede resultar un dispositivo caro y con una menor aplicabilidad en la práctica, debido a que requiere un procesamiento y análisis del registro para obtener resultados (Kang, Kang, Ko, Park, Mariani & Weng, 2017). Quizá por ello los actígrafos en forma de brazaletes, relojes, y otras tecnologías *vestibles*, o *dispositivos de consumo*, se han convertido en los instrumentos más populares para valorar la calidad del sueño y cuantificar el ejercicio físico (Calabró, Lee, Saint-Maurice, Yoo & Welk, 2014), tanto en el área clínica como en la investigación (Baroni, Bruzese, Di Bartolo & Shatkin, 2016). Estos dispositivos se caracterizan por ser pequeños, no invasivos y muy fáciles de utilizar, lo cual permite obtener indicadores de diferentes variables en largos periodos de medición (Sadeh & Acebo, 2002). El desarrollo de estos dispositivos cuenta con una sofisticada tecnología basada en la acelerometría. Así, los dispositivos de cuantificación están preparados para registrar datos y mostrarlos en interfaces web y *app*, funcionalidades no disponibles en AGT3X, que no solo permiten visualizar los datos sino también calcular el progreso o comparar datos con otros usuarios.

Es por esta razón por la que es importante desarrollar tecnologías accesibles para los consumidores que permitan el control de los indicadores de calidad del sueño de forma sencilla y económica. La pulsera Fitbit Flex® (FF) es un instrumento dirigido al público masivo para la cuantificación de factores como la actividad física diaria, la calidad del sueño o el registro alimentario. Si bien la prioridad debería ser utilizar los aparatos *Gold Standard*, instrumentos como la FF permiten realizar mediciones por un bajo coste, utilizando una interfaz web que facilita la consulta de los datos registrados. Para un uso fiable, es necesario validar este dispositivo para garantizar la validez de las evaluaciones. Estudios previos han validado la FF para valoración de la actividad física y el consumo energético (Takacs, Pollock, Guenther, Bahar, Napier & Hunt, 2014; Mam-

men, Gardiner, Senthinathan, McClemon, Stone & Faulkner, 2012), pero desde nuestro conocimiento se desconocen estudios que hayan validado este dispositivo para el registro de la calidad del sueño. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue validar la pulsera de actividad FF para el registro de la calidad del sueño comparándola con el registro del AGT3X. Determinar su validez podrá permitir la implantación del dispositivo tanto en el ámbito del rendimiento deportivo como en el de salud.

## Método

### Participantes

Sesenta y siete sujetos (hombres:  $n = 33$ ; media  $\pm$  DS edad  $37.43 \pm 8.41$  años, peso  $66.73 \pm 7.8$  kg, estatura  $174.2 \pm 6.7$  cm y mujeres:  $n = 34$ ; edad  $21.32 \pm 16.36$  años, peso  $44.82 \pm 13.4$ , estatura  $149.9 \pm 13.2$  cm) participaron voluntariamente en el estudio. Todos ellos realizaban al menos 2 sesiones semanales de actividad física y cumplieron los criterios de inclusión: no presentar ninguna lesión grave o enfermedad en los tres meses previos a la realización del estudio, no recibir una medicación que pudiera influir en su calidad del sueño, obtener un resultado  $\geq 8$  en el Pittsburgh Sleep Questionnaire Index que asegure una adecuada calidad del sueño (Buysse, Reynolds, Monk, Berman & Kupfer, 1989). Los participantes fueron informados del procedimiento y los propósitos de este estudio antes de firmar el consentimiento informado, el cual fue firmado por los padres de los participantes menores de edad. El estudio fue realizado respetando en todo momento los principios de la declaración de Helsinki.

### Diseño experimental

Todos los sujetos que participaron en el estudio vistieron FF en su modo de registro *Normal* (Fitbit Inc., San Francisco, EEUU) junto con el AGT3X (ActiGraphTM Corp., Florida, EEUU) durante siete noches consecutivas. Previamente al comienzo del estudio, los sujetos fueron citados en el laboratorio en dos ocasiones, una previa al registro de los datos, en la cual se explicaron los objetivos del estudio, se completó un consentimiento informado y en la que fueron instruidos para la utilización del FF, el AGT3X y el procedimiento para realizar el registro del diario de sueño. En esta misma sesión, se procedió a realizar individualmente el Pittsburgh Sleep Questionnaire Index, con el objetivo de valorar el comportamiento del sueño en el mes previo a la realización del estudio y verificar que no

existieran trastornos del sueño (Buysse et al., 1989). En la segunda sesión, tras los siete días de registro, los sujetos eran citados de nuevo para recoger los dispositivos y el registro del diario de sueño.

