



Universidad Miguel Hernández de Elche

Programa de Doctorado en Salud Pública, Ciencias

Médicas y Quirúrgicas

Estilos de vida y alteraciones en el procesamiento sensorial en niños/as de 3 a 7 años

TESIS DOCTORAL

Paula Fernández Pires

DIRECTORA

Eva María Navarrete Muñoz

CODIRECTORA

Desirée Valera Gran

Alicante, 2021

La presente tesis doctoral, titulada “*Estilos de vida y alteraciones en el procesamiento sensorial en niños de 3 a 7 años*”, se presenta bajo la modalidad de **tesis por compendio** de las siguientes **publicaciones** realizadas en diferentes revistas indexadas y situadas en el primer cuartil, según el *Journal Citation Report* (JCR):

Association between Adherence to the Antioxidant-Rich Mediterranean Diet and Sensory Processing Profile in School-Aged Children: The Spanish Cross-Sectional InProS Project. Navarrete-Muñoz EM, Fernández-Pires P, Navarro-Amat S, Hurtado-Pomares M, Peral-Gómez P, Juárez-Leal I, Espinosa-Sempere C, Sánchez-Pérez A, Valera-Gran D. *Nutrients*. 2019;11(5):1007. <https://doi.org/10.3390/nu11051007>

The Infancia y Procesamiento Sensorial (InProS—Childhood and Sensory Processing) Project: Study Protocol for a Cross-Sectional Analysis of Parental and Children’s Sociodemographic and Lifestyle Features and Children’s Sensory Processing. Fernández-Pires P, Valera-Gran D, Sánchez-Pérez A, Hurtado-Pomares M, Peral-Gómez P, Espinosa-Sempere C, Juárez-Leal I, Navarrete-Muñoz EM. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(4):1447. <https://doi.org/10.3390/ijerph17041447>

Association between Body Mass Index and Sensory Processing in Childhood: InProS Study. Navarrete-Muñoz EM, Fernández-Pires P, Mubarak-García C, Espinosa-Sempere C, Peral-Gómez P, Juárez-Leal I, Sánchez-Pérez A, Pérez-Vázquez MT, Hurtado-Pomares M, Valera-Gran D. *Nutrients*. 2020;12(12):3684. <https://doi.org/10.3390/nu12123684>

Sleep Duration and Quality and Sensory Reactivity in School-Aged Children: The Spanish Cross-Sectional InProS Study. Fernández-Pires P, Valera-Gran D, Hurtado-Pomares M, Espinosa-Sempere C, Sánchez-Pérez A, Juárez-Leal I, Ruiz-Carbonell MP, Peral-Gómez P, Campos-Sánchez I, Pérez-Vázquez MT, Navarrete-Muñoz EM. *Front Pediatr*. 2021; 9:647. <https://doi.org/10.3389/fped.2021.646011>



La Dra. Dña. *Eva María Navarrete Muñoz* y la Dra. Dña. *Desirée Valera Gran*, directora y codirectora de la tesis doctoral titulada “*Estilos de vida y alteraciones en el procesamiento sensorial en niños de 3 a 7 años*” y profesoras Ayudante Doctora de la Universidad Miguel Hernández de Elche

INFORMAN:

Que Dña. *Paula Fernández Pires* ha realizado bajo nuestra supervisión el trabajo titulado “*Estilos de vida y alteraciones en el procesamiento sensorial en niños de 3 a 7 años*” conforme a los términos y condiciones definidos en su Plan de Investigación y de acuerdo al Código de Buenas Prácticas de la Universidad Miguel Hernández de Elche, cumpliendo los objetivos previstos de forma satisfactoria para su defensa pública como tesis doctoral.

Lo que firmamos para los efectos oportunos, en San Juan de Alicante a de de 2021.

Directora de la tesis

Dra. Dña. *Eva María Navarrete Muñoz*

Codirectora de la tesis

Dra. Dña. *Desirée Valera Gran*



El Dr. D. *Vicente Francisco Gil Guillen*, Coordinador/a del Programa de Doctorado en Salud Pública, Ciencias Médicas y Quirúrgicas de la Universidad Miguel Hernández de Elche

INFORMA:

Que Dña. *Paula Fernández Pires* ha realizado bajo la supervisión de nuestro Programa de Doctorado el trabajo titulado “*Estilos de vida y alteraciones en el procesamiento sensorial en niños de 3 a 7 años*” conforme a los términos y condiciones definidos en su Plan de Investigación y de acuerdo al Código de Buenas Prácticas de la Universidad Miguel Hernández de Elche, cumpliendo los objetivos previstos de forma satisfactoria para su defensa pública como tesis doctoral.


Lo que firmo para los efectos oportunos, en San Juan de Alicante a de de 2021

Prof. Dr. D. *Vicente Francisco Gil Guillen*

Coordinador/a del Programa de Doctorado en Salud Pública, Ciencias Médicas y Quirúrgicas de la Universidad Miguel Hernández de Elche

| A Luca, mi gran maestro





El hombre que mueve montañas empieza apartando piedrecitas

Confucio

ÍNDICE

Introducción	1
1. El concepto de procesamiento sensorial	1
2. Los sistemas sensoriales	1
2.1. <i>Sistema táctil</i>	2
2.2. <i>Sistema propioceptivo</i>	3
2.3. <i>Sistema vestibular</i>	4
2.4. <i>Sistema visual</i>	5
2.5. <i>Sistema auditivo</i>	6
2.6. <i>Sistema olfatorio</i>	7
2.7. <i>Sistema gustativo</i>	7
2.8. <i>Sistema interoceptivo</i>	8
3. La respuesta adaptativa.....	8
4. El desarrollo sensorial	9
5. Consecuencias de las dificultades del procesamiento sensorial para el desarrollo infantil	12
6. Clasificación y terminología de las dificultades del procesamiento sensorial	13
7. Evaluación de las dificultades del procesamiento sensorial a nivel de modulación sensorial	16
8. Epidemiología de las dificultades del procesamiento sensorial	20
8.1. <i>Adherencia a la dieta mediterránea</i>	21
8.2. <i>Estado nutricional</i>	22
8.3. <i>Sueño</i>	24
Justificación	26
Hipótesis	27
Objetivos	28
Metodología	29
1. Diseño y población de estudio.....	29
2. Procedimiento de estudio	29
3. Aspectos éticos	32
4. Variables de estudio.....	32

4.1. <i>Procesamiento sensorial del/de la niño/a</i>	33
4.2. <i>Adherencia a la dieta mediterránea del/de la niño/a</i>	35
4.3. <i>Índice de masa corporal del/de la niño/a</i>	36
4.4. <i>Duración del sueño del/de la niño/a</i>	37
4.5. <i>Calidad del sueño de los/as niños/as</i>	37
4.6. <i>Covariables de estudio</i>	38
5. Análisis estadístico	39
Resultados	41
Publicación I.....	41
<i>Resumen</i>	41
Publicación II.....	42
<i>Resumen</i>	42
<i>Resultados</i>	43
Publicación III	50
<i>Resumen</i>	50
<i>Resultados</i>	50
Publicación IV	55
<i>Resumen</i>	55
<i>Resultados</i>	56
Discusión	64
1. Limitaciones y fortalezas generales del estudio	67
Conclusiones	69
Conclusions	71
Implicaciones para la salud pública	73
Referencias bibliográficas	74
Anexos	88
Anexo 1. Cuestionario general de la información a recabar	88
Anexo 2. Artículo científico correspondiente a la publicación I.....	99
Anexo 3. Artículo científico correspondiente a la publicación II.....	108
Anexo 4. Artículo científico correspondiente a la publicación III	122
Anexo 5. Artículo científico correspondiente a la publicación IV	135
Agradecimientos	146

LISTADO DE ACRÓNIMOS

PS: procesamiento sensorial

DPS: dificultades del procesamiento sensorial

SNC: sistema nervioso central

EE. UU.: Estados Unidos

TEA: trastorno del espectro autista

TDAH: trastorno por déficit de atención e hiperactividad

TCD: trastorno de coordinación del desarrollo

SSP: *Short Sensory Profile*

SPM: *Sensory Processing Measure*

DM: dieta Mediterránea

IMC: índice de masa corporal

PSQ: *Pediatric Sleep Questionnaire*

UMH: Universidad Miguel Hernández

OMS: Organización Mundial de la Salud

RP: razón de prevalencias

IC: intervalo de confianza

RI: rango intercuartílico

DE: desviación estándar

CEIP: colegio de Educación Infantil y Primaria

JCR: *Journal Citation Report*

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Dra. Anne Jean Ayres	1
Figura 2. Distintos tipos de receptores táctiles cutáneos	2
Figura 3. Orden somatotópico en la corteza somatosensitiva primaria humana	3
Figura 4. Situación gráfica de los propioceptores	4
Figura 5. Canales semicirculares	5
Figura 6. Oído humano	6
Figura 7. Respuesta desadaptativa ante un estímulo táctil	9
Figura 9. Pirámide del desarrollo según Lázaro y Berruezo	11
Figura 10. Propuesta de clasificación de los trastornos del procesamiento sensorial según Millet <i>et al</i>	14
Figura 11. Respuesta adaptativa ante un estímulo táctil	15
Figura 12. Cuadrantes resultantes entre la experiencia sensorial y el comportamiento del marco conceptual de Winnie Dunn	17
Figura 13. Pirámide de la dieta Mediterránea	21
Figura 14. Prevalencia por país de sobrepeso, obesidad y obesidad severa en niños/as de 6 a 9 años basadas en las definiciones de la Organización Mundial de la Salud	23
Figura 15. Representación gráfica de una de las clasificaciones de los factores influyentes en el sueño infantil	25
Figura 16. Cronograma proyecto InProS	31
Figura 17. Distribución categorías del <i>Short Sensory Profile</i> según desviación típica.	34

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Información de los cuestionarios sensoriales que recogen la reactividad sensorial, atendiendo a todos los sistemas sensoriales, en niños/as desde el nacimiento hasta la adolescencia.....	19
Tabla 2. Listado de centros participantes en el proyecto InProS y, número y porcentaje de participantes por centro (n = 645).....	30
Tabla 3. Información específica de cada una de las publicaciones que responden a los objetivos de estudio de esta tesis doctoral y forman parte del proyecto InProS	33
Tabla 4. Puntuaciones atribuidas a las respuestas de los ítems del SSP	34
Tabla 5. Puntos de corte del <i>Short Sensory Profile</i> propuestos por Dunn basándose en 1037 niños/as con desarrollo típico	35
Tabla 6. Puntuaciones atribuidas a cada ítem del <i>Mediterranean Diet Quality Index</i> cuando la respuesta es afirmativa	36
Tabla 7. Resumen de covariables, consideradas en esta tesis doctoral, del total de las recogidas en el proyecto InProS	38
Tabla 8. Demografía y estilos de vida de la madre, el padre y los/as niños/as según el procesamiento sensorial de los niños/as de 3 a 7 años de edad del proyecto InProS, Alicante, España (n = 583)	43
Tabla 9. Asociación entre la adherencia a la dieta mediterránea y la prevalencia de dificultades del procesamiento sensorial utilizando puntuaciones totales y de las subescalas del <i>Short Sensory Profile</i> en niños/as de 3 a 7 años del proyecto InProS (n = 583)	46
Tabla 10. Asociación entre los componentes del <i>Mediterranean Diet Quality Index</i> y las dificultades del procesamiento sensorial en las subescalas de sensibilidad táctil, sensibilidad gustativa/olfatoria y de baja energía/débil en niños/as de 3 a 7 años del proyecto InProS (n = 583)	47
Tabla 11. Análisis de sensibilidad de las razones de prevalencia ajustadas múltiples para la asociación entre el aumento de dos puntos de la adherencia a la dieta mediterránea y las dificultades del procesamiento sensorial en las subescalas del <i>Short Sensory Profile</i> de sensibilidad táctil, la sensibilidad gustativa/olfatoria y baja energía/débil en niños/as de 3-7 años del proyecto InProS	49

Tabla 12. Características demográficas y de estilo de vida según las categorías del índice de masa corporal infantil de los participantes del proyecto InProS (n = 445).....	51
Tabla 13. Asociación entre el índice de masa corporal y la prevalencia de dificultades del procesamiento sensorial utilizando las puntuaciones totales y de cada subescala del <i>Short Sensory Profile</i> en niños/as de 3 a 7 años del proyecto InProS (n = 445).....	53
Tabla 14. Asociación entre el índice de masa corporal y la prevalencia de dificultades del procesamiento sensorial utilizando las puntuaciones totales y de cada subescala del <i>Short Sensory Profile</i> en niños/as de 3 a 7 años del proyecto InProS (n = 445).....	54
Tabla 15. Características sociodemográficas y de estilo de vida de los padres y sus hijos/as según el procesamiento sensorial de los/as niños/as del proyecto InProS (n = 579)	58
Tabla 16. Comparación de la duración y la calidad del sueño según el procesamiento sensorial de los/as niños/as categorizado como dificultades del procesamiento sensorial y procesamiento sensorial típico, para la puntuación total y las puntuaciones de cada subescala de <i>Short Sensory Profile</i> en niños/as de 3 a 7 años del proyecto InProS (n = 579)	59
Tabla 17. Asociación entre la duración y la calidad del sueño y la prevalencia de dificultades del procesamiento sensorial para la puntuación total y las puntuaciones de las subescalas del <i>Short Sensory Profile</i> en niños/as de 3 a 7 años del proyecto InProS (n = 579).....	60
Tabla 18. Análisis de sensibilidad de las razones de prevalencia ajustadas por la mala calidad del sueño y las dificultades del procesamiento sensorial medidas mediante el <i>Short Sensory Profile</i> total, la sensibilidad gustativa/olfatoria, la baja respuesta/búsqueda de sensaciones, el filtrado auditivo, la baja energía/débil y la sensibilidad visual/auditiva en niños/as de 3 a 7 años del proyecto InPros	62

PRESENTACIÓN

La presente tesis doctoral, titulada “*Estilos de vida y alteraciones en el procesamiento sensorial en niños de 3 a 7 años*” se atiene a las directrices de la normativa aprobada por el Real Decreto 1393/2007 de la Universidad Miguel Hernández (UMH) siguiendo el formato de presentación mediante artículos científicos y, con el propósito de optar a la mención de Doctorado Internacional por dicha universidad.

El desarrollo de este trabajo científico, adscrito al Programa de Doctorado en Salud Pública, Ciencias Médicas y Quirúrgicas, se basa en los datos de un proyecto de investigación del grupo de Investigación en Terapia Ocupacional (InTeO) de la UMH (<https://inteo.edu.umh.es/>) liderado por la Dra. Eva María Navarrete Muñoz. De manera concreta, esta tesis doctoral se enmarca en el estudio InProS (<https://inteo.edu.umh.es/inpros/>); un estudio transversal de base poblacional diseñado con el objetivo de describir la prevalencia de las dificultades del procesamiento sensorial (DPS) y explorar sus factores asociados en niños/as de 3 a 7 años residentes en la provincia de Alicante (España). Como resultado, se han publicado cuatro artículos científicos en revistas de alto impacto del ámbito científico internacional, incluido el protocolo del estudio.

En el año 2016, tras graduarme en Terapia Ocupacional, y mientras cursaba el Máster Oficial de Terapia Ocupacional en Neurología de la UMH me incorporé como becaria al grupo InTeO. Esta oportunidad me permitió colaborar activamente en el diseño y trabajo de campo del estudio InProS. Posteriormente, amplí mi formación con el Máster Oficial de Salud Pública que me dio la posibilidad de compaginar mi faceta investigadora con la práctica clínica desde la terapia ocupacional pediátrica. Además, en el año 2020 pude realizar una estancia internacional predoctoral de 3 meses en el *Instituto de Saúde Pública da Universidade do Porto* (ISPUP; <https://ispup.up.pt/>), en un equipo cuya línea de investigación es de base epidemiológica en salud infantil, bajo la supervisión de la Dra. Elisabete Ramos. Esta estancia me permitió aprender sobre métodos epidemiológicos avanzados aplicados en el análisis de estudios científicos longitudinales de relevancia internacional.

