

Actividad física y sueño en un grupo de tres adolescentes con autismo

Physical activity and sleep in a group of three teenagers with autism

*Andrés García-Gómez, **Miguel Moratinos Morillo, **Juan Carlos Zambrano Sánchez, **Librado José Cotrina Santano

*Universidad de Extremadura (España), **Consejería de Educación. Junta de Extremadura (España)

Resumen. El propósito de este trabajo consiste en comprobar si el aumento de ejercicio físico en un grupo de adolescentes con autismo tiene influencia sobre algunos patrones del sueño. Se evalúa la actividad física medida en pasos y las horas de sueño en tres sujetos jóvenes con autismo en el que se incluye un programa consistente en aumentar la actividad física a través de caminatas durante el periodo lectivo, durante tres días por semana, a lo largo de un mes. Para los registros de actividad y de sueño se ha utilizado un acelerómetro triaxial que permite el registro continuo durante 30 días. Los sujetos de este estudio han obtenido mayores niveles de actividad física los días de caminata frente al resto de los días, siendo esta diferencia significativa y con una magnitud de efecto grande. Además, los días más activos, entre los que se incluyen los días de caminatas, han dormido más que el resto de los días, con diferencia significativa y efecto moderado. El programa de caminatas ha tenido un efecto claro en el nivel de actividad física de los participantes, acercándolo a las recomendaciones internacionales, y tiene una influencia decisiva en su calidad de vida por mejorar la vida activa y aumentar el tiempo de sueño.

Palabras Clave. Actividad física, autismo, necesidades educativas especiales, sueño.

Abstract. The purpose of this study is to ascertain if an increase in physical exercise in a group of autistic teenagers would improve their level of average daily activity and if it had any influence on their sleep patterns. Physical activity and sleep patterns were monitored in three participants with autism. The programme that they took part in will aim to increase their physical activity by means of regular walks - three times a week for a period of a month. Participants used a triaxial accelerometer to record their results during the thirty-day test period. Participants recorded higher levels of physical activity during the 'walking days' compared to the other days. The difference was significant and the effect large. Also, during the days of increased activity (including the walking days), participants slept more than during the other days. Once again the difference was significant but the effect was only moderate in this case. The walking program had a clear effect on participants' levels of physical activity, bringing them closer to the international recommendations, and it has a decisive influence on their quality of life, because it improves active life and sleep.

Keywords. Autism, physical activity, sleep, special education needs.

Introducción

Los Trastornos del Espectro del Autismo (TEA) son un conjunto de trastornos de neurodesarrollo, de inicio en la edad temprana, caracterizados por presentar déficit en la comunicación social, un patrón de limitado y estereotipado de intereses y comportamientos y ciertas peculiaridades sensoriales que pueden manifestarse por hiper o hipo reactividad a los estímulos o por intereses inusuales en aspectos sensoriales del entorno (APA, 2013).

Los TEA se pueden asociar con cualquier otra enfermedad o trastorno del desarrollo, psicomotor, sensorial, emocional o del comportamiento bien sea de origen genético, endocrino u otros (Zafeiriou, Ververi & Vargiami, 2007; Oviedo et al., 2015) y las personas que lo padecen se encuentran en una mayor situación de vulnerabilidad que otras personas para padecer otros trastornos tales como estrés (Spratt et al., 2012), depresión (Liss, Mailloux & Erchull, 2008; Stewart, Barnard, Pearson, Hasan & O'Brien, 2006), ansiedad (White, Oswald, Ollendick & Scahill, 2009), fobias, trastornos obsesivos compulsivos y TDAH (Leyfer et al., 2006), trastornos de alimentación (Schreck, Williams & Smith, 2004) y trastornos del sueño (Richdale & Schreck, 2009; Liu, Hubbard, Fabes & Adam, 2006).

En el caso concreto de los trastornos del sueño, sabemos que en los sujetos TEA los problemas de sueño son más comunes y más graves que en los niños con desarrollo típico (Malow et al., 2012). Los estudios epidemiológicos señalan que entre el 44 y el 83% de los sujetos con TEA

presentan trastornos del sueño (Souders et al., 2009; Malow et al., 2016; Miano & Ferri, 2010; Hodge, Carollo, Lewin, Hoffman & Sweeney, 2014).

Los trastornos del sueño de los sujetos con TEA tienen un origen diverso, por lo que se entiende que en la causa subyacente de la falta de sueño se pueden incluir factores de comportamiento, factores médicos o una interacción de ambos factores (Krakowiak, Goodlin-Jones, Hertz-Picciotto, Croen & Hansen, 2008). Se han señalado como causas la existencia de otros trastornos relacionados con el insomnio tales como la epilepsia, trastornos gastrointestinales, dolor, problemas respiratorios, síndrome de piernas inquietas, etc., y otros trastornos psiquiátricos, como la ansiedad, la depresión y el trastorno bipolar. También aparecen descritos como causas algunos medicamentos para los trastornos comórbidos en el tratamiento del autismo (metilfenidato, aripiprazol, etc.) (Cortesi, Giannotti, Ivanenko & Johnson, 2010). Además, existen características propias de los TEA que pueden incidir como causa concomitante a otras causas en los trastornos del sueño de esta población (Malow et al., 2012). Entre estas características se pueden citar: a) las dificultades con la regulación emocional (por ejemplo, la capacidad de calmarse a sí mismo); b) las dificultades para la transición de actividades estimulantes a otras más tranquilas a la hora de dormir; c) los déficits en habilidades de comunicación que afectan a la comprensión por parte del niño de las expectativas de los padres relacionados con irse a la cama y quedarse dormido; y d) otras variables ambientales, como el estrés de los padres u otras circunstancias familiares.

Los problemas de sueño más frecuentemente reportados incluyen dificultad para conciliar el sueño, el sueño no reparador, no quedarse dormido en su propia cama, y los

despertares frecuentes. Otros problemas de sueño con menor frecuencia que han sido señalados son el sonambulismo, los dolores de cabeza matutinos, llorar durante el sueño, la apnea y las pesadillas (Gail-Williams, Sears & Allard, 2004; Malow et al., 2012; Allik, Larsson & Smedje, 2006; Krakowiak et al., 2008; Meltzer, 2008).