### Procedimiento

El Pittsburgh Sleep Questionnaire Index es un cuestionario autoevaluable que permite valorar la calidad y los trastornos del sueño que hayan tenido lugar durante el último mes (Buysse et al., 1989). Los ítems del cuestionario evalúan mediante escala siete componentes: la percepción subjetiva de la calidad del sueño, la eficiencia del sueño habitual, la latencia y la duración, los trastornos del sueño, el uso de medicamentos para inducir o mantener el sueño y los trastornos diurnos ocasionados por el sueño. La suma de las puntuaciones en los siete componentes obtiene un resultado global que determina la calidad del sueño como “buena”, “mala” o “muy mala” considerándose un resultado  $\geq 8$  como buena calidad del sueño (Buysse et al., 1989). Así, cualquier sujeto que obtuviera un resultado por debajo de 8 en la valoración de la calidad del sueño sería descartado por asumirse que padece un trastorno del sueño.

FF (Fitbit Inc., San Francisco, EEUU) fue colocado en la línea media de la muñeca de la mano no dominante del sujeto durante las 7 noches que duró el estudio. Los participantes fueron instruidos para activar el FF antes de acostarse mediante una activación manual realizando tres toques rápidos sobre la pantalla led. Todos los participantes fueron instruidos para asegurar la aparición del mensaje de “*buenas noches*” y la vibración, confirmando la activación y comienzo del registro. La misma acción a la inversa se realiza para detener el registro en “modo sueño”.

AGT3X (ActiGraph, Pensacola, FL) fue colocado junto con la FF en la mano dominante del sujeto. No precisa de ninguna activación, pero sí del registro de los hábitos de sueño-vigilia, los cuales fueron recogidos en un diario del sueño, cumplimentado diariamente, antes de acostarse y al levantarse. En dicho registro se recabaron datos como la hora de acostarse (hora a la que se acuesta con propósito de dormir) y levantarse (hora a la que sale de la cama), la latencia estimada (tiempo que tarda en dormirse, en minutos) así como la hora de despertarse (hora a la que se despierta y no vuelve a dormirse).

Ambos dispositivos, FF y AGT3X, registran información en forma de cuentas de movimiento que posteriormente son transformadas mediante algoritmos en los resultados de ES (en porcentaje), LS (en minutos) y TTS (en minutos).

Tabla 1. Diferencias en la Eficiencia, latencia y tiempo total de sueño entre Fitbit Flex® y Actigraph GT3X®.

	Fitbit Flex®	Actigraph GT3X®	Cohen's d
Eficiencia (%)	95.5 ± 3.4	90.9 ± 4.6 *	1.15 very large
Latencia (min)	9.1 ± 6.4	5.1 ± 8.5 *	0,54 medium
Tiempo total (min)	466.7 ± 87.5	422.1 ± 85.1 *	0,52 medium

\* Diferencias significativas entre Fitbit Flex® y Actigraph GT3X®. \* =  $p < 0.05$

Los participantes recibieron recomendaciones para unos hábitos del sueño saludables, tales como ingerir cenas ligeras, evitar el consumo de cafeína después de las 18:00 h, y evitar la ingesta alcohol y azúcar desde tres horas antes de acostarse (Irish et al., 2015).

### Análisis estadístico

Los datos son mostrados como media±DS. Previo al análisis estadístico se comprobó la normalidad de los datos mediante la prueba de *Kolmogorov-Smirnov*. Para determinar las diferencias en la latencia, la eficiencia y el tiempo total de sueño entre el FF y el AGT3X se empleó la prueba *t-test* para muestras pareadas. El grado de correlación entre las variables de estudio entre ambos dispositivos fue determinado mediante la prueba de correlación de Pearson, considerado los valores como trivial ( $r < 0.1$ ), bajo ( $0.1 < r < 0.3$ ), moderado ( $0.3 < r < 0.5$ ), grande ( $0.5 < r < 0.7$ ), muy grande ( $0.7 < r < 0.9$ ), casi perfecto ( $r > 0.9$ ) y perfecto ( $r = 1.0$ ). La técnica de concordancia Bland-Altman (Bland & Altman, 1968) fue utilizada para determinar el acuerdo en el registro de las variables entre ambos dispositivos. El grado de acuerdo se determinó trazando las diferencias entre los dos dispositivos en función de la media. El tamaño del efecto (Cohen's *d*) fue calculado y los valores de  $< 0.41$ ,  $0.41-0.70$  y  $> 0.70$  fueron considerados pequeños, moderado y grande respectivamente (Cohen, 1992). El nivel de significación se estableció en  $p < 0.05$ . El análisis estadístico se llevó a cabo utilizando el paquete de software estadístico SPSS para Windows en su versión 21.0 (SPSS, Inc., Chicago, IL, USA).