Siguiendo la estructura tradicional de la que se componen este tipo de trabajos, la presente tesis doctoral se inicia con la presentación y contextualización del procesamiento sensorial (PS), cuyos antecedentes se centran especialmente en la evidencia acerca de factores relacionados con el PS en población infantil tales como la adherencia a la dieta mediterránea, el índice de masa corporal y el sueño. Posteriormente, se presenta la justificación, las hipótesis y los objetivos de investigación de este trabajo. En el apartado de metodología se realiza una descripción detallada del

diseño, participantes y procedimiento del estudio InProS, así como de las variables principales y los análisis estadísticos llevados a cabo para responder a los objetivos planteados. A continuación, se muestran los resultados obtenidos en cada una de las investigaciones materializadas en forma de artículo científico, y se analizan posteriormente en el apartado de discusión general de los hallazgos principales en el contexto de la evidencia científica disponible. Finalmente, se sintetizan las conclusiones derivadas de esta tesis doctoral y se exponen las implicaciones más relevantes que aporta este trabajo desde la perspectiva de la salud pública.

Los documentos originales de las publicaciones científicas en las que se basa este trabajo de tesis pueden consultarse en el apartado de anexos (*anexos 2, 3, 4 y 5*), y se enumeran a continuación:

Publicación I

Fernández-Pires, P.; Valera-Gran, D.; Sánchez-Pérez, A.; Hurtado-Pomares, M.; Peral-Gómez, P.; Espinosa-Sempere, C.; Juárez-Leal, I.; Navarrete-Muñoz, E.-M. *The Infancia y Procesamiento Sensorial (InProS—Childhood and Sensory Processing) Project: Study Protocol for a Cross-Sectional Analysis of Parental and Children’s Sociodemographic and Lifestyle Features and Children’s Sensory Processing*. Int J Environ Res Public Health. 2020;17(4):1447.



Journal	International Journal of Environmental Research and Public Health
5-year Impact Factor (2020)	3.789
Journal Rank (2020)	Q1 (41/176) in “Public, environmental & occupational health” (SSCI)

Publicación II

Navarrete-Muñoz EM, Fernández-Pires P, Navarro-Amat S, Hurtado-Pomares M, Peral-Gómez P, Juárez-Leal I, Espinosa-Sempere C, Sánchez-Pérez A, Valera-Gran D. *Association between Adherence to the Antioxidant-Rich Mediterranean Diet and Sensory Processing Profile in School-Aged Children: The Spanish Cross-Sectional InProS Project*. Nutrients. 2019;11(5):1007.



Journal	Nutrients
5-year Impact Factor (2020)	6.349
Journal Rank (2020)	Q1 (17/88) in “Nutrition and dietetics” (SCIE)

Publicación III

Navarrete-Muñoz EM, Fernández-Pires P, Mubarak-García C, Espinosa-Sempere C, Peral-Gómez P, Juárez-Leal I, Sánchez-Pérez A, Pérez-Vázquez MT, Hurtado-Pomares M, Valera-Gran D. *Association between Body Mass Index and Sensory Processing in Childhood: InProS Study*. *Nutrients*. 2020;12(12):3684.



Journal	Nutrients
5-year Impact Factor (2020)	6.349
Journal Rank (2020)	Q1 (17/88) in “Nutrition and dietetics” (SCIE)

Publicación IV

Fernández-Pires P, Valera-Gran D, Hurtado-Pomares M, Espinosa-Sempere C, Sánchez-Pérez A, Juárez-Leal I, Ruiz-Carbonell MP, Peral-Gómez P, Campos-Sánchez I, Pérez-Vázquez MT, Navarrete-Muñoz EM. *Sleep Duration and Quality and Sensory Reactivity in School-Aged Children: The Spanish Cross-Sectional InProS Study*. *Front Pediatr*. 2021; 9: 646011.



Journal	Frontiers in Pediatrics
5-year Impact Factor (2020)	3.607
Journal Rank (2020)	Q1 (24/129) in “Pediatrics” (SCIE)

RESUMEN

Antecedentes y objetivos

El procesamiento sensorial (PS) se define como la capacidad del sistema nervioso central de gestionar la información captada por los diversos sistemas sensoriales del cuerpo, permitiéndonos entrar en contacto con el entorno y responder de forma adaptativa a sus demandas. Existen ocho sistemas sensoriales: los cinco sentidos tradicionalmente conocidos (vista, oído, olfato, gusto y tacto), el sentido propioceptivo — relacionado con la fuerza muscular y la conciencia corporal —, el sentido vestibular — relacionado con el control postural y el equilibrio, entre otras cuestiones — y la interocepción — el sentido vinculado con las sensaciones internas del cuerpo —. La presencia de alteraciones o dificultades en el PS (DPS) puede tener efectos negativos en la participación en actividades sociales y/o familiares, en el desempeño escolar y/o en el desarrollo de la autonomía en las actividades de la vida diaria de los/as niños/as. Hasta la fecha, la mayoría de las investigaciones sobre las DPS se han centrado en niños/as con problemas de desarrollo tales como trastorno del espectro autista (TEA) o trastorno de déficit de atención e hiperactividad (TDAH), por lo que el conocimiento sobre la etiología y sobre el impacto de las DPS en niños/as con desarrollo típico es escaso. Por ello, resulta especialmente interesante examinar la asociación entre factores potencialmente modificables tales como los hábitos dietéticos, horas de sueño o estado nutricional y las DPS en esta población.

Hasta la fecha, no existen estudios que hayan explorado la asociación entre dieta y PS en niños/as con un desarrollo típico. Sin embargo, investigaciones realizadas en población infantil con alteraciones del neurodesarrollo o enfermedades crónicas han señalado una posible relación entre las DPS y la desnutrición o las dietas desequilibradas. De manera concreta, algunos estudios han mostrado que una ingesta baja de alimentos como las frutas o las verduras, que representan una parte vital de la dieta mediterránea (DM), podría estar asociada con ciertas neofobias o rechazos alimentarios. Esta aversión alimentaria se ha relacionado con una mayor reactividad sensorial debido a las características organolépticas de ciertos alimentos. Hasta donde sabemos, tampoco existen investigaciones previas que hayan examinado la asociación entre el estado nutricional y las DPS en niños/as con desarrollo típico. No obstante, es posible que un mayor índice de masa corporal, por su relación con dietas de baja calidad y con hábitos dietéticos poco saludables, pudiera estar asociado con las DPS durante la infancia. En este sentido, algunos estudios han sugerido que los/as niños/as sin afectaciones clínicas y con exceso de peso suelen presentar problemas de equilibrio o dificultades a nivel de habilidades motoras gruesas relacionadas con las DPS. Respecto a la asociación entre sueño y PS en población infantil con desarrollo típico, solo tres estudios con diseño transversal y tamaños muestrales muy limitados han explorado esta relación mostrando resultados, hasta el momento, poco concluyentes.

Por todo ello, los objetivos de esta tesis doctoral han sido describir la prevalencia de DPS y explorar su asociación con diversos estilos de vida (adherencia a la DM, estado nutricional y sueño) en niños/as de 3 a 7 años con desarrollo típico.

Métodos

El estudio transversal de base poblacional **Infancia y Procesamiento Sensorial (InProS)** recogió información de 620 niños/as de entre 3 y 7 años con desarrollo típico de la provincia de Alicante. El reclutamiento se realizó entre febrero y junio de 2016. Se remitió un sobre que contenía un cuestionario de evaluación a las familias, con la colaboración de los colegios. Los progenitores proporcionaron información sociodemográfica, de estilos de vida, sobre el estrés parental, la historia reproductiva materna, etc. de cada uno de los progenitores y del/de la propio/a niño/a participante. El PS de los/as niños/as se evaluó mediante el *Short Sensory Profile (SSP)* y se calcularon las puntuaciones para el total y para cada una de las subescalas de la herramienta. Una desviación estándar (DE) por debajo de la media se estableció como punto de corte para determinar la presencia de DPS. Para evaluar la adherencia a la DM se utilizó el índice KIDMED; y, el estado nutricional se determinó a través del índice de masa corporal (IMC). Los/as niños/as fueron clasificados en adherencia baja, media y alta basada en los tertiles de la distribución de DM, y con peso normal, sobrepeso y obesidad basados en los puntos de corte específicos propuestos por la Organización Mundial de la Salud, respectivamente. La duración del sueño se midió mediante las horas al día y se clasificó según las recomendaciones de la *American Academy of Sleep Medicine* en < 10 y ≥ 10 horas/día de sueño. La información de la calidad del sueño se recogió con el *Pediatric Sleep Questionnaire* estableciendo una mala calidad del sueño para puntuaciones totales ≥ 0.33 . Toda la información adicional recogida fue estudiada como potenciales factores de confusión en los análisis realizados.

Se realizaron análisis univariantes y bivariantes, así como análisis de regresión de Poisson con varianza robusta para estimar razones de prevalencia (RP) y sus correspondientes intervalos de confianza (IC). En los modelos creados se incluyeron como variables de confusión aquellas que obtuvieron valores de $p < 0.2$ en los análisis bivariados o, el efecto se modificó en un $\geq 10\%$ al introducirlas en el citado modelo. Todos los análisis se realizaron con el software libre de R. Asimismo, esta investigación contó con la aprobación del comité ético de la Universidad Miguel Hernández de Elche (código de protocolo DPC.ASP.02.16 aprobado el 20 de diciembre de 2016). El consentimiento informado por escrito para participar en este estudio fue proporcionado por el/la tutor/a legal/ familiar más cercano de los participantes. Este proyecto de investigación se ha llevado a cabo de acuerdo con la Declaración de Helsinki, así como en cumplimiento de la normativa española vigente en materia de protección de datos.

Resultados

En el estudio InProS, la prevalencia de DPS en niños/as de 3 a 7 años fue del 29.8% (puntuación total SSP <155); 11.5% (sensibilidad táctil <30); 15.3% (sensibilidad gustativa/olfatoria <15); 22.8% (sensibilidad al movimiento <13); 49.1% (poca sensibilidad/búsqueda de sensaciones <27); 44.4% (filtrado auditivo <23); 12.3% (baja energía/débil <26) y 26.1% (sensibilidad visual/auditiva <19).

Con respecto a la asociación entre las DPS y la adherencia a la DM, nuestros hallazgos sugirieron que una menor prevalencia de DPS a nivel de sensibilidad táctil y gustativa/olfatoria se asoció con una adherencia media (RP = 0.50, IC95%: 0.25-0.99; RP = 0.57, IC95%: 0.33-0.99, respectivamente) y alta adherencia a la DM (RP = 0.58, IC95%: 0.34-0.99; RP = 0.33, IC95%: 0.19-0.60, respectivamente). Asimismo, las DPS en la subescala de baja energía/débil se asociaron con una adherencia media a la DM (RP = 0.37, IC95%: 0.16-0.83). Un aumento de dos puntos en la adherencia a la DM mostró un efecto positivo general frente a las DPS, aunque solo fue estadísticamente significativo en las subescalas de sensibilidad gustativa/olfatoria (RP = 0.71, IC95%: 0.59-0.85) y baja energía/débil (RP = 0.80, IC95%: 0.64-0.99).

Por otro lado, no se mostró una asociación significativa entre la prevalencia de DPS y el IMC. Sin embargo, a pesar de la falta de significación estadística, se observó un efecto negativo de tener una mayor prevalencia de DPS en las subescalas de sensibilidad táctil y de sensibilidad al movimiento en niños/as con sobrepeso y obesidad. Al evaluar las asociaciones con un aumento de un punto en el IMC, el efecto negativo de presentar DPS fue evidente en casi todas las escalas del SSP, aunque solo fue estadísticamente significativo para la subescala de sensibilidad táctil (RP = 1.07, IC95%: 1.02-1.12). Adicionalmente, observamos una asociación estadísticamente marginal de tener DPS para la puntuación total del SSP (RP = 1.03, IC95%: 1.00-1.07) y la sensibilidad al movimiento (RP = 1.05, IC95%: 1.00-1.10).

Por último, no se encontró ninguna asociación entre las DPS y la duración del sueño en la muestra de niños/as estudiada. No obstante, los principales hallazgos indicaron que la mala calidad del sueño se asoció significativamente con una mayor prevalencia de DPS para la puntuación total de SSP (RP = 1.27, IC95%: 1.18-1.38), sensibilidad táctil (RP = 1.09, IC95%: 1.00-1.19), sensibilidad gustativa/olfatoria (RP = 1.18, IC95%: 1.08-1.30), poca sensibilidad/búsqueda de sensaciones (RP = 1.28, IC95%: 1.20-1.37) y filtrado auditivo (RP = 1.31, IC95%: 1.23-1.39).

Conclusiones

Un tercio de los/as niños/as del estudio InProS presentaron DPS. La adherencia media y alta a la DM comparada con la adherencia baja se asocia con una menor prevalencia de DPS en la sensibilidad táctil y en la sensibilidad gustativa/olfatoria;

mientras que una alta adherencia a la DM comparada con una adherencia baja se asocia con una menor prevalencia de DPS a nivel de baja energía/debilidad. Por otro lado, un aumento en un punto en el IMC se asocia con una alta prevalencia de DPS en la sensibilidad táctil y, de forma marginalmente significativa, con una alta prevalencia de DPS para la puntuación total y para la sensibilidad al movimiento. Con respecto al sueño, dormir < 10 horas/día comparado con dormir \geq 10 horas/día no se asoció con DPS, ni para el total ni para ninguno de los dominios del PS. Sin embargo, una mala calidad del sueño comparada con una buena calidad se asoció con DPS para la puntuación total del SSP y a nivel de sensibilidad táctil, sensibilidad gustativa/olfatoria, poca sensibilidad/búsqueda de sensaciones, filtrado auditivo, baja energía/debilidad y sensibilidad auditiva.

SUMMARY

Background and objectives

Sensory processing (SP) is defined as the ability of the central nervous system to manage the information captured by the sensory systems, enabling us to contact with the environment and to give a respond adapted to its demands. There are eight sensory systems: visual, auditory, olfactory, gustatory, tactile, proprioceptive sense (related to muscle strength and body awareness), vestibular sense (related to postural control and balance, among other issues) and interoception (linked to the internal sensations of the body). The presence of impairments or difficulties in SP (SPD) can have negative effects on participation in social and/or family activities, on school performance and/or on the development of autonomy in children's activities of daily living. Most research on SPD has been focused on children with developmental problems such as autism spectrum disorder (ASD) or attention deficit hyperactivity disorder (ADHD). Consequently, there is a lack of knowledge about the etiology and impact of SPD on typically developing children. Thus, it is particularly relevant to examine the association between potentially modifiable factors such as dietary habits, hours of sleep or nutritional status and SPD in the general child population.

To our knowledge, the association between diet and SP in children with typical development has not been explored. However, research in children with neurodevelopmental disorders or chronic diseases has identified a possible link between SPD and malnutrition or unbalanced diets. Specifically, some studies have shown that a low intake of foods such as fruit or vegetables, which represent a vital part of the Mediterranean diet (MD), may be associated with certain neophobia or food aversions. Food aversion has been linked to increased sensory reactivity due to the organoleptic characteristics of certain foods. Similarly, there is no evidence on the association between nutritional status and SPD in typically developing children. However, it can be hypothesized that a higher body mass index, closely related to poor quality diets and unhealthy dietary habits, could be associated with SPD during childhood. In this regard, some studies have suggested that children with excess weight and without clinical conditions often present balance problems or difficulties with gross motor skills related to SPD. Regarding the association between sleep and SP in children with a typical development, the available evidence is based on only three cross-sectional studies with very limited sample sizes and, therefore, the results are still inconclusive.