En un reciente estudio apoyado por Autism Treatment Network (ATN) de Autism Speak, se constata a través de análisis multivariantes la relación directa entre los trastornos del sueño y la desregulación conductual en los sujetos con TEA (Mazurek & Sohl, 2016). Cuando se han estudiado las consecuencias específicas del insomnio para los niños jóvenes con autismo se han descrito una serie de fenómenos que podríamos dividir en: a) consecuencias internalizantes, tales como la ansiedad, la labilidad emocional, la dificultad para razonar y dificultades de atención, entre otras (Mazurek & Petroski, 2015; Fadini et al., 2015; Sikora, Johnson, Clemons & Katz, 2012); b) consecuencias externalizantes de tipo cognitivo conductual, describiendo que a mayor perturbación del sueño le corresponden mayores niveles de afectación comportamental, tales como mayores niveles de irritabilidad, de hiperactividad, mayor somnolencia y mayores tasas de conductas perturbadoras y de estereotipias, produciendo un aumento de la intensidad de los síntomas propios del autismo (Mazurek & Sohl, 2016; Mazurek & Petroski, 2015; Fadini et al., 2015; Schreck, Mulick & Smith, 2004); c) consecuencias adaptativas, tales como repercusiones en las habilidades de autocuidado e independencia y en las habilidades sociales (Fadini et al., 2015; Sikora et al., 2012); y, d) consecuencias familiares, con una influencia directa en el aumento del estrés de los progenitores y decremento de la calidad de vida familiar (Gail-Williams, Sears & Allard, 2004).

Por lo tanto, el sueño es un factor que ha de tenerse en cuenta cuando se abordan tratamientos integrales que tomen como referencia la calidad de vida de los sujetos con discapacidad y de sus familiares. Tanto más si tenemos en cuenta que existe una relación bidireccional y compleja entre los trastornos del sueño y la conducta, en tanto que los trastornos del sueño se presentan con mayor frecuencia que en los niños neurotípicos y a su vez estos trastornos del sueño, cuya incidencia y repercusiones suele ser subestimada por los neuropediatras, inciden negativamente en la sintomatología clínica de esta población (Pérez-Villena et al., 2016).

Desde hace algunos años se ha venido especulando acerca de las relaciones que se producen entre el ejercicio físico y el sueño con la sospecha de que un aumento en la tasa de ejercicio puede tener efectos beneficiosos sobre el sueño en términos de duración y calidad. En las dos últimas décadas ha habido importantes avances en este conocimiento, aunque aún quedan muchos interrogantes por resolver. No obstante, parece que hay evidencias suficientes como para que algunas sociedades médicas consideren el ejercicio físico como una modalidad terapéutica no farmacológica para los trastornos del sueño (Santos, Tufik & Mello, 2007; Wachob & Lorenzi, 2015).

En distintos trabajos realizados desde 1996, se han descrito algunas particularidades acerca de las relaciones entre el ejercicio físico y el sueño. En estos trabajos se ha señalado, cuando se comparan los patrones de sueño entre indivi-

duos sedentarios e individuos activos físicamente, que el ejercicio parece que influye en el sueño, entre otras cuestiones, produciendo un aumento del tiempo de sueño, un aumento en la fase N3 de sueño y una disminución del tiempo de la fase REM (Kubitz, Landers, Petruzzello & Han, 1996; Driver & Taylor, 2000; Santos et al., 2007; Lang et al., 2013; Kalak et al., 2012; Aguilar-Farias, Martino-Fuentealba & Chandia-Poblete, 2020).

Veqar & Hussain (2012) recogen un importante número de trabajos en los que se señalan efectos del ejercicio físico sobre el sueño en la línea de los señalados en el párrafo anterior, planteando que sus efectos pueden ser utilizados como herramienta de modificación de la conducta para llevar una mejora en la calidad del sueño, pero siguen siendo necesarios más estudios que permitan calcular la dosimetría exacta de la intervención junto con el periodo adecuado del día para la práctica del ejercicio.

De forma experimental, Kalak et al. (2012) propusieron un programa de actividad física a un grupo de 27 adolescentes consistente en realizar *running* durante media hora, tres días a la semana, a lo largo de un periodo de tres semanas. El interés del trabajo consistió en evaluar el efecto del ejercicio prolongado (crónico) sobre el sueño y no el efecto del ejercicio agudo (efecto sobre el sueño en la noche inmediatamente posterior a la realización del ejercicio). Los sujetos del grupo experimental consiguieron después del programa puntuaciones medias superiores a las puntuaciones de inicio y superiores a las del grupo de control en torno a media hora más de sueño diario.

En el terreno concreto de los estudios sobre el ejercicio físico y el sueño en sujetos con TEA hemos encontrado escasas referencias. En estos estudios, en los que se busca la relación entre el nivel de actividad física y el sueño medidas ambas variables por actigrafía, los resultados reflejan que los niños y jóvenes con TEA son menos activos durante el día y muestran patrones de sueño peores, en concreto, tardan más en conciliar el sueño, tienen más despertares una vez iniciado el sueño, y duermen menos horas que los niños y jóvenes sin trastornos, es decir, exhiben un patrón de sueño menos eficiente que aquellos que son más activos durante el día (Wachob & Lorenzi, 2015; Barnes, 2019; Benson et al., 2019).

Con un planteamiento prospectivo, otros trabajos han demostrado experimentalmente que cuando se aumenta la actividad física (a través de caminatas, natación, ejercicios físicos planificados, etc.) se consigue mejorar algunos patrones perniciosos del sueño de los sujetos con TEA, tales como el retraso en la aparición del sueño, el número de interrupciones y la duración del sueño (Jossen, Holsboer-Trachsler, Pühse & Gerber, 2015; Tse et al., 2019; Wilson, 2019; Fidan, Asfuroglu & Yanardag, 2019).