### Resultados

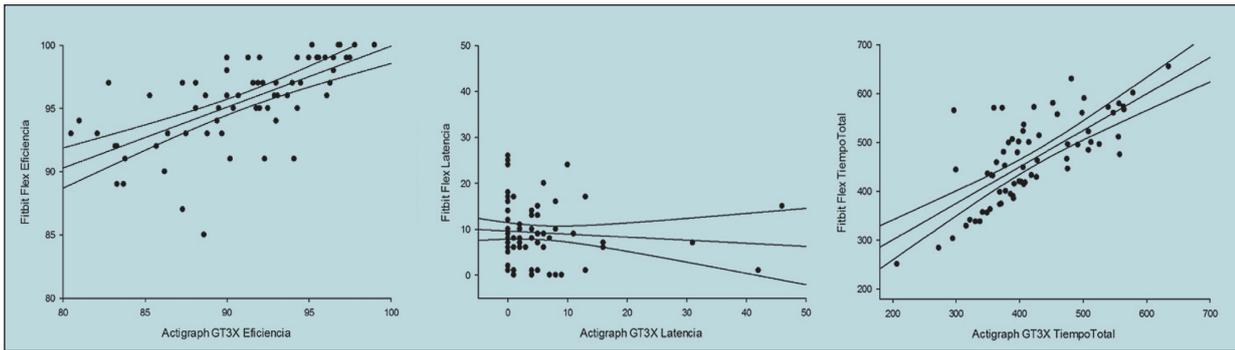
Se obtuvieron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en todas las variables que determinan la calidad del sueño (eficiencia, latencia y tiempo total) entre el registro realizado con FF y AGT3X (Tabla 1). La ES ( $r = 0.658$ ,  $ICC = 0.770$ ,  $p < 0.05$  *large*) y el TTS ( $r = 0.727$ ,  $ICC = 0.841$ ,  $p < 0.05$  *very large*) mostraron una correlación significativa en los datos registrados con el FF y el AGT3X. No se obtuvo correlación significativa ( $r = 0.081$ ,  $ICC = 0.191$ ,  $p > 0.05$ ) en la LS entre ambos dispositivos (Figura 2).

Bland-Altman plots revela un buen acuerdo entre FF y AGT3X en la valoración de la Eficiencia y Latencia (Figura 2). Bland-Altman plots para el Tiempo Total muestra una gran desviación entre ambos dispositivos.