The main objectives of this doctoral thesis are to describe the prevalence of SPD and to explore its association with different lifestyles (adherence to MD, nutritional status and sleep) in typically developing children aged 3 to 7 years.

Methods

The population-based cross-sectional study “**Infancia y Procesamiento Sensorial (InProS)**” collected information from typically developing children aged 3 to 7 years in the province of Alicante. Recruitment took place between February and June 2016. An envelope containing several questionnaires was sent to the families with the collaboration of the schools. Parents should provide information about socio-demographic features, health and lifestyle behaviours of themselves and their children. Children's SP was assessed using the Short Sensory Profile (SSP) and scores were calculated for the total and for each of the subscales of the tool. A standard deviation (SD) below the mean was considered as cut-off point to determine the presence of SSP. The KIDMED index was used to assess adherence to MD and nutritional status was determined by body mass index (BMI). Children were classified into low, medium and high adherence based on tertiles of the MD distribution and into normal weight, overweight and obese based on specific cut-off points proposed by the World Health Organization. Sleep duration was measured totaling hours per day. Then, children were classified according to the recommendations of the American Academy of Sleep Medicine into < 10 and ≥ 10 hours/day of sleep. Sleep quality was assessed by using the Pediatric Sleep Questionnaire establishing poor sleep quality for total scores ≥ 0.33 . Other relevant covariates were considered as potential confounding factors in the analyses performed.

Univariate and bivariate analyses as well as Poisson regression analyses with robust variance to estimate prevalence ratios (PR) and their corresponding confidence intervals (CI) were performed. The models fitted included as confounding variables those which have obtained p-values < 0.2 in the bivariate analyses or whose effect was modified by $\geq 10\%$ when they have been introduced into the model. All analyses were performed with the R software. This research was approved by the ethics committee of Miguel Hernandez University of Elche (protocol code DPC.ASP.02.16 approved on 20th December 2016). Written informed consent to participate in this study was provided by the participants' legal guardian/next of kin. This research project was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki as well as in compliance with current Spanish data protection regulations.

Results

In the InProS study, the prevalence of SPD in children aged 3-7 years was 29.8% (SSP total score < 155); 11.5% (tactile sensitivity < 30); 15.3% (gustatory/olfactory sensitivity < 15); 22.8% (movement sensitivity < 13); 49.1% (low responsiveness/sensation seeking < 27); 44.4% (auditory filtering < 23); 12.3% (low energy/weak < 26) and 26.1% (visual/auditory sensitivity < 19). Regarding the association between SPD and adherence to MD, our findings suggested that a lower prevalence of SPD at the level of tactile and gustatory/olfactory sensitivity was

associated with medium adherence (PR = 0.50, 95%CI: 0.25-0.99; PR = 0.57, 95%CI: 0.33-0.99, respectively) and high adherence to MD (PR = 0.58, 95%CI: 0.33-0.99). 50, 95%CI: 0.25-0.99; PR = 0.57, 95%CI: 0.33- 0.99, respectively) and high adherence to MD (PR = 0.58, 95%CI: 0.34-0.99; PR = 0.33, 95%CI: 0.19-0.60, respectively). Similarly, SPD on the low energy/weak subscale was associated with medium adherence to MD (PR = 0.37, 95%CI: 0.16-0.83). A two-point increase in MD adherence showed an overall positive effect against SPD, although it was statistically significant only in the subscales of taste/olfactory sensitivity (PR = 0.71, 95%CI: 0.59-0.85) and low energy/weak (PR = 0.80, 95%CI: 0.64-0.99).

On the other hand, no significant association was shown between the prevalence of SPD and BMI. However, despite the lack of statistical significance, a negative effect of having a higher prevalence of SPD was observed in the subscales of tactile sensitivity and movement sensitivity in overweight and obese children. When assessing associations with a one-point increase in BMI, the negative effect of having SPD was evident in almost all the SSP scales, although it was statistically significant only for the tactile sensitivity subscale (PR = 1.07, 95%CI: 1.02-1.12). Additionally, we observed a statistically marginal association of having SPD for the SSP total score (PR = 1.03, 95%CI: 1.00-1.07) and sensitivity to movement (PR = 1.05, 95%CI: 1.00-1.10).

Finally, no association was found between SPD and sleep duration in the sample of children studied. However, the main findings indicated that poor sleep quality was significantly associated with a higher prevalence of SPD for the total SSP score (PR = 1.27, 95%CI: 1.18-1.38), tactile sensitivity (PR = 1.09, 95%CI: 1.00-1.19), gustatory/olfactory sensitivity (PR = 1.18, 95%CI: 1.08-1.30), poor responsiveness/sensation seeking (PR = 1.28, 95%CI: 1.20-1.37) and auditory filtering (PR = 1.31, 95%CI: 1.23-1.39).

Conclusions

One third of the children from the InProS study had SPD. Medium and high adherence to MD compared to low adherence was associated with a lower prevalence of SPD in tactile sensitivity and gustatory/olfactory sensitivity; while high adherence compared to low adherence to MD was associated with a lower prevalence of SPD in low energy/weakness. On the other hand, a one-point increase in BMI is associated with a high prevalence of SPD in tactile sensitivity and, marginally significantly with a high prevalence of SPD for the total score and movement sensitivity. Regarding sleep duration, sleeping < 10 hours/day compared to sleeping \geq 10 hours/day was not associated with SPD, neither for total nor for any of the SSP domains. However, poor sleep quality compared to good sleep quality was associated with SPD for the total score and for the SSP tactile sensitivity, gustatory/olfactory sensitivity, low sensitivity/sensation seeking, auditory filtering, low energy/weakness and auditory sensitivity scales.

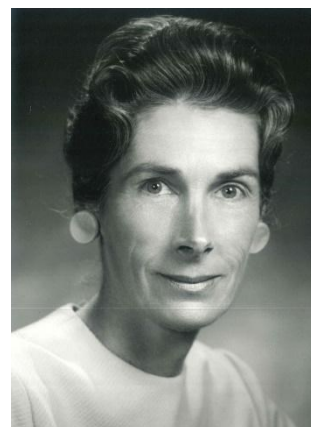
1. INTRODUCCIÓN

1.1. El concepto de procesamiento sensorial

Los seres humanos recibimos de forma constante un flujo ilimitado de estímulos sensoriales que condicionan nuestra manera de relacionarnos con el entorno (1,2). Toda esa información sensorial es captada por los diferentes órganos sensoriales de nuestro cuerpo y procesada a nivel de sistema nervioso central (SNC) con el fin de responder a los estímulos sensoriales recibidos (3). Ese proceso recibe el nombre de procesamiento sensorial (PS) y representa un papel clave en el desarrollo motor, social, emocional y cognitivo infantil (2,4-6).

El concepto de PS surgió por primera vez en Estados Unidos (EE. UU.) durante la década de los años 60, a raíz de las investigaciones de la terapeuta ocupacional y doctora en Psicología de la Educación, Anne Jean Ayres (1920 – 1988) (*figura 1*) (7). La doctora Ayres desarrolló su investigación postdoctoral en el *Brain Research Institute* de la Universidad de California (Los Ángeles) y, durante su trayectoria combinó la investigación con su práctica clínica, ejerciendo como terapeuta ocupacional en su clínica privada ubicada en Torrance (California). En 1972, sus investigaciones dirigidas a examinar la relación entre el procesamiento de la información sensorial y los problemas de aprendizaje en los/as niños/as se materializaron en la formulación de la “Teoría de la Integración Sensorial” (8). Ayres teorizó que las alteraciones o dificultades del PS (DPS), mantenían una estrecha relación con los problemas funcionales, sensoriomotores y de aprendizaje de los/as niños/as. A partir de ello, diseñó diferentes herramientas de evaluación del PS en la infancia que determinaban el grado de contribución de los sistemas sensoriales al desempeño de diversas tareas cotidianas, de las cuales destaca el *Sensory Integration and Praxis Test* como la culminación del trabajo de toda su vida (9,10).

Figura 1. Dra. Anne Jean Ayres



No cabe duda de que la investigación de Ayres, materializada en la publicación de dos libros y más de treinta artículos científicos, permitió definir las DPS como una condición clínica susceptible de intervención (11).

1.2. Los sistemas sensoriales

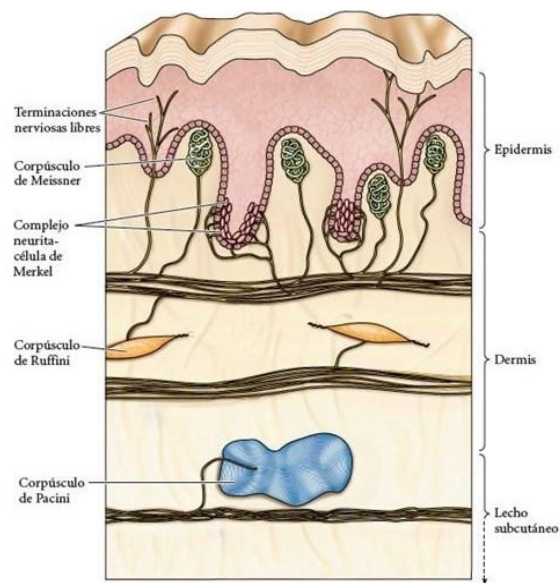
Tradicionalmente, se ha reconocido la existencia de cinco sistemas sensoriales principales — táctil, olfatorio, gustativo, visual, auditivo — que captan, fundamentalmente, información sensorial procedente del entorno. No obstante, los seres

humanos contamos con tres sistemas sensoriales adicionales que nos proporcionan valiosa información sensorial sobre nuestro propio cuerpo: el sistema propioceptivo, el sistema vestibular y el sistema interoceptivo (2).

1.2.1. Sistema táctil

La piel, que se encuentra cubriendo todo nuestro cuerpo, alberga diferentes tipos de receptores sensoriales de información táctil (*figura 2*). Todos estos receptores son capaces de aportar información sobre múltiples propiedades de los objetos, seres y/o situaciones con los que interactuamos, tales como el tacto ligero, la discriminación de dos puntos, la textura, la temperatura, la vibración y el dolor, entre otras (12-14). En este sentido, el sistema táctil constituye el sistema sensorial más extenso y representa una fuente básica de información sobre el entorno con un impacto directo en el desarrollo motor, cognitivo y emocional del/a niño/a, así como en su desempeño ocupacional en las actividades de la vida diaria.

Figura 2. Distintos tipos de receptores táctiles cutáneos.

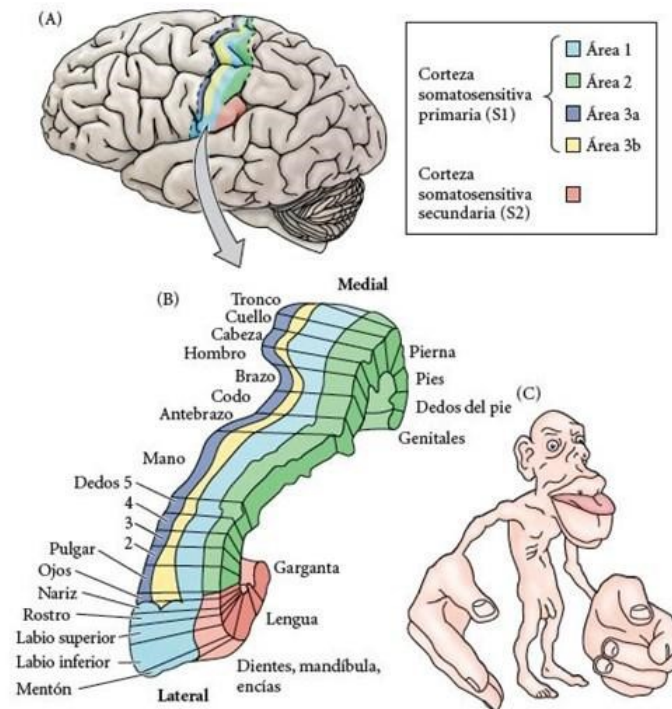


Fuente: Purves, D. et al., Neurociencia. Madrid, Panamericana, 2001.

Además, resulta relevante tener en cuenta que la extensión cortical dedicada a procesar la información táctil de cada una de las zonas del cuerpo es diferente entre sí. Esta idea se entiende fácilmente a través del concepto del *homúnculo sensorial de Penfield*, que nos muestra que la cantidad de corteza somatosensitiva dedicada al rostro, la cavidad oral y las manos es mucho mayor que la de otras regiones corporales (*figura 3*). Este hecho favorece la precisión y sensibilidad de estas zonas ante los estímulos sensoriales y permite explicar; por ejemplo, la hiperreactividad de los/as niños/as con hipersensibilidad táctil durante el desarrollo de actividades cotidianas de la vida diaria

como lavarse la cara, cortarse las uñas o ingerir alimentos concretos con texturas viscosas.

Figura 3. Orden somatotópico en la corteza somatosensitiva primaria humana.



Fuente: Purves, D. et al., Neurociencia. Madrid, Panamericana, 2001.

Asimismo, el sistema táctil proporciona al/la niño/a información valiosa para el desarrollo de su esquema corporal. Durante la infancia, la estimulación táctil permite establecer los límites de su propio cuerpo y las diferentes partes que lo constituyen, favoreciendo el desarrollo motor (15,16). Por su parte, el tacto también presenta un papel muy relevante en el desarrollo afectivo y emocional durante la primera infancia que condiciona el establecimiento del vínculo y el apego seguro; por ejemplo, de un/a recién nacido/a con su madre (17,18).

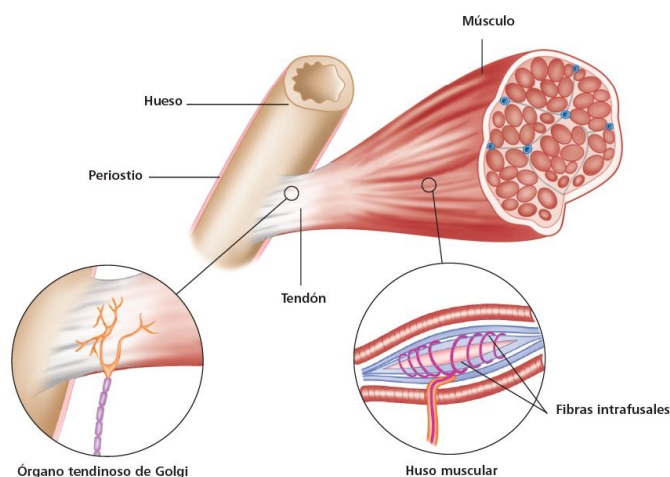
1.2.2. Sistema propioceptivo

El sistema propioceptivo provee información sobre la posición y el movimiento del cuerpo a través de receptores específicos localizados en los husos musculares, los órganos tendinosos de Golgi y los receptores cinestésicos articulares; situados en el vientre muscular, las uniones músculo-tendinosas y las articulaciones, respectivamente (19,20).

Aunque las sensaciones propioceptivas se generan principalmente durante el movimiento activo, este sistema sensorial también proporciona valiosa y constante información al SNC sobre la posición estática del cuerpo y la fuerza ejercida por el

mismo sobre un objeto durante una actividad (*figura 4*) (20). Por ejemplo, un sistema propioceptivo con un funcionamiento típico u óptimo permitirá a un/a niño/a graduar automáticamente su fuerza para agarrar un vaso de plástico y beber de él sin aplastarlo o ejercer la presión adecuada con un lápiz para colorear, siendo capaz de marcar el trazo sin romper la mina.