No obstante, debido a características tales como las dificultades de integración entre sus iguales, las dificultades en la comunicación, las conductas repetitivas y los intereses restringidos y, en muchos casos, un rendimiento motor inferior al del resto de los niños de su edad, los niños con TEA no suelen jugar con sus compañeros y participar en actividades físicas y deportivas (Yanardag, Yilmaz & Aras, 2010; Román, Salvador, Sánchez & Pinillos, 2019). Es una evidencia sobradamente contrastada a través de acelerómetros que

el nivel de actividad física de los sujetos con TEA va disminuyendo desde la niñez hasta la adolescencia (Pan & Frey, 2006), lo cual anima a considerar que los jóvenes con TEA desarrollan menos actividad física que los jóvenes con desarrollo típico (Pan, 2008). Esta falta de actividad física en los adolescentes con TEA les lleva a tener un riesgo más alto de sobrepeso y de obesidad que los jóvenes sin trastornos del neurodesarrollo (Kummer et al., 2016) y puede que influya en otras variables de calidad de vida tales como el sueño (Lang et al., 2013; Kalak et al., 2012).

Presentada la información anterior, parece pertinente señalar ahora que el objetivo que se pretende en el presente estudio consiste en analizar la relación entre la cantidad de actividad física (medida en pasos) y las horas de sueño en un grupo de adolescentes con autismo, con la idea subyacente de que si proponemos a un grupo de adolescentes con autismo un programa de intervención basado en la realización de caminatas, conseguiremos un aumento del nivel de actividad física, lo cual influirá de forma directa en una mayor cantidad de horas dormidas.

Material y método

Diseño, variables e hipótesis

Los efectos de la intervención se han valorado mediante un diseño experimental de caso único ABAB, en un grupo de tres sujetos, con las fases siguientes: línea base o pretratamiento (A) - intervención (B) - retirada (A) - e intervención (B). Se trata de un diseño intrasujetos en el que se registra la conducta de cada individuo y se valora la efectividad de la intervención comparando las fases sucesivas (Barlow, Nock & Hersen, 2008).

En los diseños experimentales de caso único no existe grupo de control, ya que los propios sujetos hacen de control de sí mismos comparando los resultados de las variables en las distintas fases del estudio (Kazdin, 2001).

La variable independiente es la participación en las sesiones de caminatas y las variables dependientes son un conjunto de variables evaluadas a través del acelerómetro tales como, la cantidad de ejercicio diario realizado medido en pasos y los minutos totales de sueño diarios.

Las relaciones que pretendemos establecer entre las variables descritas anteriormente se enuncian a través de las siguientes hipótesis:

Hipótesis 1: La participación en el programa de caminatas supone un incremento de actividad física apreciable respecto a la actividad física media de los sujetos.

Hipótesis 2: La participación en el programa de caminatas, con el incremento de actividad física que supone, producirá un aumento en la duración del tiempo de sueño.

Participantes

Se evalúa el efecto de la participación en el programa de caminatas en tres sujetos adolescentes con autismo, dos de sexo masculino y uno de sexo femenino. En la tabla 1 se pueden consultar las características básicas de los tres participantes.

Los tres sujetos cuentan con diagnóstico clínico de TEA realizado por servicios públicos de salud según criterios de DSM 5 (APA, 2013), dos de ellos con Grado 2 y uno con

Grado 1. Los tres tienen inteligencia en el rango de normalidad, son verbales y no presentan ningún otro trastorno neurológico o médico asociado a la condición de TEA.

No ha habido cambios sustanciales para ninguno de los tres sujetos en la dinámica familiar o escolar ni en el patrón terapéutico o tratamiento farmacológico durante el tiempo que ha durado el programa. Salvo suspensos puntuales en alguna asignatura, hasta la fecha, los tres sujetos suelen promocionar de curso con apoyo educativo especializado y adaptaciones curriculares de acceso y metodológicas.

Tabla 1.
Características básicas de los sujetos

Sujetos	Sexo	Edad	Curso	Escala de Bruni	Medicación	Grado TEA
1	Varón	16	4º ESO	48	Melatonina	Grado 1
2	Varón	15	3º ESO	39		Grado 2
3	Mujer	17	1º BACH	46	Melatonina	Grado 2

*Nota: En la Escala de Bruni la puntuación de corte para trastornos del sueño es 39.

Los tres sujetos están sanos, no obstante, dos de ellos obtienen puntuaciones ligeramente superiores a la puntuación de corte para trastornos del sueño en la escala de trastornos del sueño para niños SDSC (Sleep disturbance Scale for Children) de Bruni et al. (1996), estos dos sujetos también están tomando melatonina pautada por los servicios médicos como facilitadora del sueño, pero como hemos señalado esta circunstancia no ha variado mientras se ha desarrollado el programa.

Instrumentos

Para la evaluación de la actividad física y del tiempo de sueño se ha utilizado un acelerómetro ADXL362, integrado en un dispositivo doméstico ubicado en una pulsera de registro denominada comercialmente Xiaomi mi band. El acelerómetro ADXL362 es un producto fabricado por la compañía Analog Devices Inc. Cuenta con los más altos estándares de fiabilidad y ha sido fabricado de acuerdo a las normas ISO 9000, QS 9000, y los procedimientos TS16949 (Analog Devices, Inc., 2014).

Algunos autores están señalando el valor médico de los dispositivos de tipo doméstico ya que permiten al usuario final obtener datos suficientemente fiables y válidos y a un precio mucho más bajo que cualquier otro aparato de registro médico sobre algunas variables relacionadas con la salud y pueden proporcionar herramientas útiles para hacer un seguimiento del sueño, la actividad física y otros hábitos relacionados con la salud (Kelly, Strecker & Bianchi, 2012; El-Amrawy & Nounou, 2015; Xie et al., 2018; Tam & Cheung, 2018; Díaz, Reche, Torres & Rodríguez, 2019). Esto es así, incluso cuando se han comparado los datos de estos dispositivos con el instrumento reconocido como gold standard para la actigrafía, el ActiGraph GT9X (Tam & Cheung, 2019).