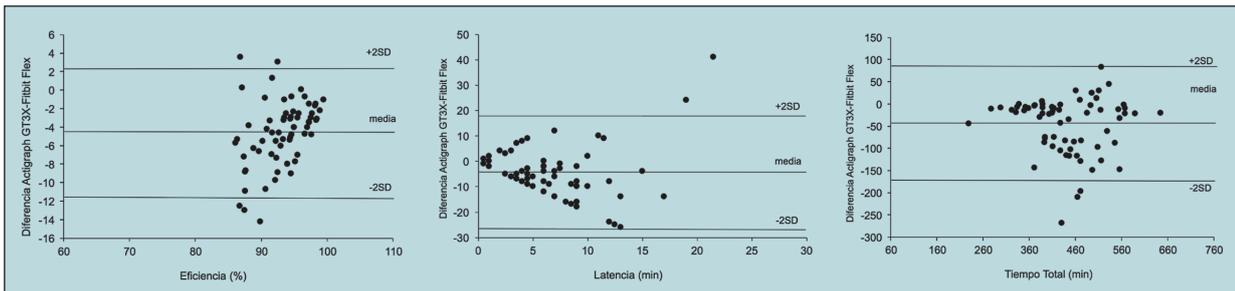
### Discusión

El objetivo principal de este estudio fue comparar el registro de la ES, la LS y el TTS, entre el FF y el AGT3X, considerado el *Gold Standard* en la valoración del sueño mediante actigrafía. Hasta la fecha, solo algunos estudios habían comparado el registro de FF con actigrafía y polisomnografía para la evaluación de la calidad del sueño (Mantua, Gravel, & Spencer, 2016; Kang et al., 2017), sin embargo, desde nuestro conocimiento, este es el primer estudio que compara FF con AGT3X. Los resultados parecen indicar que hay una correlación significativa entre AGT3X y FF en la evaluación de la ES ( $r = 0.658$ ) y el TTS ( $r = 0.727$ ) al igual que un alto grado de concordancia intraclass ( $ICC = 0.770$ ,  $ICC = 0.841$ ), y acuerdo en ambas variables respectivamente. La FF puede ser por tanto considerada como un instrumento estable para la evaluación de la calidad del sueño, sin que pueda sustituir a la actigrafía en el ámbito clínico o de la investigación. Los cuantificadores comerciales como la FF, gracias a su bajo coste, uso sencillo y ser poco invasivos, resultan un elemento de interés para cualquier deportista o institución deportiva que tenga necesidad de cuantificar y evaluar la calidad del sueño, ya sea por salud o por mejora y control del rendimiento deportivo. Por todo ello, este estudio resulta de interés para la mejora del control del deportista y su recuperación.

Los resultados obtenidos muestran diferencias significativas entre ambos dispositivos en el registro de la ES, LS y TTS. Estas diferencias pueden deberse, por un lado, a la falta de precisión de la FF en el registro, así como a la necesidad de activar y desactivar la pulsera para dar comienzo y detener los registros, con la correspondiente pérdida de datos que esto pueda originar (Baroni et al., 2016). Las diferencias en la LS y el TTS parecen indicar que el error pueda ser generado por la medición del tiempo despierto después de haberse acostado. A pesar de que la FF sobrestima la LS respecto al AGT3X, también sobrestima el TTS, lo que parece sig-



**Figura 1.** Correlación entre FitBit Flex y Actigraph GT3X en el registro de la Eficiencia, Latencia y el Tiempo Total de Sueño.



**Figura 2.** Figura 2. Bland-Altman plots mostrando el acuerdo entre Actigraph GT3X y Fitbit Flex en la Eficiencia del sueño, Latencia y Tiempo Total de sueño. Las líneas continuas de los extremos superior e inferior indican 2 desviaciones estándar por encima y por debajo de la media de las diferencias.

nificar que no detecta correctamente los despertares o el sueño ligero durante la noche. Estudios previos han mostrado resultados diferentes, obteniendo una mayor correlación en el TTS al compararlo con actigrafía (Actiwatch 2) ( $r = 0.937$ ) y polisomnografía (Embletta X100) ( $r = 0.974$ ) en sujetos sin trastornos del sueño (Kang et al., 2017). Si bien estas diferencias no afectan al resultado mostrado en la ES en el caso de la FF, esto puede ser debido a que se trata de una muestra sin trastornos del sueño. En caso de pacientes con insomnio u otras alteraciones la ES podría verse más afectada.

Sin embargo, existen correlaciones moderadas-altas en las mediciones de ES y TTS entre FF y otros actígrafos (Mantua et al., 2016; Kang et al., 2017). Esto puede ser debido a que, a pesar de las diferencias entre los resultados de ambos instrumentos, el error es constante y por tanto la FF es estable en las mediciones.

Los resultados de la prueba Bland-Altman muestran acuerdo entre FF y AGT3X en los resultados de ES y LS. La falta de acuerdo obtenido mediante la prueba de Bland-Altman en el caso del TTS puede ser debida a que la FF presenta diferencias en la sensibilidad de la medición, sobrestimando el tiempo despierto después de acostarse respecto a AGT3X, de acuerdo con los resultados de Kang et al., 2017, que describieron la falta de acuerdo entre FF y polisomnografía en el tiempo despierto después de quedarse dormido. Los resultados de acuerdo obtenidos mediante el Bland-Altman mejora los descritos para ES y TTS al comparar el pri-

mer modelo de Fitbit Inc., Fitbit®, al compararlos con el actígrafo ActiWatch-64 (Montgomery-Downs, Insana y Bond, 2012). Además, los resultados obtenidos mediante la prueba de Coeficiente de Correlación Intraclase, en las variables de ES y TTS concuerdan con los obtenidos en estudios previos al comparar el TTS con polisomnografía y actigrafía (Kang et al., 2017).