Figura 4. Situación gráfica de los propioceptores.



Fuente: Delmas A, Rouvière H. Anatomía Humana descriptiva, topográfica y funcional. 11ª edición. Madrid: Elsevier; 2005.

Además, la propiocepción favorece la conciencia de la localización muscular, articular y tendinosa, así como el control postural, representando un relevante papel en la formación del concepto del esquema corporal, la praxis y la regulación de la postura en la infancia; junto a los sistemas táctil y vestibular (21).

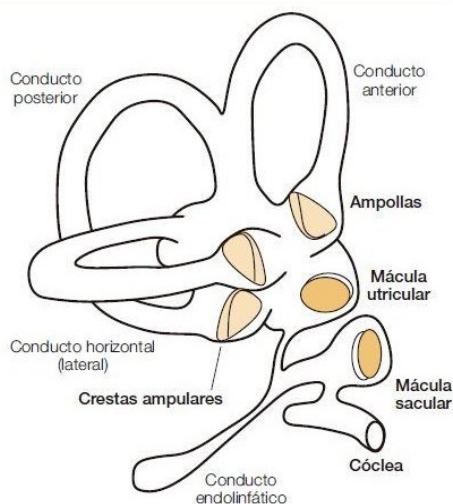
1.2.3. Sistema vestibular

El sistema vestibular resulta esencial en la coordinación de las respuestas motoras, los movimientos oculares, el equilibrio y el control postural, entre otras funciones (21,22). De manera concreta, este sistema cuenta con dos tipos de receptores sensoriales ubicados en el oído interno: los órganos otolíticos — sáculo y utrículo — y los canales semicirculares.

Los órganos otolíticos responden a la fuerza de la gravedad y contribuyen, principalmente, al equilibrio estático, aportando información sobre la posición estática de la cabeza en relación con la gravedad (23). Estos órganos, compuestos por cristales de carbonato cálcico — otolitos — que forman la membrana otolítica ubicada sobre las células ciliadas y de sostén, son capaces de detectar los cambios lineales en los movimientos de la cabeza; tanto en el plano vertical — sáculo — como en el horizontal — utrículo — (19). Por su parte, los tres canales semicirculares — superior, posterior y horizontal — se encuentran colocados con diferentes inclinaciones en el oído interno

(21,23) (figura 5). Su disposición permite detectar aceleraciones angulares de la cabeza como consecuencia del movimiento debido a la inercia de la endolinfa, que circula por su interior y provoca la inclinación de los cilios de las células ciliadas. Estos órganos, por tanto, contribuyen ampliamente al equilibrio dinámico dada su sensibilidad a los movimientos y aportan información sobre la velocidad y la dirección de un movimiento en cualquier plano (19).

Figura 5. Canales semicirculares.



Fuente: Puelles L, Martínez S, Martínez de la Torre, M. López. Neuroanatomía. Buenos Aires: Panamericana, 2008.

Este sistema contribuye, ampliamente, al control postural mediante la información constante sobre la gravedad que envía al SNC, permitiendo el desarrollo de la musculatura antigravitatoria en la infancia; necesaria para sostener la cabeza, alcanzar la sedestación, la bipedestación y el equilibrio para la marcha autónoma (24). Por ejemplo, un/a niño/a con un sistema vestibular con dificultades tendrá la necesidad de apoyar la cabeza sobre sus miembros superiores o sobre la mesa mientras se mantiene sentado en el aula. Asimismo, junto a la información sensorial táctil y propioceptiva, el sistema vestibular completa la percepción del esquema corporal, siendo capaz de orientar y coordinar el movimiento del cuerpo durante la marcha, por ejemplo.

Además, durante el procesamiento de la información vestibular, ésta viaja por las correspondientes vías aferentes hacia múltiples estructuras, integrándose con otro tipo de información sensorial (por ejemplo, la visual) y relacionándose con muchas habilidades entre las que destacan la regulación del estado de alerta, la coordinación oculo-manual o la coordinación bilateral, entre otras (19,21,22).

1.2.4. Sistema visual

El sistema visual se considera uno de los sistemas sensoriales más complejos e importantes, dada la gran cantidad de información que aporta al SNC sobre el entorno.

Este sistema ubica sus receptores sensoriales en los ojos, que captan las ondas de luz a través de la retina y envían esas señales visuales al área cortical correspondiente mediante el nervio óptico (14).

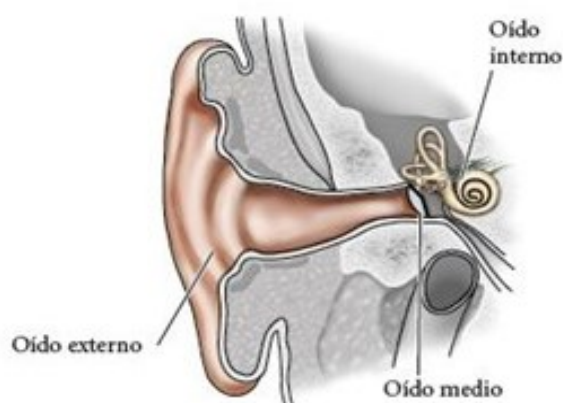
Asimismo, la información visual tiende a integrarse con la información sensorial de otros sistemas para construir la percepción multisensorial del entorno. De manera concreta, esta información se integra con información propioceptiva, táctil, vestibular y auditiva con el fin de orientar el movimiento de manera precisa (24). Por ejemplo, un correcto PS de todos los sistemas descritos arriba, permitirá a un/a niño/a orientarse y dirigirse hacia su madre cuando ésta lo llame en un parque entre una multitud de personas.

Por su parte, el control de la musculatura ocular y su coordinación con las manos, la estabilización del campo visual en movimiento y la persecución ocular tienen un fuerte impacto en el aprendizaje y en la mayoría de las actividades del día a día de los/as niños/as, tales como atrapar con las dos manos una pelota en movimiento, recortar utilizando tijeras, atarse los cordones de los zapatos, escribir o leer.

1.2.5. Sistema auditivo

La audición u oír es la capacidad para registrar estímulos auditivos, incluso simultáneamente. Durante la audición, las ondas sonoras son transmitidas desde el oído externo, al oído medio y, posteriormente al oído interno; zona donde se localizan los receptores auditivos (*figura 6*) (14,19). Posteriormente, la información auditiva se integra en el tronco encefálico con la de otros sentidos como el vestibular, el propioceptivo o el visual con el fin de dar significado a los sonidos (24). Durante el desarrollo infantil, el procesamiento de la información auditiva va refinándose y dando lugar a habilidades más complejas y sofisticadas como la interpretación de los sonidos, la emisión de vocablos o el filtrado auditivo.

Figura 6. Oído humano.



Fuente: Puelles L, Martínez S, Martínez de la Torre, M. López. Neuroanatomía. Buenos Aires: Panamericana, 2008.

De manera concreta, el filtrado auditivo, que permite la discriminación de los sonidos en primer plano y el ruido de fondo — inhibición de estímulos irrelevantes —, resulta especialmente importante para el funcionamiento del/de la niño/a en el día a día. Por ejemplo, un correcto filtrado auditivo permitirá a los/as niños/as restar atención al ruido de los coches circulando por una carretera cercana mientras se encuentran atendiendo a las explicaciones de su maestro/a en clase.

1.2.6. Sistema olfatorio

El sistema olfatorio percibe las moléculas transmitidas por el aire, denominadas sustancias odoríferas; y es considerado, en los seres humanos, el sentido menos agudo. No obstante, es el único de nuestros sistemas sensoriales cuya información se transmite, directamente, desde los receptores primarios hacia la región cortical que procesa la información olfatoria. En este sentido, las sustancias odoríferas interactúan directamente con las neuronas receptoras olfatorias — localizadas en el epitelio olfatorio de la nariz — que hacen llegar la información del olfato hasta diferentes estructuras entre las que destaca la amígdala (14). Esta conexión explica que, en muchas ocasiones, algunos olores evoquen emociones o recuerdos concretos.

Además, el sistema olfatorio tiene una fuerte relación con el sistema gustativo, implicando que muchas de las sensaciones atribuidas al gusto se deban al olfato (25). Resulta frecuente que el olor condicione el sabor de las comidas o bebidas e incluso, pueda generar durante la infancia un rechazo hacia ellas, previamente a su ingesta.

1.2.7. Sistema gustativo

Los seres humanos somos capaces de detectar 5 sabores o sensaciones gustativas primarias — ácido, amargo, dulce, salado y umami —, así como la combinación de éstas (14). De manera individual, cada persona muestra preferencias por unos sabores u otros; las cuales además suelen verse fuertemente influenciadas por los hábitos familiares y/o la cultura.

Las células sensoriales que reaccionan ante los estímulos gustativos se localizan en los botones gustativos de la lengua (14). No obstante, la ingesta de alimentos es considerada una experiencia multisensorial, dado que no solo se encuentra condicionada por el sistema gustativo; sino por todos los demás al mismo tiempo. Por ejemplo, de manera previa a la ingesta de un alimento se activan dos sistemas sensoriales: el olfatorio y el visual. Asimismo, una vez que el alimento entra en la cavidad oral, cuatro sentidos más proporcionan información sobre sus características y cualidades: el gustativo (sabor), el táctil (textura y temperatura), el propioceptivo (consistencia) y el auditivo (el sonido producido, o no, al morder o masticar el alimento en cuestión).

1.2.8. Sistema interoceptivo

A pesar de representar uno de los sentidos menos conocidos, la interocepción tiene una gran relevancia en la cotidianidad de las personas. Consideramos el sistema interoceptivo como un sentido interno del cuerpo cuyos receptores se expanden a lo largo del mismo y proporcionan información sobre el estado interno, tanto a nivel de sensaciones corporales — sed, hambre, picor, sueño, ganas de ir al baño, etc. — como a nivel de estados emocionales — ira, vergüenza, miedo, etc. — (26).

La interocepción condiciona el desarrollo de múltiples actividades de la vida diaria, así como la dinámica del entorno familiar; y ha sido mayoritariamente estudiada en niños/as con trastorno del espectro autista (TEA) (27). Además, una interocepción atípica se ha relacionado, previamente, con problemas como la obesidad, la ansiedad o la depresión (28).

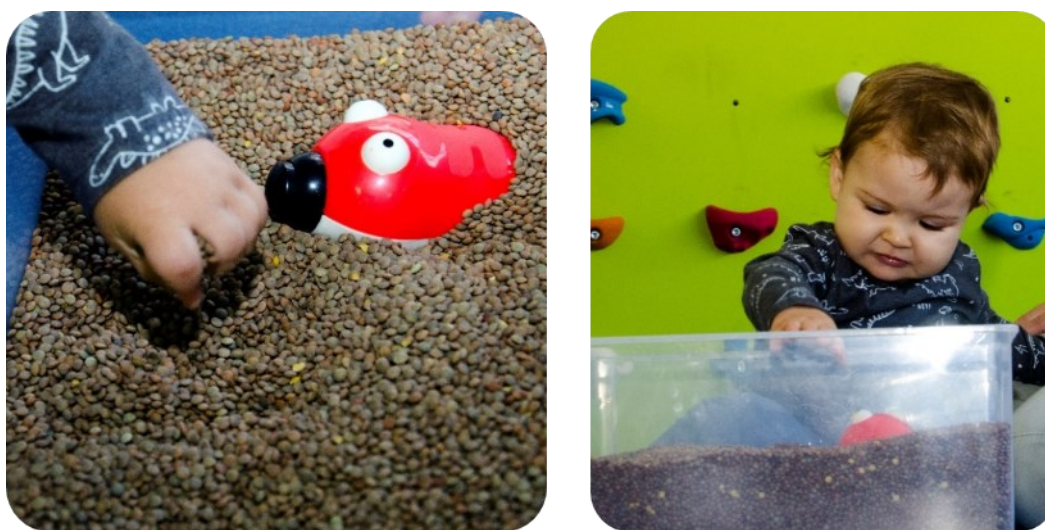
1.3. La respuesta adaptativa

El PS engloba el registro, la modulación, la discriminación y la integración de los estímulos sensoriales provenientes del entorno o del propio cuerpo para elaborar y mostrar una reacción ante ellos. Esa reacción recibe el nombre de “respuesta adaptativa” y se define como una acción apropiada en la que tiene lugar una respuesta exitosa ante una exigencia sensorial concreta. En el marco del PS, entendemos por respuesta adaptativa a la reacción motora, cognitiva, conductual o emocional esperada de un/a niño/a tras su exposición ante uno o varios estímulos sensoriales; teniendo lugar como resultado final de un PS típico o sin dificultades (29).

De manera concreta, la primera etapa del PS comienza con el registro de los estímulos sensoriales (físicos o químicos) y tiene lugar en los diferentes receptores sensoriales de nuestro cuerpo. Desde ellos, los estímulos sensoriales viajan a través de las correspondientes vías aferentes en forma de impulso eléctrico hasta el SNC, quién recibe la información y toma conciencia de cada uno de los estímulos sensoriales recibidos, inicialmente, por separado. Tras este proceso de registro y recepción, el SNC procede a modular la información sensorial recibida atribuyéndole una determinada intensidad de percepción, para dar lugar de manera posterior, a la discriminación o distinción de su relevancia, características y cualidades específicas. Todo ello permitirá una correcta integración de todos los estímulos sensoriales recibidos, permitiendo interpretar de manera efectiva las demandas del entorno y las posibilidades del cuerpo, y dando lugar a una respuesta adaptativa que viajará desde el SNC hasta los órganos efectores, por las vías eferentes que correspondan, con la finalidad última de manifestarse.

En este sentido, un PS adecuado y sin alteraciones no solo procesará correctamente uno o varios estímulos sensoriales, sino que permitirá responder al entorno con un objetivo concreto y plenamente significativo, sin experimentar malestar o dificultades. Por ejemplo, cuando un bebé ve un objeto de su interés e introduce la mano en una caja con lentejas secas para cogerlo, estaremos ante una respuesta adaptativa. No obstante, ante DPS la sensación táctil de las lentejas secas sobre la piel puede dar lugar a respuestas desadaptativas que implican reacciones motoras, conductuales o emocionales que no esperaríamos o consideraríamos inhabituales — teniendo en cuenta la naturaleza del estímulo — como gestos faciales de malestar (*figura 7*), rechazo por la actividad e incluso, el llanto.

Figura 7. Respuesta desadaptativa ante un estímulo táctil.



Fuente: Imágenes propias.

Las respuestas adaptativas en el/la niño/a con PS típico permiten observar buenas habilidades de autorregulación, autoestima, participación social, aprendizaje académico y desempeño en las actividades de la vida diaria (30).

1.4. El desarrollo sensorial

En un/a niño/a con desarrollo típico — es decir, sin afecciones clínicas conocidas —, el desarrollo de su PS se produce de forma secuencial y dinámica a través de diferentes “niveles” y desde el mismo momento de su nacimiento; e incluso durante la gestación. Las habilidades adquiridas por el/la niño/a en cada nivel proporcionan la base para el desarrollo de comportamientos más complejos en los niveles sucesivos; representando un proceso en espiral que comienza con el procesamiento de la información sensorial básica y finaliza con el dominio de habilidades complejas implicadas en el aprendizaje (5). Asimismo, este desarrollo condiciona en cada franja de edad, las preferencias normales del/a niño/a sobre ciertas actividades.

Figura 8. Cuadro sinóptico de Ayres sobre el desarrollo sensorial típico en la infancia.