Una de las características de interés de este dispositivo, además de su óptima relación fiabilidad/precio, es su autonomía ya que gracias a su batería y al bajo consumo del acelerómetro permite que los sujetos lleven la pulsera ininterrumpidamente durante más de 30 días sin necesidad de recarga. Además, la pulsera es resistente al agua y sumergible (Certificado IP67, resistente al polvo y sumergible) de manera que los sujetos no necesitan quitársela a lo largo del programa para la realización de las actividades comunes de la vida cotidiana. Los sujetos han llevado las pulseras colocadas en la muñeca del brazo no dominante con el fin de evitar

conteos falsos debidos a movimientos espurios no relacionados con la práctica de actividad física.

Para evaluar las características habituales del sueño de los sujetos se ha utilizado el cuestionario de screening con más difusión internacional y mejores indicadores de fiabilidad y validez, este cuestionario está recomendado en la Guía de Práctica Clínica sobre Trastornos del Sueño en la Infancia y Adolescencia en Atención Primaria del Ministerio de Sanidad español (Grupo de trabajo de la Guía de Práctica Clínica sobre Trastornos del Sueño en la Infancia y Adolescencia en Atención Primaria, 2011) y se denomina «Escala de trastornos del sueño para niños de Bruni» (Bruni et al., 1996).

Desarrollo del programa, duración y fases

El equipo de trabajo quedó compuesto por los profesores especialistas en audición y lenguaje y de pedagogía terapéutica del aula especializada para la atención a los alumnos con TEA de un Instituto de Enseñanza Secundaria de Cáceres, por el profesor de educación física del IES y por el orientador del Equipo de Orientación específico de atención a los alumnos con TEA que atiende regularmente el centro.

Antes de comenzar las sesiones, fueron entregados a los padres de los participantes los cuestionarios de sueño, los registros de actividad diarios y los consentimientos informados de acuerdo con la Declaración de Helsinki y la Ley 14/2007, de Investigación biomédica.

Una vez comenzado el programa de intervención, los tres sujetos portaron ininterrumpidamente los dispositivos, lo cual permitió el registro ininterrumpido de 28 días de actividad con sus 28 registros de sueño. Los participantes, en este periodo de 28 días, realizaron actividades físicas, en periodos de 60 a 75 minutos, durante tres días a la semana en semanas alternas. La actividad física consistió en la realización de caminatas al aire libre, con ritmo aproximado de unos 5 kms/h.

Análisis de los datos

En primer lugar, se ofrecen estadísticas descriptivas referidas a los sujetos y a las fases del estudio (días de intervención y días que componen la línea base). Asimismo, dada la naturaleza de nuestros datos y las posibilidades de análisis que ofrecen, se realiza una prueba no paramétrica (U de Mann-Whitney) para muestras independientes referida al conjunto de los sujetos. Además, se ofrecen indicadores del Tamaño de Efecto (d de Cohen). Cohen (1988) indicó que los tamaños de efecto pueden valorarse como «pequeños, $d = 0.2$,» «moderados, $d = 0.5$,» y «grandes, $d = 0.8$ ». Para el cálculo de estos índices hemos utilizado el software libre de Psychometrica - Institut für psychologische Diagnostik (Lenhard & Lenhard, 2016).

Resultados

En la tabla 2 se ofrecen los estadísticos descriptivos de cada uno de los sujetos y las medias del grupo. En los tres casos se observa un claro aumento en la actividad los días en los que se ha desarrollado el programa. El aumento en la actividad física los días de intervención supone doblar la actividad física basal del resto de los días. Así mismo se aprecia en todos los casos una pequeña ganancia en el tiempo

de sueño, aunque es de magnitud muy pequeña para los tres participantes (14, 7 y 2 minutos respectivamente).

Tabla 2. Estadísticos descriptivos y de contraste.

Sujetos	Variable	Línea Base Media	Intervención Media	U de M. Whitney	Z	p	d
V 16 años	Actividad	6839.9	13534.8	6	-3.39	.001**	1.62
	Sueño	461.5	475.0	63	-.323	.747	0.12
V 15 años	Actividad	6395.9	12869.6	8	-3.28	.001**	1.54
	Sueño	439.1	446.3	64	-.269	.788	0.1
M 17 años	Actividad	5148.1	12885.5	1	-3.59	.000**	1.98
	Sueño	372.0	374.1	59	-.061	.951	0.0
Los 3 sujetos	Actividad	6194.9	13096.6	44	-5.99	.000**	1.73
	Sueño	429.2	431.80	589	-.055	.957	0.01

Nota: Actividad (pasos) y Sueño (minutos). $p =$ probabilidad de significación *95%, **99%. d de Cohen: tamaño del efecto pequeño 0.2, moderado 0.5 y grande 0.8.

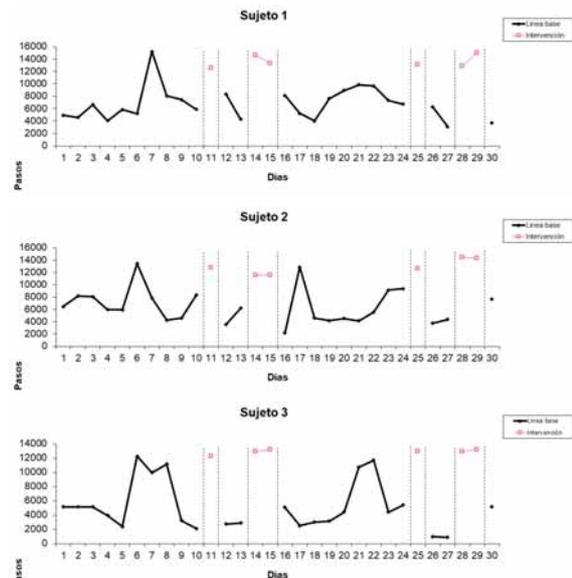


Figura 1. Registro de actividad diaria de los tres sujetos.