Estudios previos han señalado la pérdida de datos como un hándicap en el uso de esta tecnología, tanto en el modelo Fitbit One® ((Baroni et al., 2016, Lillehei, Halcón, Savik y Reis, 2015) como en FF (Baroni et al., 2016), destacando la importancia de utilizar instrumentos complementarios en función del tipo de investigación. Otros modelos de Fitbit®, han obtenido resultados similares en estudios recientes (Zambotti, Claudatos, Inkelis, Colrain & Baker, 2016), que resaltan la mejora en la precisión de la medición de los indicadores de calidad del sueño, habiendo sobrestimado tan solo 8 minutos en el TTS y 1,8% en la ES. Aun así, estos dispositivos todavía no aportan suficiente información acerca de la calidad del sueño, no llegando a distinguir ni siquiera entre sueño ligero y profundo.

El desarrollo tecnológico no ha servido para que los algoritmos utilizados por este tipo de tecnología se abran al público (Kang et al., 2017), lo cual no ha facilitado la investigación en materia de validación. Al haber utilizado un solo modelo de dispositivo y versión de software para el análisis de los resultados de FF, cualquier cambio que se realice tanto de hardware como de

software podría invalidar los resultados y conclusiones expuestos. El continuo desarrollo de los algoritmos y los instrumentos de medida nos hacen pensar que las evaluaciones van a poder llevarse a cabo de manera mucho más completa y eficiente en un futuro cercano.

## Conclusión

Este es el primer estudio que analiza la validez de la FF en el registro de la calidad del sueño analizando la correlación y concordancia con el AGT3X en el registro de la eficiencia, latencia y tiempo total de sueño. Los resultados obtenidos en cuanto a correlación, confiabilidad y acuerdo entre FF y AGT3X muestran que la FF es una herramienta complementaria estable para la valoración de la calidad del sueño sin fines diagnósticos en entornos domésticos y profesionales, pero no muestra una validez suficiente para sustituir al AGT3X en el registro de la calidad del sueño en investigación.

## Limitaciones

Este estudio se centra en la validación de la FF para el registro de los indicadores de la calidad del sueño, no obstante, en el estudio existen algunas limitaciones. Se ha utilizado una muestra reducida y heterogénea de participantes, lo cual puede limitar su poder estadístico y reproducibilidad.

El dispositivo FF requiere que el usuario inicialice el “modo sueño”, lo cual puede afectar al registro de datos, situación que no ocurre con sistemas de registro permanente como el AGT3X.

La falta de bibliografía referente a la validación de este instrumento imposibilita compararlo con un mayor número de resultados, si bien este instrumento ya se había validado anteriormente en su función de cuenta pasos y estimación del gasto energético (Baroni et al., 2016; Lee et al., 2014; Mammen et al., 2012), así como para la valoración de los indicadores de calidad del sueño comparándolo con la polisomnografía (Mantua et al., 2016); además de otros estudios que validaron dispositivos previos como la Fitbit One® (Takacs et al., 2014) para el recuento de pasos realizados, obteniendo errores menores al 1,3 %, así como la validación de la Fitbit Ultra®, sobre la cual también se encontraron diferencias respecto a la actigrafía y polisomnografía (Gusmer et al., 2014).

Estudios futuros deberán tener en cuenta estas limitaciones para usos diagnósticos e investigadores, a pesar de las cuales, este estudio piloto provee una evidencia sobre la utilidad, que no validez, del FF en la valoración e los indicadores de calidad del sueño.