Sentidos	Procesamiento sensorial		Productos finales (aprendizaje)	
Audición				Capacidad para concentrarse
Vestibular	Tono muscular Reacciones posturales	Esquema corporal Coordinación e integración bilateral	Comunicación Coordinación óculo-manual	Capacidad para organizarse Autoestima
Propiocepción	Seguridad en el espacio	Planificación motriz (praxia) Nivel de actividad	Percepción visual	Autocontrol Confianza en sí mismo
Tacto	Succión Comer Vínculo madre-niño/a Comportamiento físico	Atención Estabilidad emocional	Acción intencionada	Aprendizaje académico Capacidad de razonamiento y pensamiento abstracto
Visión				Establecimiento de la dominancia
	1º Nivel	2º Nivel	3º Nivel	4º Nivel

Fuente: Adaptada de “Ayres, A.J. La integración sensorial y el niño. Madrid: TEA Ediciones; 2008”.

Según el cuadro sinóptico inicial establecido por Ayres, el desarrollo del PS diferencia cuatro etapas o niveles en el que las habilidades se desarrollan coordinada y progresivamente (*figura 8*).

El desarrollo sensorial es el punto de partida del desarrollo motor y cognitivo de los/as niños/as. Este proceso da comienzo en el primer nivel con el correcto procesamiento e integración de las experiencias táctiles, vestibulares y propioceptivas. Éstas ejercen una influencia básica en el desarrollo del control de los movimientos del cuerpo permitiendo la aparición de las principales reacciones posturales y de equilibrio del/la niño/a, así como de habilidades tan primarias como la succión y el establecimiento del vínculo del recién nacido/a con la madre, o los/as principales cuidadores/as, a través del contacto corporal (24). Todo ello hace que en el momento del nacimiento las experiencias sensoriales sean tan necesarias como el oxígeno para el desarrollo óptimo del bebé. En ocasiones, los/as niñas/as que sufren una privación

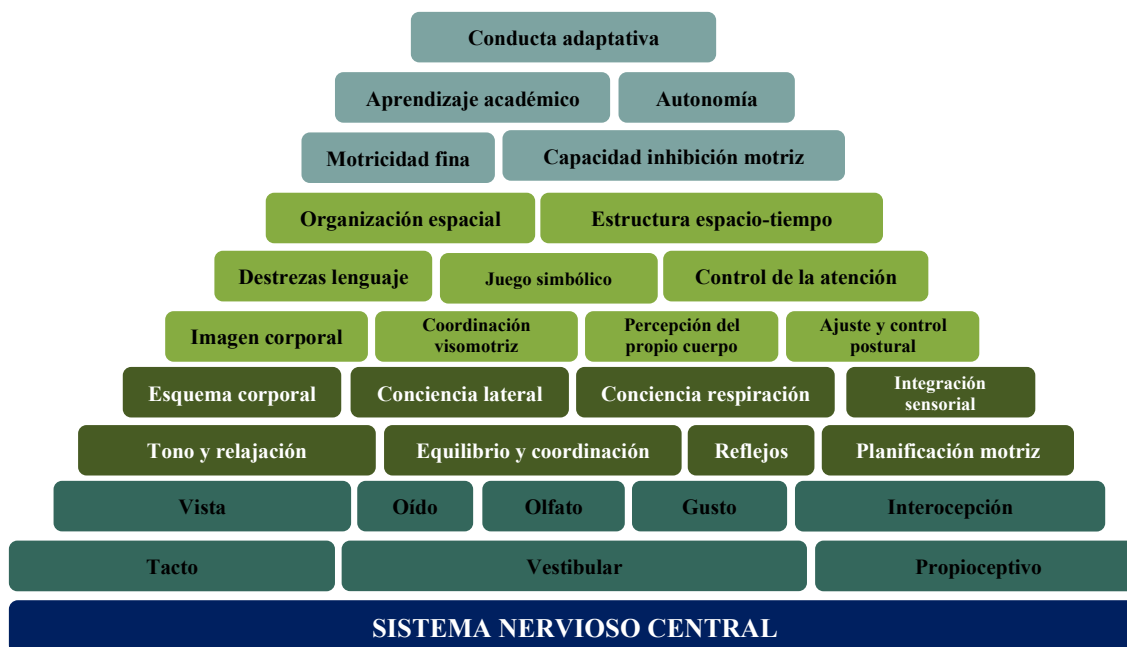
sensorial en determinados momentos clave de su desarrollo pueden experimentar dificultades futuras en el desarrollo de funciones motoras y cognitivas que dependen de habilidades más simples (31,32).

Posteriormente y, a través del segundo nivel, las habilidades van refinándose de manera secuencial, tomando como base aquellas más sencillas desarrolladas en niveles anteriores y dando lugar, entre otras habilidades, al desarrollo del esquema corporal, la coordinación e integración bilateral y la planificación motriz (24).

Las habilidades y capacidades complejas que se recogen en el tercer y cuarto nivel permiten la relación y la participación activa del/la niño/a con el entorno mediante el establecimiento de la comunicación a través del habla y/o el aprendizaje académico, entre otras. En estos niveles, la actividad con una meta definida toma cada vez más protagonismo en el día a día del/la niño/a (24).

Asimismo, otros autores como Lázaro *et al.* también han considerado los sistemas sensoriales como la base para el desarrollo de habilidades más complejas a nivel motor, perceptivo-motor y de procesos superiores en la infancia (*figura 9*) (33). De esta manera, un PS con dificultades condicionará de manera directa el desarrollo sensorial de los/as niños/as, pudiendo comprometer de manera importante el desarrollo infantil en su globalidad desde la base.

Figura 9. Pirámide del desarrollo según Lázaro y Berruezo.



Fuente: Adaptada de “Lázaro A, Berruezo PP. La pirámide del desarrollo. Revista de Psicomotricidad y Técnicas Corporales. 2009; 34:15-42”.

1.5. Consecuencias de las dificultades del procesamiento sensorial para el desarrollo infantil

En la infancia, las DPS no representan un problema tangible, como por ejemplo la rotura de un hueso o una otitis, y por ello, pueden no suscitar inicialmente preocupaciones entre padres/madres, maestros/as o profesionales sanitarios (5). No obstante, las DPS parecen impactar en el desarrollo infantil típico dando lugar a comportamientos inadecuados o problemas de aprendizaje en los/as niños/as (34-42).

La evidencia científica actual no cuenta con demasiados estudios longitudinales que permitan identificar relación causa-efecto entre las DPS y las dificultades en el desarrollo infantil. No obstante, diferentes estudios transversales y los resultados de una revisión sistemática publicada en 2010 indican que los/as niños/as con DPS muestran problemáticas relacionadas con la participación social, el juego, el rendimiento ocupacional en las actividades de la vida diaria, el aprendizaje y el desarrollo académico (43). Asimismo, teniendo en cuenta que el desarrollo sensorial se establece como el punto de partida para el desarrollo del resto de habilidades en los/as niños/as, las suposiciones en la práctica clínica son, a menudo, que las DPS contribuyen a la aparición de dificultades en el desarrollo a nivel físico, cognitivo, social e/o intelectual infantil (42,44).

De manera concreta, el juego en la infancia es considerado como la principal ocupación de los/as niños/as e involucra diferentes habilidades de PS — especialmente a nivel de conciencia corporal, equilibrio y tacto (39) —, por lo que las DPS pueden impactar negativamente en su desempeño. En 2007, Bundy *et al.* examinaron la relación entre las DPS y el juego en la infancia en una muestra de 40 niños/as de 7 años, con y sin DPS. Los resultados de este estudio mostraron que, aunque los/as niños/as de ambos grupos jugaban con la misma frecuencia, los/as que tenían DPS tendían a elegir juegos más sedentarios y menos desafiantes a nivel sensorial, en comparación con el grupo que no presentaba DPS (36).

También en 2007 y con respecto — en este caso — al desarrollo motor, White *et al.* llevaron a cabo un estudio transversal con la finalidad de determinar si los/as niños/as con DPS presentaban peores habilidades motoras. La investigación analizó datos de una muestra de 68 niños/as con y sin DPS ($n = 38$ y $n = 30$, respectivamente) de entre 5 y 13 años. Los resultados mostraron que los/as niños/as con DPS parecían presentar peores habilidades motoras en comparación con los que no tenían DPS (42). Estas alteraciones motoras dificultaban su adaptación a las demandas ambientales, limitando la participación de los/as niños/as en actividades más exigentes de juego y en actividades escolares y/o sociales.

Por su lado, Bar-Shalita *et al.* mostraron en 2008 que los/as niños/as con DPS presentaban una participación limitada en las actividades de la vida diaria. De manera concreta, se examinó una muestra de 78 niños/as con y sin DPS (n = 34 y n = 44; respectivamente) de entre 6 y 11 años, y se observó que los/as niños/as con DPS presentaban peores resultados de participación en actividades de la vida diaria en comparación con sus homólogos/as sin DPS (41).

Con respecto al aprendizaje, Ben-Sasson *et al.* concluyeron en 2009 que un PS óptimo es básico para desarrollar habilidades académicas (45). No obstante, y aunque las DPS en la infancia parecen relacionarse con dificultades de aprendizaje, no existe un cuerpo de literatura amplio que lo respalde. Tan solo un estudio longitudinal (n = 67), realizado en 1998 por Parham con niños/as de entre 6 y 8 años con y sin problemas de aprendizaje (n = 32 y n = 35, respectivamente), concluyó que las DPS se asociaban con el rendimiento académico en edades tempranas, aunque la magnitud de la asociación disminuía con la edad (46). Asimismo, los trastornos de coordinación del desarrollo (TCD) parecen coexistir, en la mayoría de los casos, con las DPS (47). En este sentido, las DPS en la infancia parecen relacionarse con dificultades de aprendizaje, siendo las más evidentes aquellas relacionadas con las habilidades motoras finas, gruesas y coordinadas como el agarre del lápiz, el uso de tijeras, la escritura o la lectura.

Además de todo lo anterior y según la evidencia científica, las DPS parecen tener un fuerte impacto en la dinámica familiar y la salud mental de las personas involucradas en la crianza de estos/as niños/as, generalmente, los progenitores (48). Gourley *et al.* mostraron en un estudio desarrollado en 2013 (n = 59) que los progenitores de niños/as entre 3 y 5 años con DPS, medido con el *Short Sensory Profile* (SSP), presentaban niveles de estrés significativamente más altos que los progenitores de niños/as sin DPS de la misma edad (49).

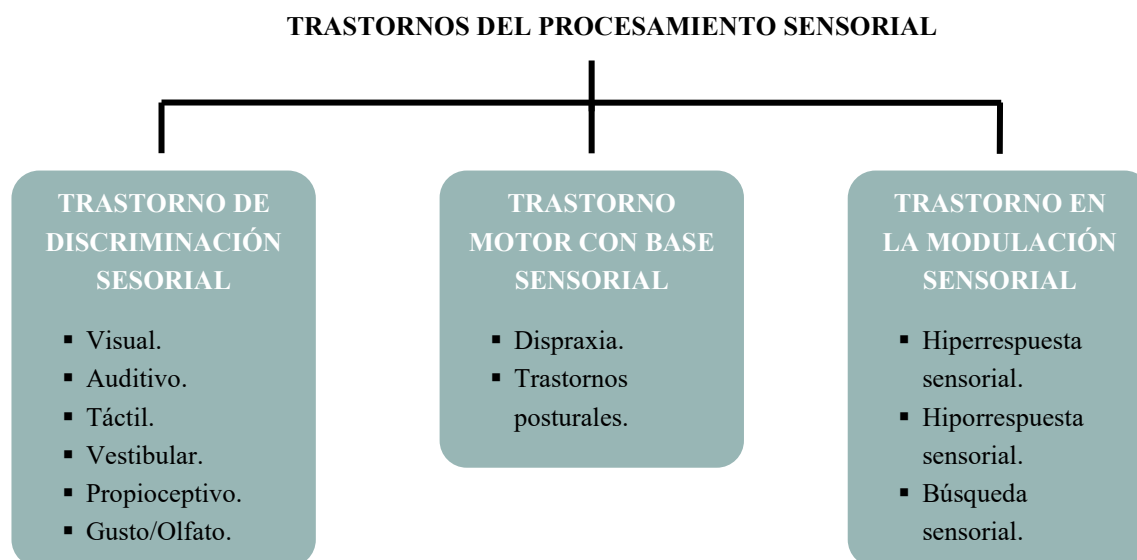
1.6. Clasificación y terminología de las dificultades del procesamiento sensorial

A pesar de encontrarse bien establecido, el PS puede considerarse un concepto en constante evolución ligado a los diferentes avances en el campo de la neurociencia (11,21,50). Como consecuencia de esa evolución del conocimiento, a lo largo de los años muchos/as investigadores/as y clínicos/as han propuesto diferentes modelos de clasificación, de interpretación del PS y de la terminología utilizada para referirse a sus alteraciones (51). Por esta razón, cuando buscamos información sobre los problemas de PS, y dependiendo de la bibliografía consultada, podemos encontrar términos como *desorden*, *trastorno* o *disfunción* haciendo referencia a la misma problemática. Estos términos son habitualmente utilizados en el lenguaje médico para expresar alteraciones o situaciones fuera de la norma, ya sea en base a la estructura, funcionalidad o comportamiento de una persona. No obstante, y dado que el *Diagnostic and Statistical*

Manual of Mental Disorders V (52) no recoge los problemas de PS como categoría diagnóstica propia, en este trabajo de tesis utilizaremos un término prudente alejado de la connotación médica para referirnos a las DPS.

A pesar de lo anterior, el colectivo de profesionales expertos en las DPS realiza continuos esfuerzos por acordar una terminología e interpretación común para la problemática. En 2007, Miller *et al.*, basándose en el modelo derivado del trabajo de Ayres, abogaron por un cambio en la terminología utilizada para la clasificación diagnóstica de las DPS, estableciéndose como la taxonomía más utilizada y aceptada en la actualidad. De manera concreta, proponían tres subtipos de DPS que permitían clasificar a los/as niños/as en tres categorías utilizando el término de *trastorno*: trastorno de la discriminación sensorial, trastorno motor con base sensorial y trastorno en la modulación sensorial (*figura 10*) (4).

Figura 10. Propuesta de clasificación de los trastornos del procesamiento sensorial según Millet *et al.*



Fuente: Adaptado de “Miller LJ, Anzalone ME, Lane SJ, Cermak SA, Osten ET. Concept evolution in sensory integration: A proposed nosology for diagnosis. *Am J Occup Ther.* 2007; 61(2), 135–140”.

Específicamente, según Miller *et al.* las dificultades de discriminación sensorial representan una habilidad mermada en los/as niños/as para detectar las cualidades, como similitudes y/o diferencias, de diferentes estímulos sensoriales. Por ejemplo, un/a niño/a con DPS a nivel de discriminación sensorial podrá ser capaz de detectar que alguien le ha tocado en el brazo, pero, tendrá dificultades para determinar la ubicación precisa de ese contacto. Por su parte, las dificultades motoras de base sensorial hacen referencia a las dificultades que los/as niños/as pueden experimentar para estabilizar el cuerpo — dificultad postural — o idear, planificar y secuenciar movimientos coordinados — dispraxia — basándose en la información sensorial recibida. Finalmente, los trastornos o dificultades a nivel de modulación de los estímulos sensoriales — que hacen

referencia a la capacidad de regular y/o calificar la intensidad atribuida a un estímulo sensorial — pueden dar lugar, en los/as niños/as con esta problemática, a reacciones o comportamientos incongruentes a la intensidad y la naturaleza del estímulo sensorial. Estos comportamientos suelen clasificarse en: hiperrespuesta a un estímulo sensorial (respuestas más intensas, más rápidas o duraderas de lo habitual), hiporrespuesta a un estímulo sensorial (respuestas menos intensas, más lentas o inexistentes, de lo que normalmente se espera) o, búsqueda de sensaciones (deseo intenso de recibir una estimulación sensorial) (4). Por ejemplo, un/a niño/a con trastornos o dificultades a nivel de modulación sensorial podría presentar reacciones inusualmente intensas, incluso dolorosas, ante algunos estímulos sensoriales cotidianos e inocuos como una caricia superficial o, el mancharse las manos con espuma o pintura de dedos (*figura 11*).