No obstante, a través del análisis de los registros diarios se observa que hay días en los que los sujetos realizan un nivel de actividad similar al de los días de intervención (este efecto puede observarse en los gráficos que aparecen en la figura 1).

Tomando en consideración que el nivel basal de actividad promedio de los tres sujetos es de 6194 pasos (como se observa en la tabla 2), hemos dividido los datos, agrupándolos en función de si están por encima o por debajo de esta puntuación basal media referida al nivel de actividad, con el fin de comprobar si hay diferencias significativas en relación con el sueño.

Como se observa en la tabla 3, cuando el nivel de actividad se sitúa alrededor de los 10000 pasos se produce un aumento en torno a los 60 minutos de sueño, respecto a cuando el nivel de actividad se sitúa en torno a los 4000 pasos. Esta diferencia es significativa desde el punto de vista estadístico ($p = .013$), la amplitud del efecto es moderada ($d = 0.565$) y es significativa desde el punto de vista reeducativo ya que hay una ganancia superior a los 60 minutos diarios de tiempo de sueño los días más activos entre los que se encuentran los días de caminatas.

Tabla 3. Estadísticos descriptivos y de contraste de las puntuaciones por encima y por debajo de la media (6194.9).

	Debajo de la Media	Encima de la Media	Ganancia	Z	p	d
Actividad	4064.4	10802.1	6737.7	-7.58	.000**	2.94
Sueño	396.9	458.2	61.23	-2.49	.013*	0.56

Nota: $p =$ probabilidad de significación *95%, **99%. d de Cohen: tamaño del efecto pequeño 0.2, moderado 0.5 y grande 0.8.

Teniendo en cuenta los resultados presentados, pensa-

mos que quedan confirmadas las hipótesis planteadas inicialmente. Es decir, los datos confirman que la participación en el programa de caminatas supone un incremento de actividad física apreciable respecto a la actividad física media de los sujetos. Y, la participación en el programa de caminatas, con el incremento de actividad física que supone, produce un aumento en la duración del tiempo de sueño.

Discusión

A la luz de los resultados mostrados, podemos señalar que los días de intervención, en los que los sujetos han realizado ejercicios mantenidos de tipo aeróbico, han podido superar la cifra de 10000 pasos diarios, cifra que se ha señalado como mínima para llevar una vida saludable (Tudor-Locke & Bassett, 2004). Este dato tiene una gran importancia ya que los adolescentes con TEA muestran niveles de actividad menores a los de la población neurotípica de su misma edad (Pan, 2010; Pan & Frey, 2006) y además muestran un patrón de inactividad en horario escolar frente a otras horas del día (Memari et al., 2015).

A su vez, el aumento de actividad registrado ha repercutido de forma favorable en el tiempo de sueño. Nuestros resultados son congruentes con los trabajos en los que se ha relacionado el nivel de actividad física con los patrones de sueño en población infantil o juvenil neurotípica (Lang et al., 2013; Kalak et al., 2012; Lee, Kim & Kim, 2014) y también cuando se ha relacionado el nivel de actividad física con la calidad del sueño en niños y adolescentes con TEA.

Cuando se ha tenido en cuenta el efecto del ejercicio físico sobre el sueño, se han encontrado mejoras en algunos patrones del sueño afectados en los jóvenes con TEA, tales como el retraso en la hora de inicio del sueño, el número de interrupciones del periodo de sueño y el tiempo total de sueño (Jossen, Holsboer-Trachsler, Pühse & Gerber, 2015; Tse et al., 2019, Wilson, 2019; Fidan, Asfuroglu & Yanardag, 2019). Además, también se ha constatado que la mejora los patrones de sueño viene también acompañada de una reducción de la sintomatología conductual (Cohen et al, 2014; Mazurek & Sohl, 2016), de mejoras cognitivas en el funcionamiento ejecutivo (Tse et al., 2019), y de mejoras en el funcionamiento motor (Brand et al., 2015).

Algunos estudios han barajado dos hipótesis que tratan de explicar los efectos del ejercicio físico en el patrón y la calidad del sueño: la hipótesis sobre la termorregulación y la hipótesis metabólica. Según la hipótesis de la termorregulación, el inicio del sueño está asociado con la pérdida de calor periférico a través de la vasodilatación y el aumento del sudor, junto con una reducción de la tasa metabólica basal y la temperatura corporal. Esta hipótesis parece que se confirma cuando se habla de sujetos que duermen mal, pero no parece ajustarse con tanta precisión ante personas que duermen bien. Por otro lado, la hipótesis metabólica sugiere que el sueño, a través de la reducción de demandas metabólicas, podría restaurar y preservar la energía de forma proporcional al aumento de gasto energético durante el día (Santos et al., 2007).

Otra de las causas que permiten explicar este fenómeno ha sido enunciada por Lee et al. (2014), quienes señalan que la combinación de exposición a la luz diurna (exposición al

sol durante 30 minutos) más la realización de ejercicio aeróbico también de 30 minutos de duración, produce un efecto significativo sobre la producción de melatonina (hormona del sueño) frente a sujetos control que no se expusieron al sol ni realizaron ejercicio. Las concentraciones más altas de melatonina correlacionaron positivamente con una menor latencia en el retraso de la hora del sueño y una mayor duración del tiempo total de sueño.

Conclusiones

La revisión bibliográfica previa ha puesto de manifiesto la necesidad de realizar prácticas promotoras de actividad física para los sujetos con TEA, y, como hemos podido demostrar a través de la realización de nuestro programa, estas prácticas son viables en el contexto de escolarización de la Enseñanza Secundaria. Nuestra intervención ha tenido un claro efecto sobre el nivel de actividad física de los participantes, acercándola a las recomendaciones internacionales, e influyendo de forma decisiva en su salud y en su calidad de vida por mejorar su vida activa y el tiempo de sueño.