## Conflicto de intereses

Los autores confirman que este artículo no presenta conflicto de intereses.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ancoli-Israeli, S., Cole, R., Alessi, C., Chambers, M., Moorcroft, W., & Pollak, C. P. (2003). The role of actigraphy in the study of sleep and circadian rhythms. *Sleep*, 26(3), 342–392. <http://dx.doi.org/10.1093/sleep/26.3.342>
- Baroni, A., Bruzzese, J-M, Di Bartolo, C.A., Shatkin, J.P. (2016) Fitbit Flex: an unreliable device for longitudinal sleep measures in a non-clinical population. *Sleep Breath* 20(2), 853–854. <http://doi.org/10.1007/s11325-015-1271-2>
- Berger, A., Wielgus, K. K., Young-McCaughan, S., Fischer, P., Farr, L., & Lee, K. A. (2008). Methodological challenges when using actigraphy in research. *Journal of Pain Symptom Manage*, 36(2), 191–199. <http://doi.org/10.1016/j.jpainsymman.2007.10.008>.META-AN
- Berntsen S, Hageberg R, Aandstad A, Mowinckel P, Anderssen SA, Carlsen KH, Andersen LB. (2010) Validity of physical activity monitors in adults participating in free-living activities. *British Journal of Sports Medicine*, 44(9), 657–664. <http://doi.org/10.1136/bjsm.2008.048868>
- Bland, J. M., & Altman, D. G. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *The Lancet*, 307–310.
- Breslau, N., Roth, T., Rosenthal, L., & Andreski, P. (1996). Sleep disturbance and psychiatric disorders: A longitudinal epidemiological study of young adults. *Biological Psychiatry*, 39(6), 411–418. [http://doi.org/10.1016/0006-3223\(95\)00188-3](http://doi.org/10.1016/0006-3223(95)00188-3)
- Bonnet, M. H., & Arand, D. L. (1995). We are chronically sleep deprived. *Sleep*, 18(10), 908–911. <http://doi.org/10.3758/BF03333140>
- Bonnet, M. H., & Arand, D. L. (2003). Insomnia, metabolic rate and sleep restoration. *Journal of Internal Medicine*, 254(1), 23–31. <http://doi.org/10.1046/j.1365-2796.2003.01176.x>
- Buysse, D. J., Reynolds, C. F., Monk, T. H., Berman, S. R., & Kupfer, D. J. (1989). The Pittsburgh Sleep Quality Index: A New Instrument Psychiatric Practice and Research. *Methods*, 193–213.
- Calabró, M., Lee, J.-M., Saint-Maurice, P. F., Yoo, H., & Welk, G. J. (2014). Validity of physical activity monitors for assessing lower intensity activity in adults. *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 11(1), 119. <http://doi.org/10.1186/s12966-014-0119-7>
- Cellini N, Buman MP, McDevitt EA, Ricker AA, Mednick SC. (2013) Direct comparison of two actigraphy Devices with polysomnographically recorded naps in healthy young adults. *Chronobiology International*. 30(5): 691-8. <http://doi.org/10.3109/07420528.2013.782312>
- Chaput, J.-P., Després, J.-P., Bouchard, C., & Tremblay, A. (2007). Short sleep duration is associated with reduced leptin levels and increased adiposity: Results from the Quebec family study. *Obesity. Silver Spring Medicine*, 15(1), 253–261. <http://doi.org/10.1038/oby.2007.512>
- Cicchetti, D.V. (1994) Guidelines, criteria, and rules of thumb for evaluating normed and standardized assessment instruments in psychology. *Psychological Assessment*, 6(4) 284-290. <http://dx.doi.org/10.1037/1040-3590.6.4.284>
- Cohen, J. (1992) A power primer. *Psychological Bulletin*, 112(1), 155-159. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19565683>
- Davenne, D. (2009). Sleep of athletes – problems and possible solutions. *Biological Rhythm Research*, 40(1), 45–52. <http://doi.org/10.1080/09291010802067023>