Figura 11. Respuesta adaptativa ante un estímulo táctil.



Fuente: Imagen propia.

En este punto, se pone de manifiesto la necesidad de conocer y diferenciar dos constructos que a menudo se confunden en la literatura cuando entendemos las DPS a nivel de modulación sensorial: la reactividad sensorial y la sensibilidad sensorial. El primero de ellos, la reactividad sensorial, engloba las respuestas observables o la capacidad de respuesta de un/a niño/a ante un estímulo sensorial concreto; es decir, la hiperrespuesta o la hiporrespuesta propuestas por Miller *et al.* De hecho, los términos de hiperrespuesta o hiporrespuesta pueden utilizarse como sinónimos de los términos hiperreactividad o hiporreactividad, respectivamente. Por su parte, la sensibilidad sensorial se define como la capacidad de un/a niño/a para detectar una entrada sensorial (53,54); algo imposible de observar a simple vista. Por ello, considerar el término hiperrespuesta como sinónimo de hipersensibilidad es un error. No obstante, la relación existente entre ambos constructos ha sido confirmada en algunos estudios de investigación (55-57). En base a ello, generalmente y a nivel práctico, se asume dicha relación, de manera que una mayor reactividad sensorial — observable a partir de

respuestas motoras, cognitivas, comportamentales o emocionales en el/la niño/ — se establece como indicativo de una mayor sensibilidad sensorial, y viceversa.

1.7. Evaluación de las dificultades del procesamiento sensorial a nivel de modulación sensorial

La evaluación estandarizada de las DPS a nivel de modulación sensorial en la infancia se lleva a cabo, de manera general, a través de cuestionarios sensoriales. Estos cuestionarios, cumplimentados generalmente por los padres/madres o cuidadores/as principales de los/as niños/as, así como por sus maestros/as de referencia, permiten conocer la reactividad sensorial de los/as niños/as ante la exposición a determinados estímulos sensoriales cotidianos.

Existen algunos cuestionarios sensoriales que permite recoger la reactividad sensorial, examinando siete sistemas sensoriales, del/a niño/a en edades muy tempranas (desde el nacimiento hasta los 3 años) como el *Sensory Rating Scale for Infants and Young Children* (58), el *Sensory Processing Measure Preschool* (59) y el *Sensory Profile Infant/Toddler* (60). Asimismo, el *Sensory Experience Questionnaire* (61) permite medir estos comportamientos en niños/as desde 5 meses a los 6 años.

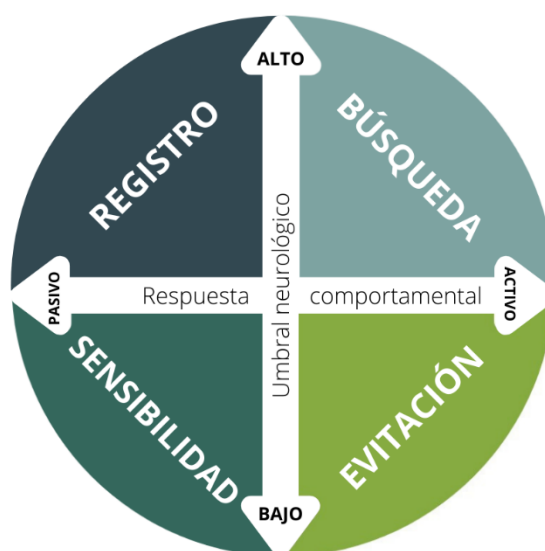
No obstante, la mayor parte de estas herramientas han sido diseñados para niños/as de entre 3 y 10 años — o 14 años, en algunos casos — con desarrollo típico o atípico; siendo los más utilizados y aceptados el *Sensory Processing Measure (SPM)* (62) y las diferentes versiones y ediciones del *Sensory Profile* (60,63-66) (*tabla 1*).

El *SPM*, dirigido a niños/as de entre 5 y 12 años, explora los dominios de participación social, visión, audición, tacto, conciencia corporal, equilibrio, movimiento y planificación motriz a través de tres cuestionarios aplicables en diferentes contextos y rangos de edad: uno para casa — a cumplimentar por los padres/madres/cuidador/a principal; *SPM* — (62), otro para el colegio — a cumplimentar por el maestro/a de referencia; *SPM-School* — (67) y otro dirigido a niños/as en edad preescolar de 2 a 5 años (*SPM-P*) (59). La versión para casa cuenta con 75 ítems, mientras que la versión escolar incluye 62 ítems; con un tiempo de cumplimentación estimado entre 15 y 20 minutos. Sin embargo, no existe una versión adaptada y validada en población española de estas herramientas.

El *Sensory Profile* (63) fue diseñado en 1999 por Winnie Dunn basándose en su modelo desarrollado en 1997, y pretendía explicar las respuestas desadaptativas de los/as niños/as ante estímulos sensoriales concretos en base a los umbrales neurológicos y sus patrones de respuesta comportamental. Este modelo proponía cuatro cuadrantes basados en la intersección de dos continuos: el umbral neurológico (alto/bajo) y la autorregulación de la conducta en los/as niños/as (activa/pasiva); es decir, las respuestas

comportamentales (37,68). Los umbrales neurológicos hacen referencia a la cantidad de estímulo necesario para que una neurona, o un sistema de neuronas, reaccione; estableciéndose dos polos en el continuo: alto y bajo (69). De esta manera, un/a niño/a con un umbral neurológico alto sería aquel/la que responde con más lentitud de lo esperado a un estímulo sensorial concreto y, precisa de estímulos más intensos para activar su SNC. Por el contrario, el SNC de un/a niño/a con un umbral neurológico bajo responderá muy fácil y rápidamente a estímulos sensoriales concretos (70-72).

Figura 12. Cuadrantes resultantes entre la experiencia sensorial y el comportamiento del marco conceptual de Winnie Dunn.



Fuente: Adaptado de “Demopoulos C, Arroyo MS, Dunn W, Strominger Z, Sherr EH, Marco E. Individuals with agenesis of the corpus callosum show sensory processing differences as measured by the sensory profile. *Neuropsychology*. 2015;29(5):751-758”

El equilibrio entre los umbrales neurológicos altos y bajos, que se corresponde con la modulación sensorial, permite percibir los estímulos sensoriales con una intensidad suficiente para ser conscientes, pero no con demasiada magnitud como para causar distracciones o malestar (24). Dunn relacionó este equilibrio con los fenómenos de habituación — vinculado con los umbrales neurológicos altos — y de sensibilización — vinculados con los umbrales neurológicos bajos — (37,70-72). La habituación parece permitir el reconocimiento de estímulos familiares o cotidianos que no requieren una atención especial y, por tanto, permitir al SNC no responder ante ellos. Este fenómeno posibilita a los/as niños/as ser capaces de centrar su atención en actividades concretas y, a la vez, descartar estímulos irrelevantes y potencialmente distractores a lo largo del día, como por ejemplo las sensaciones de la ropa que visten (73). Por otro lado, la sensibilización se corresponde con la capacidad del SNC de incrementar la conciencia y, por tanto, las respuestas hacia los estímulos sensoriales importantes,

desconocidos o nocivos. Este proceso obliga a los/as niños/as estar atentos/as a lo que sucede en su entorno mientras desarrollan otra actividad o aprendizaje (37,70-72).

De manera concreta, el *Sensory Profile* está dirigido a niños/as de 3 a 10 años y cuenta con 125 ítems a cumplimentar por el padre/madre o cuidador/a principal. Toda la información se recoge mediante una escala de Likert de 5 puntos en la que la persona que cumplimenta el cuestionario debe responder con: “1”, casi siempre; “2”, frecuentemente; “3”, de vez en cuando; “4”, rara vez; o “5”, casi nunca. Posteriormente, y con el fin de crear una herramienta más rápida, se diseñó el SSP (64), descrito ampliamente en la “Metodología” de esta tesis doctoral. Asimismo, y de manera posterior en el tiempo, también se elaboró el *Sensory Profile School Companion* (65), que aporta información específica sobre la reactividad sensorial del niño/a, desde el punto de vista del maestro/a, en el contexto escolar.

Recientemente, en el año 2014 fue publicado el *Sensory Profile-2* (66), desarrollado a partir de las versiones anteriores de las diferentes medidas del *Sensory Profile*. Los ítems que componen los diferentes cuestionarios del *Sensory Profile-2* se puntúan, igual que el *Sensory Profile*, en función de la opción que mejor describa la frecuencia en que el/la niño/a muestra respuestas o reacciones desadaptativas ante estímulos sensoriales cotidianos. El *Sensory Profile-2*, cuyo rango de edad abarca de 3 a 14 años, ofrece tres cuestionarios: *Sensory Profile-2* del/a niño/a (86 ítems), el *Sensory Profile-2* breve (34 ítems) y el *Sensory Profile-2* escolar (44 ítems) y pretende, igual que sus antecesores de la primera edición, aportar información a través de la percepción de sus padres/madres/cuidadores principales/maestros sobre la reactividad del/a niño/a antes diferentes estímulos sensoriales; abarcando todos los sistemas sensoriales. Esta segunda edición del *Sensory Profile*, el *Sensory Profile-2*, se encuentra adaptada transculturalmente y validada al contexto español.

Tabla 1. Información de los cuestionarios sensoriales que recogen la reactividad sensorial, atendiendo a todos los sistemas sensoriales, en niños/as desde el nacimiento hasta la adolescencia.

Herramienta	Autoría	Año publicación	Idioma original	Rango de edad	Persona que cumplimenta	Ítems	Adaptada/validada en España
Sensory Rating Scale (SRS)							
SRS for Infants – Form A	Provost & Oetter	2009	Inglés	0 – 8 meses	Padre, madre o cuidador/a principal	88	×
SRS for Young Children – Form B	Provost & Oetter	2009	Inglés	9 – 36 meses	Padre, madre o cuidador/a principal	136	×
Sensory Experience Questionnaire (SEQ)	Baranek <i>et al.</i>	2006	Inglés	5 meses – 6 años	Padre, madre o cuidador/a principal	21	×
Sensory Processing Measure (SPM)							
SPM - Home	Parham & Ecker	2007	Inglés	5 – 12 años	Padre, madre o cuidador/a principal	75	×
SPM - School	Parham & Ecker	2007	Inglés	5 – 12 años	Maestro/a referencia	62	×
Sensory Processing Measure Preschool (SPM-P)							
SPM-P – Home	Ecker <i>et al.</i>	2011	Inglés	2 – 5 años	Padre, madre o cuidador/a principal	75	×
SPM-P – School	Ecker <i>et al.</i>	2011	Inglés	2 – 5 años	Maestro/a referencia	75	×
Sensory Profile							
Sensory Profile (SP)	Winnie Dunn	1999	Inglés	3 – 10 años	Padre, madre o cuidador/a principal	125	✓
Short Sensory Profile (SSP)	Winnie Dunn	1999	Inglés	3 – 10 años	Padre, madre o cuidador/a principal	38	✓
Sensory Profile Infant/Toddler I	Winnie Dunn	2002	Inglés	0 – 6 meses	Padre, madre o cuidador/a principal	36	×
Sensory Profile Infant/Toddler II	Winnie Dunn	2002	Inglés	7 – 36 meses	Padre, madre o cuidador/a principal	48	×
Sensory Profile School Companion	Winnie Dunn	2006	Inglés	3 – 11 años	Maestro/a referencia	62	×
Sensory Profile-2							
Infant Sensory Profile-2	Winnie Dunn	2014	Inglés	0 – 6 meses	Padre, madre o cuidador/a principal	25	✓
Toddler Sensory Profile-2	Winnie Dunn	2014	Inglés	7 – 35 meses	Padre, madre o cuidador/a principal	54	✓
Child Sensory Profile-2	Winnie Dunn	2014	Inglés	3 – 14 años	Padre, madre o cuidador/a principal	88	✓
Short Sensory Profile-2	Winnie Dunn	2014	Inglés	3 – 14 años	Padre, madre o cuidador/a principal	34	✓
School Company Sensory Profile-2	Winnie Dunn	2014	Inglés	3 – 14 años	Maestro/a referencia	44	✓

1.8. Epidemiología de las dificultades del procesamiento sensorial

El estudio de las DPS en la infancia ha recibido una atención creciente en las últimas décadas. Por una parte, las investigaciones realizadas en poblaciones específicas — como TEA, síndrome de X frágil, síndrome alcohólico fetal (SAF), trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH) o TCD — han mostrado una prevalencia de DPS que puede oscilar en torno al 80% o superior (2,47,74-77). Por otra parte, la prevalencia de DPS en niños/as — de 3 a 11 años — con desarrollo típico se sitúa entre 5 y 20%, aunque hasta la fecha tan solo se han realizado cinco estudios al respecto (78-82).

En concreto, un estudio realizado en 2004 con 703 niños/as estadounidenses de 4 años observó una prevalencia DPS del 13.7% (78). En 2009, otra investigación que incluía a 796 niños/as con diversidad racial, étnica y socioeconómica estadounidense de 4 años mostró prevalencias en torno al 3.4% y el 15.6% dependiendo de los criterios de puntuación utilizados (79). En el año 2010, un estudio con 395 niños/as israelíes de 3 a 10 años observó una prevalencia de 15% de DPS según el SSP (80). En el año 2013, un estudio con 141 preescolares puertorriqueños que acudían a centros escolares privados de EE. UU. observó una prevalencia de 19.9% de DPS en su muestra, medidas a partir del SSP (81). En España, tan solo se ha realizado un estudio — en el año 2016 — con 56 niños/as con una edad media de 6.5 años (DE = 2.3 años) en el que se observó una prevalencia del 14.3%, según el SSP (82).

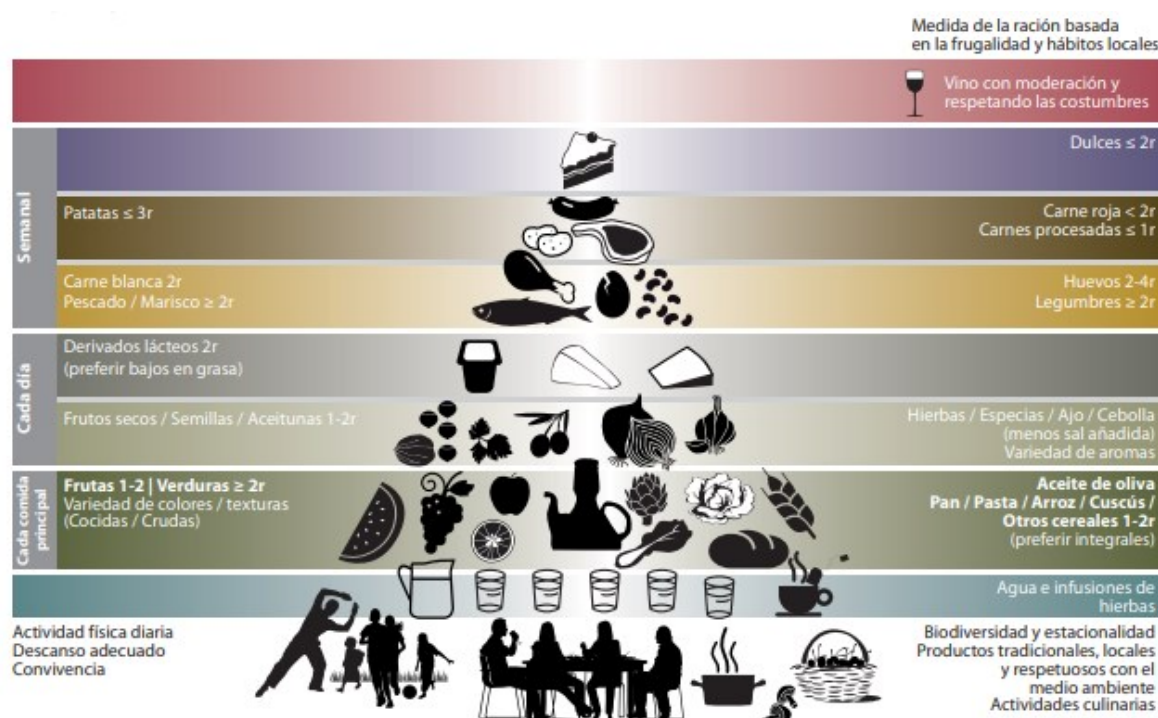
Aunque la etiología de las DPS es desconocida, es posible que la genética o los estilos de vida puedan ser factores asociados con las DPS.