A pesar de que nuestras conclusiones procedan de un diseño experimental de caso único, deben considerarse como provisionales debido a la pequeña muestra utilizada. No obstante, la dirección de nuestros resultados viene apoyada por los recientes estudios realizados sobre el mismo tópico. En el futuro habrá que apoyar estas conclusiones en estudios con muestras más numerosas, variando entre otros factores el tipo de actividad y la dosimetría del ejercicio físico propuesto.

Agradecimientos

Agradecemos a los padres de los participantes la ilusión y la entrega con la que han colaborado en este trabajo, sin su apoyo y supervisión no habría sido posible.

Referencias

- Aguilar-Farias, N., Martino-Fuentealba, P., & Chandia-Poblete, D. (2020). Correlates of device-measured physical activity, sedentary behaviour and sleeping in children aged 9-11 years. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, 37(37), 1-10.
- Allik, H., Larsson, J.O., & Smedje, H. (2006). Sleep patterns of school-age children with Asperger syndrome or high-functioning autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 36(5), 585-595. <http://dx.doi.org/10.1007/s10803-006-0099-9>
- Analog Devices, Inc. (2014). Reliability Handbook. Extraído de <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/user-guides/UG-311.pdf>
- APA. American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders, Fifth Edition*, DSM-5. Arlington, VA, American Psychiatric Association
- Barlow, D. H., Nock, M. K., & Hersen, M. (2008). *Single Case Experimental Designs: Strategies for Studying Behavior Change* (3 edition.). Boston: Pearson.
- Barnes, D. (2019). Short Term Examination of Physical Activity and Sleep Quality with Children with Autism Spectrum Disorder. *Honors Undergraduate Theses*. 490. Extraído de <https://stars.library.ucf.edu/honorsthesis/490>
- Benson, S., Bender, A., Wickenheiser, H., Naylor, A., Clarke, M., Samuels, C., & Werthner, P. (2019). Differences in sleep patterns,