- Engle-Friedman, M. (2014). The effects of sleep loss on capacity and effort. *Sleep Science*, 7(4), 213–224. <http://doi.org/10.1016/j.ssci.2014.11.0010>
- Fullagar, H. H. K., Skorski, S., Duffield, R., Hammes, D., Coutts, A. J., & Meyer, T. (2015). Sleep and Athletic Performance: The Effects of Sleep Loss on Exercise Performance, and Physiological and Cognitive Responses to Exercise. *Sports Medicine*, 45(2), 161–186. <http://doi.org/10.1007/s40279-014-0260-0>
- García-Mas, A., Aguado, F. J., Cuartero, J., Calabria, E., Jiménez, R., & Pérez, P. (2003). Sueño, descanso y rendimiento en jóvenes deportistas de competición. *Revista de Psicología del Deporte*, 12, 181–195.
- Gusmer, R. J., Bosch, T. a., Watkins, a. N., Ostrom, J. D., & Dengel, D. R. (2014). Comparison of FitBit® Ultra to ActiGraph™ GT1M for Assessment of Physical Activity in Young Adults During Treadmill Walking. *The Open Sports Medicine Journal*, 8(1), 11–15. <http://doi.org/10.2174/1874387001408010011>
- Grandner, M. A. (2017). Sleep and obesity risk in adults: possible mechanisms; contextual factors ; and implications for research , intervention , and policy. *Sleep Health: Journal of the National Sleep Foundation*, 3(5), 393–400 <http://doi.org/10.1016/j.sleh.2017.07.014>
- Halson, S. L. (2014). Sleep in Elite Athletes and Nutritional Interventions to Enhance Sleep. *Sports Medicine*, 44(S1), 13–23. <http://doi.org/10.1007/s40279-014-0147-0>
- Hargens, T. a., Kalesh, A. S., Edwards, E. S., & Butner, K. L. (2013). Association between sleep disorders, obesity, and exercise: A review. *Nature and Science of Sleep*, 5, 27–35. <http://doi.org/10.2147/NSS.S34838>
- Hopkins, WG. (2000). Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Medicine* 30(1), 1–15.
- Irish, L. A., Kline, C. E., Gunn, H. E., Buysse, D. J., & Hall, M. H. (2015). The role of sleep hygiene in promoting public health: A review of empirical evidence. *Sleep Medicine Reviews*, 22, 23–36. <http://doi.org/10.1016/j.smrv.2014.10.001>
- Jiménez-Correa, U., Haro, R., González-Robles, R. O., & Velázquez-Moctezuma, J. (2011). How is the Epworth Sleepiness Scale related with subjective sleep quality and polysomnographic features in patients with sleep-disordered breathing? *Sleep and Breathing*, 15(3), 513–518. <http://doi.org/10.1007/s11325-010-0372-1>
- Kang, S. G., Kang, J. M., Ko, K. P., Park, S. C., Mariani, S., & Weng, J. (2017). Validity of a commercial wearable sleep tracker in adult insomnia disorder patients and good sleepers. *Journal of Psychosomatic Research*, 97, 38–44. <http://doi.org/10.1016/j.jpsychores.2017.03.009>
- Kim, D. Y., Jung, Y. S., Park, R. W., & Joo, N. S. (2014). Different location of triaxial accelerometer and different energy expenditures. *Yonsei Medical Journal*, 55(4), 1145–1151. <http://doi.org/10.3349/yymj.2014.55.4.1145>
- Knuston, K., & Van Cauter, E. (2008). Associations between sleep loss and increased risk of obesity and diabetes. *Annals of New York Academy of Sciences*, 1129(1), 287–304. <http://doi.org/10.1196/annals.1417.033>
- Kushida, C. a., Chang, a., Gakdary, C., Guilleminault, C., Carrillo, O., & Dement, W. C. (2001). Comparison of actigraphic, polysomnographic, and subjective assessment of sleep parameters in sleep-disordered patients. *Sleep Medicine*, 2(5), 389–396. [http://doi.org/10.1016/S1389-9457\(00\)00098-8](http://doi.org/10.1016/S1389-9457(00)00098-8)
- Leatherwood, W. E., & Drago, J. L. (2013). Effect of airline travel on performance: a review of the literature. *British Journal of Sports Medicine*, 47(9), 561–567. <http://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091449>
- Lee, J. M., Kim, Y., & Welk, G. J. (2014). Validity of consumer-based physical activity monitors. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 46(9), 1840–1848. <http://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000287>
- Lillehei, A. S., Halcón, L. L., Savik, K., & Reis, R. (2015). Effect of Inhaled Lavender and Sleep Hygiene on Self-Reported Sleep Issues: A Randomized Controlled Trial. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 21(7), 430–438. <http://doi.org/10.1089/acm.2014.0327>
- Littner, M., Kushida, C. a, Anderson, W. M., Bailey, D., Berry, R. B., Davila, D. G., Johnson, S. F. (2003). Practice parameters for the role of actigraphy in the study of sleep and circadian rhythms: an update for 2002. *Sleep*, 26(3), 337–341. <http://dx.doi.org/10.1093/sleep/26.3.337>
- Mammen G, Gardiner S, Senthinathan A, McClemlont L, Stone M, Faulkner G. (2012) Is this bit fit? Measuring the quality of the fitbit step-counter. *Health & Fitness Journal of Canada*, 5(4),30-9. <https://doi.org/10.14288/hfjc.v5i4.144>