Este sentido, con relación a los potenciales factores relacionados a las DPS, y debido a las consecuencias y a las elevadas cifras de prevalencia, la literatura científica actual engloba un mayor número de investigaciones sobre DPS en colectivos clínicos específicos; principalmente en TEA. No obstante, aunque este tipo de investigación en población infantil con desarrollo típico es menos frecuente, resulta importante conocer los factores asociados a las DPS en estos/as niños/as, dado su impacto negativo en el desarrollo infantil. En este sentido, es especialmente interesante explorar los factores modificables que pueden ser susceptibles de cambio en esta población y, que habitualmente se encuentran ligados a los estilos de vida. Centrándonos en las DPS, investigaciones recientes sugieren que tanto las conductas alimentarias como el sueño podrían ser importantes factores modificables asociados a las DPS (83). En concreto en esta tesis doctoral, nos centraremos en explorar — como potenciales factores modificables asociados a las DPS — la adherencia a la dieta Mediterránea (DM), el índice de masa corporal, y la cantidad y calidad del sueño.

1.8.1. Adherencia a la dieta mediterránea

La DM se define como un el patrón dietético tradicional de las personas que residen a orillas del mar Mediterráneo; en países como Grecia, Francia, España o Italia entre otros (84,85). Ésta se caracteriza por una alta ingesta de alimentos de origen vegetal — verduras, legumbres, frutas, frutos secos y cereales —, una ingesta moderadamente alta de pescado, una ingesta de baja a moderada de productos lácteos, una baja ingesta de carnes rojas y procesadas, una ingesta total baja de grasas saturadas y el uso del aceite de oliva como principal fuente de grasas (figura 13) (86,87).

Figura 13. Pirámide de la dieta Mediterránea.



Fuente: Fundación Dieta Mediterránea. Pirámide de la Dieta Mediterránea; 2012. Recuperado de <http://dietamediterranea.com/piramidedietamediterranea/>

Hasta el momento, la evidencia científica ha mostrado que una alta adherencia a la DM produce efectos beneficiosos para la salud en adultos, especialmente con enfermedades crónicas (88). No obstante, aunque en torno al 25% de los/as niños/as con un desarrollo típico sufren problemas de alimentación (89), la investigación sobre los efectos de la DM y la salud infantil sigue siendo escasa; especialmente en la primera etapa de la vida (90,91). A este respecto, el período desde la etapa preescolar hasta la edad escolar representa una ventana temporal crítica para el establecimiento de preferencias alimentarias y el desarrollo de aversión sensorial a la comida, como la neofobia alimentaria — entendiéndose como la fobia o el rechazo a ingerir alimentos nuevos o desconocidos — y la selectividad alimentaria — es decir, la aceptación de una variedad limitada de alimentos —. Todo ello, a menudo suele encontrarse determinado por las características sensoriales particulares — gusto, temperatura, textura, olor,

consistencia, apariencia, etc. — de algunos alimentos (92), que a su vez están relacionadas directamente con las DPS (93,94).

En este sentido, varios estudios realizados en población infantil con alteraciones del neurodesarrollo o enfermedades crónicas han sugerido que las DPS pueden estar relacionadas con problemas de salud graves en los/as niños/as como pérdida de peso o nutrición inadecuada (93,95-100). De hecho, Coulthard *et al.* exploraron en 2009 la asociación entre las DPS y el consumo de frutas y verduras en una muestra de 73 niños/as de entre 2 y 5 años y sus madres, reportando una asociación estadísticamente significativa entre las DPS — a nivel gustativo y táctil — y la cantidad de porciones de frutas y verduras ingeridas por los/as niños/as en un día típico (96). En 2013, otra investigación retrospectiva exploró la co-ocurrencia de problemas de alimentación y DPS en una muestra pediátrica de 65 niños/as con una edad media de 3.8 años (DE = 2.8 años) y observó que los/as niños/as que presentaban problemas de alimentación tendían a mostrar también DPS (97).

En 2015, Zobel-Lachiusa *et al.* examinaron las diferencias sensoriales y de comportamiento a la hora de la comida en niños/as con TEA en comparación con sus compañeros/as con desarrollo típico de 5 a 12 años (n = 68). Sus hallazgos revelaron una correlación positiva, de fuerte a moderada, entre las DPS y las dificultades alimentarias en los/as niños/as con TEA, así como diferencias entre los grupos (98). Posteriormente, Chistol *et al.* (en 2018) observaron, en un estudio transversal realizado con 111 niños/as de 3 a 11 años con y sin TEA, que entre los/as niños/as con TEA que presentaban DPS tenía lugar una menor ingesta de verduras y una mayor selectividad alimentaria que en el grupo con PS sin dificultades (100).

Sin embargo, y hasta la fecha, a pesar de que las DPS pueden condicionar la ingesta de alimentos clave en la DM, como las frutas y las verduras — y dar lugar a corto o largo plazo a problemas de salud graves como la desnutrición, la dieta desequilibrada o la obesidad infantil (101,102) —, no existe evidencia científica sobre la relación entre la adherencia a la DM y las DPS en niños/as con desarrollo típico.

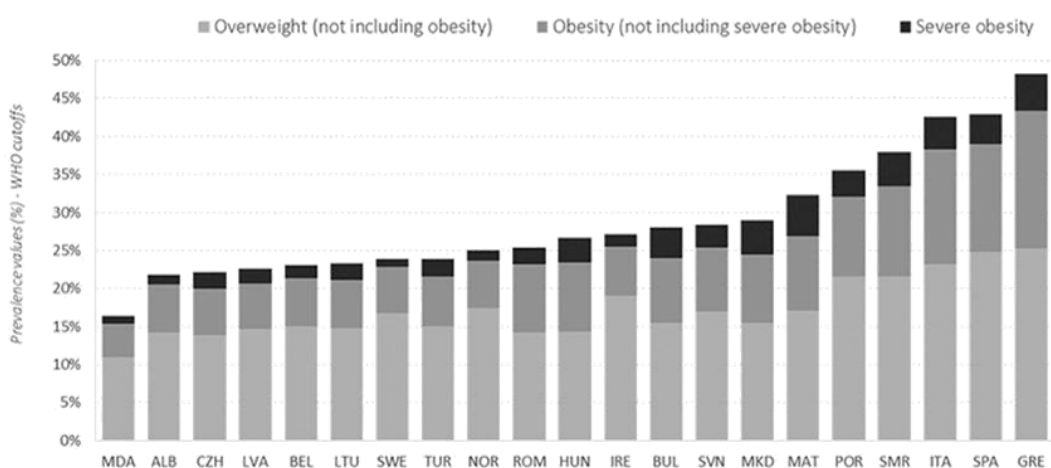
1.8.2. Estado nutricional

El estado nutricional se puede definir como el balance entre el aporte nutricional y el gasto energético. En la actualidad uno de los indicadores más utilizados para su medición, en estudios epidemiológicos, por su facilidad de recogida y su bajo coste es el índice de masa corporal (IMC) (103).

En este siglo, la obesidad en la infancia representa una epidemia de salud pública por sus altas cifras y su crecimiento exponencial en todo el mundo, aunque de forma más clara en los países desarrollados (104-106). Las estimaciones mundiales en el año 2016 mostraban que 124 millones de niños/as y adolescentes — de entre 5 y 19 años — presentaban obesidad, y adicionalmente, 213 millones tenían sobrepeso (por

debajo del umbral de obesidad) (106). Aunque la prevalencia de esta problemática en los/as niños/as varía con respecto a la zona geográfica y se incrementa con la edad, España se encuentra entre los países europeos más afectados (*figura 14*) (107,108). Concretamente, la prevalencia en niños/as y adolescentes españoles/as, de 5 a 19 años, variaba entre el 10,5% para la obesidad y el 33,7% para el sobrepeso según datos del 2016 (109).

Figura 14. Prevalencia por país de sobrepeso (sin incluir obesidad), obesidad (sin incluir obesidad severa) y obesidad severa en niños/as de 6 a 9 años (género y grupos de edad combinados) basadas en las definiciones de la Organización Mundial de la Salud.



Abbreviations: ALB – Albania; BEL – Belgium; BUL – Bulgaria; CZH – Czechia; GRE – Greece; HUN – Hungary; IRE – Ireland; ITA – Italy; LVA – Latvia; LTU – Lithuania; MAT – Malta; MDA – Moldova; NOR – Norway; POR – Portugal; ROM – Romania; SMR – San Marino Republic; SVN – Slovenia; SPA – Spain; SWE – Sweden; MKD – The Former Yugoslav Republic of Macedonia; TUR – Turkey.

Fuente: Spinelli A *et al.* Prevalence of Severe Obesity among Primary School Children in 21 European Countries. *Obes Facts.* 2019;12(2):244-258.

Las consecuencias del exceso de peso en la infancia son indiscutibles a corto y largo plazo, impactando tanto en la salud como en el desarrollo de los/as niños/as e incluyendo alteraciones metabólicas importantes (101,102,104,110). A este respecto, un metaanálisis, publicado en 2015, mostró que los/as niños/as y adolescentes obesos/as tenían alrededor de cinco veces más probabilidades de ser obesos/as en la edad adulta que los/as niños/as con un peso normal durante la infancia (111).

La etiología de la obesidad, de origen multifactorial, resulta de la interacción entre factores hereditarios, ambientales, metabólicos, conductuales, cognitivos, culturales y socioeconómicos (101,104,110,112,113). Asimismo, los factores ligados a los hábitos y estilos de vida como la dieta, la actividad física y los comportamientos sedentarios parecen ser los principales contribuyentes a la alta prevalencia de este problema de salud. A pesar de ello, hoy en día existe un importante vacío de conocimiento sobre muchos factores que pueden impactar en el desarrollo infantil contribuyendo a la obesidad en estas edades. En este sentido, varios estudios han

sugerido una probable relación entre los factores dietéticos deficientes y/o problemas de alimentación en los/as niños/as, así como los comportamientos alimentarios negativos durante la infancia, y las DPS (93,95-100).

Hasta donde sabemos, ninguna investigación previa ha examinado la asociación entre las DPS y el estado nutricional infantil medido a través del IMC. Por consiguiente, explorar y comprender la asociación durante la infancia entre dichos factores podría proporcionar conocimientos útiles para prevenir consecuencias nocivas en la salud infantil y mitigar la aparición de múltiples problemas crónicos en la edad adulta.

1.8.3. Sueño

El sueño, esencial para el funcionamiento diurno, representa un pilar fundamental para la salud (114). Este proceso juega un papel vital en el desarrollo infantil y la dinámica familiar (115), por lo que suele ser una de las principales preocupaciones de los padres/madres (116).

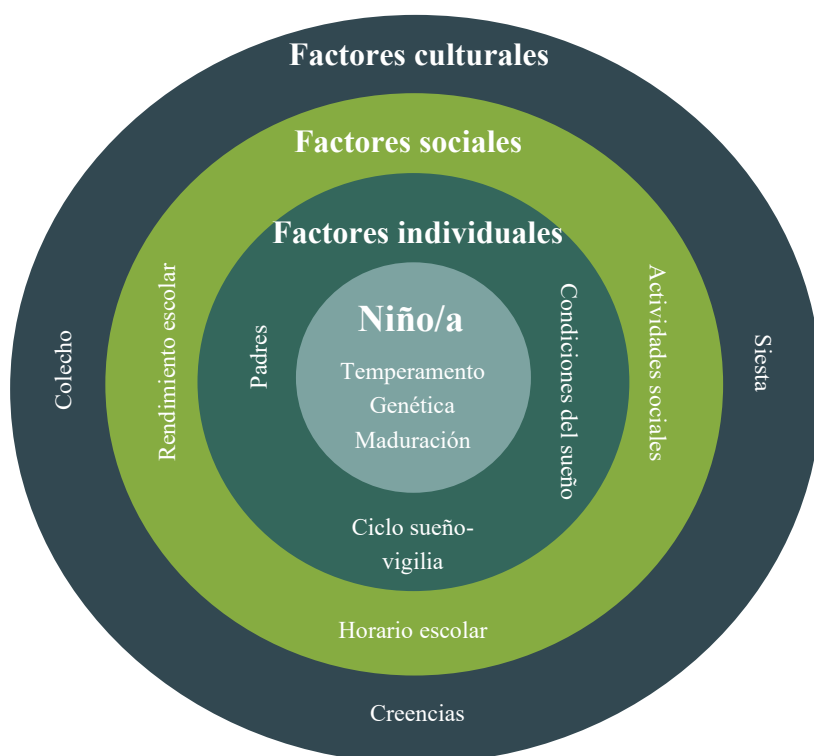
Hasta la fecha, más allá de la “*International Classification of Sleep Disorders (ICSD)*” (117), existen importantes dominios relativos al sueño infantil, como el cronotipo, la somnolencia diurna, la cantidad o duración y la calidad del sueño, que pueden representar parámetros más fáciles de medir y claves para identificar problemas del sueño (114). En este sentido, la prevalencia de sueño de mala calidad en la infancia oscila entre el 11% y el 47% mientras que, cerca de uno de cada dos niños/as reporta una cantidad diaria insuficiente del mismo (118,119).

La regulación del sueño depende de la distribución y transición, durante el día y la noche, de los estados de sueño y vigilia (120), así como de la maduración cerebral, sujeta tanto a la edad como a otros factores biológicos, e influenciada por factores ambientales, de comportamiento, culturales y sociales (114,121). Todos estos factores, además, pueden clasificarse como factores exógenos, tales como la luz o los hábitos sociales y; como factores endógenos, destacando entre ellos la temperatura corporal o los diferentes cambios en las secreciones hormonales (*figura 15*) (122-124).

En los últimos años, la investigación en población pediátrica con desarrollo típico ha mostrado una relación entre los indicadores del sueño inadecuados y una amplia variedad de resultados adversos en salud, tales como la composición corporal, la regulación emocional, el desarrollo físico y cognitivo, el rendimiento académico, la calidad de vida, el riesgo cardiometabólico y las DPS (125,126). En concreto, cinco estudios transversales con tamaños muestrales muy limitados (entre $n = 45$ y $n = 231$) han explorado la relación entre el sueño y las DPS en niños/as con un desarrollo típico, mostrando en sus resultados una relación entre una mayor presencia de DPS y una

menor duración y peores hábitos de sueño en niños/as de 0 a 3 años y de 7 a 12 años (127-131).

Figura 15. Representación gráfica de una de las clasificaciones de los factores influyentes en el sueño infantil.



Fuente: Adaptada de “El-Sheikh M, Sadeh A. I. Sleep and development: introduction to the monograph. Monogr Soc Res Child Dev. 2015;80(1):1-14”.