- sleepiness, and physical activity levels between young adults with autism spectrum disorder and typically developing controls. *Developmental neurorehabilitation*, 22(3), 164-173. <https://doi.org/10.1080/17518423.2018.1501777>
- Brand, S., Jossen, S., Holsboer-Trachsler, E., Pühse, U., & Gerber, M. (2015). Impact of aerobic exercise on sleep and motor skills in children with autism spectrum disorders – a pilot study. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, 11, 1911-1920. <https://doi.org/10.2147/NDT.S85650>
- Bruni, O., Ottaviano, S., Guidetti, V., Romoli, M., Innocenzi, M., Cortesi, F., & Giannotti, F. (1996). The Sleep Disturbance Scale for Children (SDSC) Construct ion and validation of an instrument to evaluate sleep disturbances in childhood and adolescence. *Journal of Sleep Research*, 5(4), 251-261. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2869.1996.00251.x>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale, N.J.: L. Erlbaum Associates.
- Cohen, S., Conduit, R., Lockley, S., Rajaratnam, S., & Cornish, K. (2014). The relationship between sleep and behavior in autism spectrum disorder (ASD): a review. *Journal of Neurodevelopmental Disorders*, 6(44), 1-10.
- Cortesi, F., Giannotti, F., Ivanenko, A., & Johnson, K. (2010). Sleep in children with autistic spectrum disorder. *Sleep Medicine*, 11(7), 659-664. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2010.01.010>
- Díaz, I. A., Reche, M. P. C., Torres, J. M. T., & Rodríguez, J. M. R. (2019). Impacto de las apps móviles en la actividad física: un meta-análisis. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (36), 52-57.
- Driver, H. S., & Taylor, S. R. (2000). Exercise and sleep. *Sleep Medicine Reviews*, 4(4), 387-402. <https://doi.org/10.1053/smr.2000.0110>
- El-Amrawy, F., & Nounou, M. I. (2015). Are Currently Available Wearable Devices for Activity Tracking and Heart Rate Monitoring Accurate, Precise, and Medically Beneficial? *Healthcare Informatics Research*, 21(4), 315-320. <https://doi.org/10.4258/hir.2015.21.4.315>
- Fadini, C. C., Lamônica, D. A., Fett-Conte, A. C., Osório, E., Zuculo, G. M., Giacheti, C. M., & Pinato, L. (2015). Influence of sleep disorders on the behavior of individuals with autism spectrum disorder. *Frontiers in Human Neuroscience*, 347. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00347>
- Fidan, T., Asfuroglu, B., & Yanardag, M. (2019). GP213 The effect of structured physical activity on sleep and mental health in severe autistic children. *ADC. 104(Suppl 3):A1-A428*. <http://dx.doi.org/10.1136/archdischild-2019-epa.272>
- Gail-Williams, P., Sears, L. L., & Allard, A. (2004). Sleep problems in children with autism. *Journal of Sleep Research*, 13(3), 265-268. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2869.2004.00405.x>
- Grupo de trabajo de la Guía de Práctica Clínica sobre Trastornos del Sueño en la Infancia y Adolescencia en Atención Primaria. (2011). *GuíaSalud. Guías de Práctica Clínica en el Sistema Nacional de Salud - Qué ofrecemos*. Guías de práctica clínica en el SNS. Madrid: Ministerio de Ciencia e Innovación. Extraído de http://www.guiasalud.es/GPC/GPC_489_Trastorno_sue%C3%B1o_infadol_Lain_Entr_compl.pdf
- Hodge, D., Carollo, T. M., Lewin, M., Hoffman, C. D., & Sweeney, D. P. (2014). Sleep patterns in children with and without autism spectrum disorders: Developmental comparisons. *Research in Developmental Disabilities*, 35(7), 1631-1638. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2014.03.037>
- Kalak, N., Gerber, M., Kirov, R., Mikoteit, T., Yordanova, J., Pühse, U., Holsboer-Trachsler, E., et al. (2012). Daily morning running for 3 weeks improved sleep and psychological functioning in healthy adolescents compared with controls. *The Journal of Adolescent Health: Official Publication of the Society for Adolescent Medicine*, 51(6), 615-622. <https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2012.02.020>
- Kazdin, A. E. (2001). *Métodos de investigación en psicología clínica* (3ª.ed.). México: Pearson Educación.
- Kelly, J. M., Strecker, R. E., & Bianchi, M. T. (2012). Recent Developments in Home Sleep-Monitoring Devices. *International Scholarly Research Notices*, 2012, e768794. <http://dx.doi.org/10.5402/2012/768794>
- Krakowiak, P., Goodlin-Jones, B., Hertz-Picciotto, I., Croen, L. A., & Hansen, R. L. (2008). Sleep problems in children with autism spectrum disorders, developmental delays, and typical development: a population-based study. *Journal of Sleep Research*, 17(2), 197-206. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2869.2008.00650.x>
- Kubitz, K. A., Landers, D. M., Petruzzello, S. J., & Han, M. (1996). The effects of acute and chronic exercise on sleep. A meta-analytic review. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 21(4), 277-291. <https://doi.org/10.2165/00007256-199621040-00004>
- Kummer, A., Barbosa, I., Rodrigues, D., Rocha, N., Rafael, M., Pfeilsticker, L., Silva, A., et al. (2016). Frequency of overweight and obesity in children and adolescents with autism and attention deficit/hyperactivity disorder. *Revista Paulista de Pediatria*, 34(1), 71-77. <https://dx.doi.org/10.1016/j.rppede.2015.12.006>
- Lang, C., Brand, S., Feldmeth, A. K., Holsboer-Trachsler, E., Pühse, U., & Gerber, M. (2013). Increased self-reported and objectively assessed physical activity predict sleep quality among adolescents. *Physiology & Behavior*, 120, 46-53. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2013.07.001>
- Lee, H., Kim, S., & Kim, D. (2014). Effects of exercise with or without light exposure on sleep quality and hormone responses. *Journal of Exercise Nutrition & Biochemistry*, 18(3), 293-299. <https://doi.org/10.5717/jenb.2014.18.3.293>
- Lenhard, W. & Lenhard, A. (2016). *Berechnung von Effektstärken*. Abgerufen unter: <https://www.psychometrica.de/effektstaerke.html>. Dettelbach: Psychometrica. DOI: 10.13140/RG2.1.3478.4245
- Leyfer, O. T., Folstein, S. E., Bacalman, S., Davis, N. O., Dinh, E., Morgan, J., ... & Lainhart, J. E. (2006). Comorbid psychiatric disorders in children with autism: interview development and rates of disorders. *Journal of autism and developmental disorders*, 36(7), 849-861. <https://doi.org/10.1007/s10803-006-0123-0>
- Liss, M., Mailloux, J., & Erchull, M. J. (2008). The relationships between sensory processing sensitivity, alexithymia, autism, depression, and anxiety. *Personality and Individual Differences*, 45(3), 255-259. <https://dx.doi.org/10.1016/j.paid.2008.04.009>
- Liu, X., Hubbard, J. A., Fabes, R. A., & Adam, J. B. (2006). Sleep disturbances and correlates of children with autism spectrum disorders. *Child Psychiatry and Human Development*, 37(2), 179-191. <https://doi.org/10.1007/s10578-006-0028-3>
- Malow, B. A., Byars, K., Johnson, K., Weiss, S., Bernal, P., Goldman, S. E., Panzer, R., et al. (2012). A practice pathway for the identification, evaluation, and management of insomnia in children and adolescents with autism spectrum disorders. *Pediatrics*, 130 Suppl 2, S106-124. <https://doi.org/10.1542/peds.2012-0900I>
- Malow, B. A., Katz, T., Reynolds, A. M., Shui, A., Carno, M., Connolly, H. V., Coury, D., et al. (2016). Sleep Difficulties and Medications in Children With Autism Spectrum Disorders: A Registry Study. *Pediatrics*, 137 Suppl 2, S98-S104. <https://doi.org/10.1542/peds.2015-2851H>
- Mazurek, M. O., & Petroski, G. F. (2015). Sleep problems in children with autism spectrum disorder: examining the contributions of sensory over-responsivity and anxiety. *Sleep Medicine*, 16(2), 270-279. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2014.11.006>
- Mazurek, M. O., & Sohl, K. (2016). Sleep and Behavioral Problems in Children with Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 46(6), 1906-1915. <https://doi.org/10.1007/s10803-016-2723-7>
- Meltzer, L. J. (2008). Brief Report: Sleep in Parents of Children with Autism Spectrum Disorders. *Journal of Pediatric Psychology*, 33(4),