- Man, G. C. W., & Kang, B. V. (1995). Validation of a portable sleep apnea monitoring device. *Chest*, 108(2), 388–393. <http://doi.org/10.1378/chest.108.2.388>
- Mantua, J., Gravel, N., & Spencer, R. (2016). Reliability of Sleep Measures from Four Personal Health Monitoring Devices Compared to Research-Based Actigraphy and Polysomnography. *Sensors*, 16(5), 646. <http://doi.org/10.3390/s16050646>
- Meltzer LJ, Hiruma LS, Avis K, Montgomery-Downs H, Valentin J. (2015). Comparison of a commercial accelerometer with polysomnography and actigraphy in children and adolescents. *Sleep*, 38(8), 1323–1330. <http://doi.org/10.5665/sleep.4918>
- Meltzer, L. J., Montgomery-Downs, H. E., Insana, S. P., & Walsh, C. M. (2012). Use of actigraphy for assessment in pediatric sleep research. *Sleep medicine reviews*, 16(5), 463–475. <http://doi.org/10.1016/j.smrv.2011.10.002>
- Paavonen, E. J., Fjällberg, M., Steenari, M.-R., & Aronen, E. T. (2002). Actigraph placement and sleep estimation in children. *Sleep*, 25(2), 235–237. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11902433>
- Parish, J. M. (2009). Sleep-related problems in common medical conditions. *Chest*, 135(2), 563–572. <http://doi.org/10.1378/chest.08-0934>
- Rae, D. E., Chin, T., Dikgomo, K., Hill, L., Mckune, A. J., Kohn, T. A., & Roden, L. C. (2017). One night of partial sleep deprivation impairs recovery from a single exercise training session. *European Journal of Applied Physiology*, 117(4), 699–712. <http://doi.org/10.1007/s00421-017-3565-5>
- Ruiz Pacheco, C. (2007). Revisión de los diversos métodos de evaluación del trastorno de insomnio. *Anales de Psicología*, 23(1), 109–117. <http://doi.org/10.6018/23131>
- Sadeh, A., & Acebo, C. (2002). The role of actigraphy in sleep medicine. *Sleep Medicine Reviews*, 6(2), 113–124. <http://doi.org/10.1053/smrv.2001.0182>
- Samuels, C., James, L., Lawson, D., & Meeuwisse, W. (2015). The Athlete Sleep Screening Questionnaire : a new tool for assessing and managing sleep in elite athletes. *British Journal of Sport Medicine* 50(7), 418–422 <http://doi.org/10.1136/bjsports-2014-094332>
- Shapiro, C. M., Catterall, J., Warren, P., Oswald, I., Trinder, J., Paxton, S., & East, B. W. (1987). Lean body mass and non-rapid eye movement sleep. *British Medical Journal (Clinical Research Ed.)*, 294(6563), 22.
- Sheskin DJ. Handbook of parametric and nonparametric statistical procedures. 5th ed. Chapman & Hall / CRC Press, Boca Raton, FL, 2011.
- Takacs, J., Pollock, C. L., Guenther, J. R., Bahar, M., Napier, C., & Hunt, M. A. (2014). Validation of the Fitbit One activity monitor device during treadmill walking. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 17(5), 496–500. <http://doi.org/10.1016/j.jsams.2013.10.241>
- Tanita Corporation - Japan. (2002). Body Composition Analyzer BC-418 Instruction Manual.
- Thompson WR. Worldwide survey of fitness trends for 2016: 10th Anniversary Edition. (2015) *ACSM's Health Fitness Journal*. 19(6),9-18.
- Toon, E., Davey, M. J., Hollis, S. L., Nixon, G. M., Horne, R. S. C., & Biggs, S. N. (2016). Comparison of commercial wrist-based and smartphone accelerometers, actigraphy, and PSG in a clinical cohort of children and adolescents. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 12(3), 343–350. <http://doi.org/10.5664/jcs.5580>
- Waterhouse, J., Edwards, B., Nevill, a, Atkinson, G., Reilly, T., Davies, P., & Godfrey, R. (2000). Do subjective symptoms predict our perception of jet-lag? *Ergonomics*, 43(10), 1514–27. <http://doi.org/10.1080/001401300750003943>
- Wang, J. (2015) A Wearable Sensor (Fitbit One) and Text-Messaging to Promote Physical Activity and Participants' Level of Engagement (A Randomized Controlled Feasibility Trial). PhD Proposal. University of California.
- Welk, G. J., Blair, S. N., Wood, K., Jones, S., & Thompson, R. W. (2000). A comparative evaluation of three accelerometer-based physical activity monitors. *Medicine Science Sports Exercise*, 32(9), S489–S497. <http://doi.org/10.1097/00005768-200009001-00008>
- Wirth, M. D., Hébert, J. R., Hand, G. A., Youngstedt, S. D., Hurley MS, T. G., Shook, R. P., Blair, S. N. (2015). Association between actigraphic sleep metrics and body composition. *Annals of Epidemiology*, 25(10), 773–778. <http://doi.org/10.1016/j.annepidem.2015.05.001>
- Youngstedt, S. D. (2005). Effects of exercise on sleep. *Clinics in Sports Medicine*, 24(2), 355–365. <http://doi.org/10.1016/j.csm.2004.12.003>
- Zambotti, M. de, Claudatos, S., Inkelis, S., Colrain, I. M., & Baker, F. C. (2015). Barriers to clinical trial enrollment in racial and ethnic minority patients with cancer. *Chronobiology International*, 32(7), 1024–1028. <http://doi.org/10.3109/07420528.2015.1054395>