- 380-386. <https://doi.org/10.1093/jpepsy/jsn005>
- Memari, A. H., Panahi, N., Ranjbar, E., Moshayedi, P., Shafiei, M., Kordi, R., & Ziaee, V. (2015). Children with Autism Spectrum Disorder and Patterns of Participation in Daily Physical and Play Activities. *Neurology Research International*, 2015, e531906. <https://doi.org/10.1155/2015/531906>
- Miano, S., & Ferri, R. (2010). Epidemiology and management of insomnia in children with autistic spectrum disorders. *Paediatric Drugs*, 12(2), 75-84. <https://doi.org/10.2165/11316140-000000000-00000>
- Oviedo, N., Manuel-Apolinar, L., de la Chesnaye, E., & Guerra-Araiza, C. (2015). Aspectos genéticos y neuroendocrinos en el trastorno del espectro autista. *Boletín médico del Hospital Infantil de México*, 72(1), 5-14. <https://doi.org/10.1016/j.bmhmx.2015.01.010>
- Pan, C.-Y. (2008). Objectively measured physical activity between children with autism spectrum disorders and children without disabilities during inclusive recess settings in Taiwan. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 38(7), 1292-1301. doi:10.1007/s10803-007-0518-6
- Pan, C.-Y. (2010). Effects of water exercise swimming program on aquatic skills and social behaviors in children with autism spectrum disorders. *Autism*, 14(1), 9-28. <https://doi.org/10.1177/1362361309339496>
- Pan, C.-Y., & Frey, G. C. (2006). Physical activity patterns in youth with autism spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 36(5), 597-606. <https://doi.org/10.1007/s10803-006-0101-6>
- Pérez-Villena, A., Soto-Insuga, V., Castaño-De la Mota, C., Martín-Del Valle, F., Pons-Rodríguez, M., Losada-Del Pozo, R., Moreno-Acero, N.,... & Merino-Andreu, M. (2016). Importancia de los problemas de sueño en los niños con cefalea y otros trastornos del neurodesarrollo en las consultas de neuropediatría. *Revista de Neurología*, 62(2), 61-67. <https://doi.org/10.33588/rn.6202.2015295>
- Richdale, A. L., & Schreck, K. A. (2009). Sleep problems in autism spectrum disorders: prevalence, nature, & possible biopsychosocial aetiologies. *Sleep medicine reviews*, 13(6), 403-411. <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2009.02.003>
- Richdale, A., Francis, A., Gavidia-Payne, S., & Cotton, S. (2000). Stress, behaviour, and sleep problems in children with an intellectual disability. *Journal of Intellectual & Developmental Disability*, 25(2), 147-161. <https://doi.org/10.1080/13269780050033562>
- Román, P. Á. L., Salvador, M. S., Sánchez, J. S., & Pinillos, F. G. (2019). Low level of physical fitness is an early feature in preschool children with autism. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (35), 348-350.
- Santos, R. V. T., Tufik, S., & Mello, M. T. D. (2007). Exercise, sleep and cytokines: Is there a relation? *Sleep Medicine Reviews*, 11(3), 231-239. <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2007.03.003>
- Schreck, K. A., Williams, K., & Smith, A. F. (2004). A comparison of eating behaviors between children with and without autism. *Journal of autism and developmental disorders*, 34(4), 433-438. <https://doi.org/10.1023/B:JADD.0000037419.78531.86>
- Sikora, D. M., Johnson, K., Clemons, T., & Katz, T. (2012). The Relationship Between Sleep Problems and Daytime Behavior in Children of Different Ages With Autism Spectrum Disorders. *PEDIATRICS*, 130(Supplement), S83-S90. <https://doi.org/10.1542/peds.2012-0900F>
- Souders, M. C., Mason, T. B. A., Valladares, O., Bucan, M., Levy, S. E., Mandell, D. S., Weaver, T. E., & Pinto-Martin, J. (2009). Sleep behaviors and sleep quality in children with autism spectrum disorders. *Sleep*, 32(12), 1566-1578. <https://doi.org/10.1093/sleep/32.12.1556>
- Spratt, E. G., Nicholas, J. S., Brady, K. T., Carpenter, L. A., Hatcher, C. R., Meekins, K. A., ... & Charles, J. M. (2012). Enhanced cortisol response to stress in children in autism. *Journal of autism and developmental disorders*, 42(1), 75-81. <https://doi.org/10.1007/s10803-011-1214-0>
- Stewart, M. E., Barnard, L., Pearson, J., Hasan, R., & O'Brien, G. (2006). Presentation of depression in autism and Asperger syndrome: A review. *Autism*, 10(1), 103-116. <https://doi.org/10.1177/1362361306062013>
- Tam, K., & Cheung, S. (2018). Validation of Electronic Activity Monitor Devices During Treadmill Walking. *Telemedicine and e-Health*, 24(10), 782-789. <https://doi.org/10.1089/tmj.2017.0263>
- Tam, M., & Cheung, S. (2019). Validation of consumer wearable activity tracker as step measurement in free-living conditions. *Finnish Journal of EHealth and EWelfare*, 11(1-2), 68-75. <https://doi.org/10.23996/fjhw.76673>
- Tse, C., Lee, H., Chan, K., Edgar, B., Wilkinson-Smith, A., & Lai, W. (2019). Examining the impact of physical activity on sleep quality and executive functions in children with autism spectrum disorder: A randomized controlled trial. *Autism*, 23(7), 1699-1710. <https://doi.org/10.1177/1362361318823910>
- Tudor-Locke, C., & Bassett, D. R. (2004). How many steps/day are enough? Preliminary pedometer indices for public health. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 34(1), 1-8. <https://doi.org/10.2165/00007256-200434010-00001>
- Veegar, Z., & Hussain, E. (2012). Sleep Quality Improvement and Exercise: A Review. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 2(8). Extraído de <http://www.ijrsp.org/research-paper-0812.php?rp=P07117>
- Wachob, D., & Lorenzi, D. G. (2015). Brief Report: Influence of Physical Activity on Sleep Quality in Children with Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 45(8), 2641-2646. <https://doi.org/10.1007/s10803-015-2424-7>
- White, S. W., Oswald, D., Ollendick, T., & Scahill, L. (2009). Anxiety in children and adolescents with autism spectrum disorders. *Clinical psychology review*, 29(3), 216-229. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2009.01.003>
- Wilson, E. (2019). The Effect of Swimming Exercise on Amount and Quality of Sleep for Children with Autism Spectrum Disorder. *Williams Honors College, Honors Research Projects*. 986. Extraído de https://ideaexchange.uakron.edu/honors_research_projects/986
- Xie, J., Wen, D., Liang, L., Jia, Y., Gao, L., & Lei, J. (2018). Evaluación de la validez de los dispositivos portátiles comunes actuales en el seguimiento de la actividad física en diversas actividades físicas: estudio comparativo. *JMIR mHealth y uHealth*, 6(4), e94. <https://doi.org/10.2196/mhealth.9754>
- Yanardag, M., Yilmaz, I., & Aras, Ö. (2010). Approaches to the Teaching Exercise and Sports for the Children with Autism. *International Journal of Early Childhood Special Education*, 2(3). <https://doi.org/10.20489/intjecse.30327>
- Zafeiriou, D. I., Ververi, A., & Vargiami, E. (2007). Childhood autism and associated comorbidities. *Brain and Development*, 29(5), 257-272. <https://doi.org/10.1016/j.braindev.2006.09.003>