En este sentido y en base a los escasos e inconsistentes resultados existentes, son necesarios estudios con diseños epidemiológicos de alta calidad y tamaños muestrales mayores que exploren y aporten evidencia científica sólida sobre la posible asociación entre el sueño y las DPS, y que aborden la franja de edad de 3 a 7 años que, hasta la fecha, ninguna investigación ha incluido.

2. JUSTIFICACIÓN

Las DPS en la infancia han recibido una atención creciente en las últimas décadas dado el impacto negativo que representan en el desarrollo de los/as niños/as a nivel físico, cognitivo y afectivo, entre otros. Hasta el momento, la evidencia científica ha aunado sus esfuerzos en investigar la repercusión de las DPS en población infantil con alteraciones del neurodesarrollo, dada su elevada prevalencia en este colectivo (entre el 80-100%). Sin embargo, son pocas y aisladas las investigaciones con niños/as con desarrollo típico. En este sentido, en España, solo existe un estudio con 56 niños/as normotípicos — es decir, con desarrollo típico — que estima la prevalencia de DPS en 14.3%.

A la vista de lo anterior, surge la importancia de desarrollar esta tesis doctoral que pretende aportar datos sobre la prevalencia de este problema de salud poco conocido y explorar qué factores modificables pueden estar asociados al mismo en población infantil con desarrollo típico. De manera concreta, en este trabajo nos centramos en la alimentación, el estado nutricional y el sueño en la infancia — como potenciales factores modificables asociados a las DPS —. Puesto que éstos son estilos de vida que pueden condicionar la salud futura de estos/as niños/as, representan problemáticas frecuentes abordadas a nivel clínico. Asimismo, estos factores, dado su efecto negativo en salud infantil y en la dinámica familiar, se establecen como las principales preocupaciones de los/as padres/madres durante las etapas tempranas del desarrollo de los/as niños/as.

Por todo ello, consideramos justificada la realización de esta tesis doctoral, que permitirá obtener datos sobre la prevalencia de las DPS en población española de 3 a 7 años con desarrollo típico y aportará información sobre su asociación con factores como la adherencia a la DM, el índice de masa corporal y la cantidad y calidad del sueño.

3. HIPÓTESIS

Las hipótesis planteadas a continuación se encuentran estrechamente vinculadas a los objetivos formulados en el siguiente punto en niños/as de 3 a 7 años con desarrollo típico:

- a) La prevalencia de DPS se encontrará en torno al 14%, tal y como mostraba una investigación previa (*publicaciones II, III, IV*).
- b) Una menor adherencia a la DM se asociará con una mayor prevalencia de DPS (*publicación II*).
- c) Un mayor índice de masa corporal o un exceso de peso se asociará con una mayor prevalencia de DPS (*publicación III*).
- d) Las dificultades del sueño en la infancia, tanto en términos de duración como de calidad, se asociarán con una mayor prevalencia de DPS (*publicación IV*).

4. OBJETIVOS

En relación con las hipótesis planteadas, en la presente tesis doctoral se propone un objetivo de estudio general acompañado de cuatro objetivos específicos. Estos últimos configuran el eje central de las investigaciones desarrolladas en tres de los cuatros artículos científicos que componen los resultados de este trabajo.

Por una parte, esta tesis doctoral aborda un objetivo general que pretende:

- Describir la prevalencia de DPS y explorar la asociación entre los estilos de vida (adherencia a la DM, el estado nutricional y el sueño) y las DPS, tanto a nivel global como en sus diferentes dominios, en niños/as de 3 a 7 años.

Por otra parte, los objetivos específicos planteados y abordados en la segunda, tercera y cuarta publicación científica, respectivamente, son los siguientes:

- a) Describir la prevalencia de DPS, tanto a nivel global como de cada uno de los dominios del PS, en niños/as de 3 a 7 años del estudio InProS (*publicaciones II, III, IV*).
- b) Explorar la asociación entre la adherencia a la DM — y sus componentes — y las DPS, tanto a nivel global como en cada uno de sus dominios, en niños/as de 3 a 7 años del estudio InProS (*publicación II*).
- c) Analizar la asociación entre el estado nutricional infantil a través del IMC, de forma continua y según el sobrepeso y la obesidad, y las DPS, tanto a nivel global como en cada uno de sus dominios, en niños/as de 3 a 7 años del estudio InProS (*publicación III*).
- d) Evaluar la asociación entre el sueño (duración y calidad) y las DPS, tanto a nivel global como en cada uno de sus dominios, en niños/as de 3 a 7 años del estudio InProS (*publicación IV*).

5. METODOLOGÍA

5.1. Diseño y población de estudio

El proyecto InProS (Infancia y Procesamiento Sensorial) (<https://inteo.edu.umh.es/inpros/>) es un estudio transversal de base poblacional desarrollado en la provincia de Alicante (población > 1.830.000 habitantes), al sureste de la geografía española. Este estudio fue diseñado con el fin de describir la prevalencia de las DPS y explorar factores — parentales y del/la niño/a — asociados a las mismas en población de 3 a 7 años.

El tamaño muestral se calculó utilizando los siguientes supuestos: una prevalencia del 18%, un nivel de significancia del 5%, una potencia del 80% y una prueba bilateral. El tamaño muestral óptimo para el desarrollo del estudio fue de 485 participantes. No obstante, para compensar la falta de poder estadístico debido a la probable falta de respuesta, se asumió una tasa de falta de respuesta del 15%, de acuerdo con la siguiente fórmula: $485 \times 100 \div 85$. En base a ello, era necesaria una muestra final de 570 niños/as para cumplir con los requisitos de tamaño muestral del estudio. Teniendo en cuenta que el porcentaje de participación en estudios epidemiológicos de base poblacional suele estar en torno al 30% del número total de participantes invitados, fue necesario contar al menos con 1700 participantes elegibles para alcanzar el tamaño muestral necesario. Todos los procedimientos llevados a cabo para la estimación del tamaño de la muestra se realizaron utilizando el software R, versión 3.6.1 (R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Viena, Austria; <https://www.r-project.org/>).

5.2. Procedimiento de estudio

El reclutamiento del proyecto se realizó entre febrero y mayo de 2016 a través de una muestra aleatoria de colegios públicos, concertados y privados de educación infantil y primaria (CEIP) de la provincia de Alicante. Para la selección de los centros participantes se utilizó el listado de instituciones educativas registradas en la Conselleria de Educación, Cultura y Deporte de la Generalitat Valenciana (<http://www.ceice.gva.es/>). De manera concreta, fue necesario seleccionar del listado mencionado — con un muestreo aleatorio simple — a 25 colegios, utilizando el comando *sample* del paquete R.

De los 25 centros seleccionados inicialmente, 21 colegios fueron invitados a participar en el proyecto. Los cuatro centros restantes no fueron incluidos en el proyecto en ese momento, pero, se les proporcionó información sobre la posibilidad de participar

si alguno de los 21 centros seleccionados rechazaba la invitación. Este reemplazo fue necesario en una ocasión (*tabla 2*).

Tabla 2. Listado de centros participantes en el proyecto InProS y, número y porcentaje de participantes por centro (n = 645).

Nombre del centro	n (%)
CEIP Ausiàs March	10 (1.6)
CEIP Plà Barraques	52 (8.1)
CEIP El Fabraquer	56 (8.7)
CEIP Lo Romero	72 (11.2)
CEIP San Fernando	44 (6.8)
Colegio San Juan y San Pablo	49 (7.6)
CEIP San Blas	48 (7.4)
CEIP Teixereta	38 (5.9)
CEIP Jesús Navarro Jover	13 (2.0)
CEIP Jorge Juan	46 (7.1)
CEIP Monte Benacantil	11 (1.7)
CEIP San Nicolás de Bari	24 (3.7)
CEIP La Serranica	5 (0.8)
CEIP Trinitario Seva	39 (6.0)
CEIP Nuestra Señora de la Paz	11 (1.7)
CEIP Rafael Altamira	16 (2.5)
Centro Privado San José de Carolinas	20 (3.1)
Escuela Europa de Alicante	3 (0.5)
CEIP Joaquín Sorolla	31 (4.8)
CEIP Manjón - Cervantes	13 (2.0)
CEIP Prácticas La Aneja	44 (6.8)

CEIP: colegio de Educación Infantil y Primaria

A continuación, se desglosan las tres fases de reclutamiento (*figura 16*):

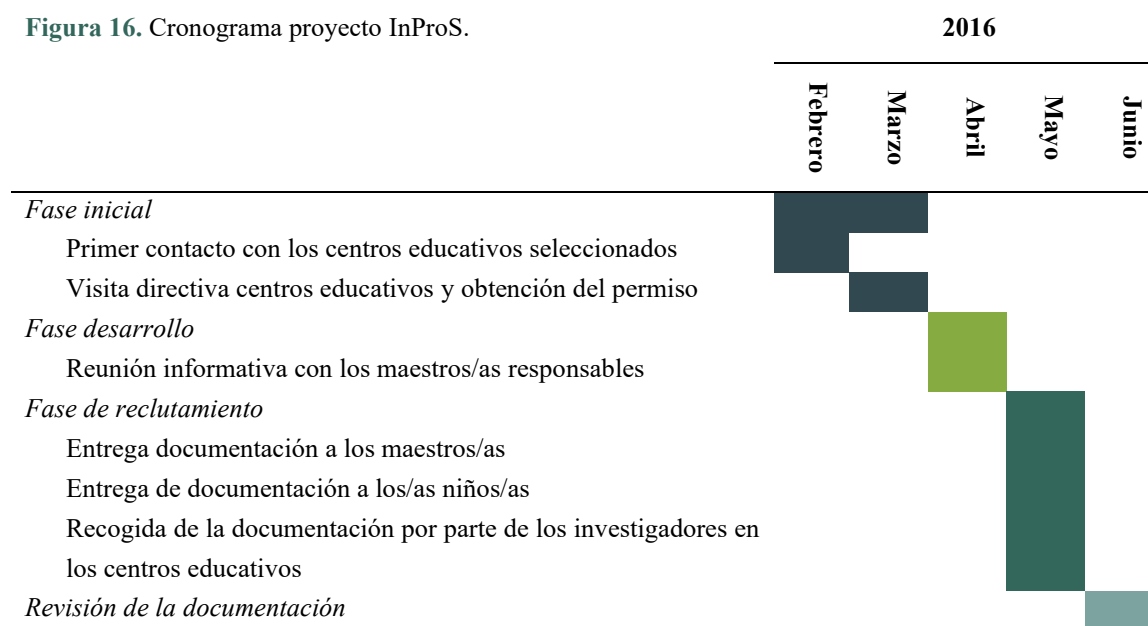
Fase inicial. Entre febrero y marzo de 2016 tuvo lugar el primer contacto con los centros educativos seleccionados a través del envío de un correo electrónico en el que se les invitaba a participar en el proyecto InProS. Cuando no se recibió respuesta en un plazo de una semana, se contactó telefónicamente. Tras ello se concertó una primera visita con la directiva de los colegios en la que se expuso el estudio de manera extendida.

Fase desarrollo. A lo largo del mes de abril de 2016, y habiendo obtenido el permiso de los/as directores/as de los CEIP para iniciar el reclutamiento, se mantuvo una reunión informativa con los maestros/as que tutorizaban los cursos académicos involucrados en el proyecto según las edades de los niños/as en el Sistema Educativo Español (1º, 2º y 3º de Educación Infantil; así como 1º y 2º de Educación Primaria).

Fase de reclutamiento. Una vez que se contó con el apoyo de los maestros/as, la invitación a los progenitores de los potenciales participantes se realizó de manera formal a través de una carta con información y un dossier que incluía: una hoja de información sobre el proyecto InProS, el consentimiento informado, el cuestionario general con la información a recabar y las instrucciones para la cumplimentación de este último. A principios de mayo de 2016, toda esta documentación se entregó a los maestros/as responsables en sobres preparados para cada niño/a que, por consiguiente, entregarían a sus padres/madres. En el caso de que las familias decidieran participar en el proyecto InProS, se les solicitó que, tras la lectura de la hoja de información, las instrucciones y la firma del consentimiento informado, procedieran a la cumplimentación del cuestionario general. En un plazo máximo de dos semanas, los/as niños/as participantes en el estudio devolvieron el sobre cerrado — con el consentimiento informado por escrito firmado y el cuestionario general cumplimentado en su interior — a su maestro/a. Tras ello, las propias investigadoras del proyecto InProS recogieron personalmente todos los sobres cerrados en los diferentes CEIP.

La documentación de todos/as los/as participantes fue examinada con detalle y codificada durante el mes de junio de 2016. Los consentimientos informados fueron archivados por separado del resto de información recogida.

Figura 16. Cronograma proyecto InProS.



De los 1700 participantes inicialmente elegibles, 645 niños/as devolvieron el sobre preparado. De éstos, 25 niños/as fueron excluidos/as por reportar el sobre vacío ($n = 4$), con el cuestionario en blanco ($n = 12$) o por no reportar el consentimiento informado correctamente cumplimentado y firmado ($n = 9$). En base a ello, el proyecto

contó con una muestra final de 620 niños/as que reportaron la información completa, dando lugar a una tasa de respuesta del 37%.

El tamaño muestral de cada publicación estuvo supeditado a la disponibilidad de información completa para las variables principales de cada trabajo (*tabla 3*).

5.3. Aspectos éticos

El proyecto InProS fue aprobado por el Órgano de Investigación Responsable de la Universidad Miguel Hernández (código de protocolo DPC.ASP.02.16 aprobado el 20 de diciembre de 2016).

Todos los centros educativos participantes fueron informados oralmente y por escrito sobre el proyecto. Los/as niños/as y sus progenitores recibieron información general sobre el proyecto por escrito y dieron su consentimiento informado, en el caso de participar. Los participantes que no aportaron el consentimiento informado correctamente cumplimentado y firmado fueron excluidos del proyecto y, su información fue destruida. Asimismo, los participantes del proyecto InProS no recibieron ningún tipo de incentivo por su participación, la cual fue voluntaria en todo momento.

Esta investigación se realizó de acuerdo con los principios éticos promulgados por la declaración de Helsinki de 1964, así como de la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal (<https://www.boe.es/buscar/pdf/1999/BOE-A-1999-23750-consolidado.pdf>) vigente en España al momento de desarrollo de este estudio. De hecho, la confidencialidad de la información recogida se ha garantizado durante todo el proceso de investigación (recopilación de datos, análisis de éstos y/o difusión de los resultados, entre otros). La información a analizar fue disociada, desde el primer momento, de los datos personales de los/as niños/as y sus progenitores, por lo que a cada participante se le asignó un código identificador (del 1 al 620). Toda la información permanece debidamente custodiada por la IP del proyecto.

5.4. Variables de estudio

La información de los progenitores y los/as niños/as participantes en el proyecto InProS fue reportada por los/as padres/madres. Además, para facilitar el proceso de recogida de información, todas las herramientas empleadas (cuestionarios *ad hoc* y escalas estandarizadas) fueron unificadas en un único documento: el cuestionario general de evaluación (*anexo 1*).

Este cuestionario incluía diferentes apartados de recogida de información: “*Datos sociodemográficos*” del padre y de la madre; “*Estilos de vida*” del padre y de la

madre (actividad física y hábito tabáquico); “Escala de estrés parental” del padre y de la madre; “Historia reproductiva” de la madre; “Datos del niño/a” (actividad física, datos sobre problemas de salud y datos sobre problemas de alimentación); “Índice de Calidad de la Dieta Mediterránea (KIDMED)” del/a niño/a; “Versión reducida del Cuestionario Pediátrico del Sueño (PSQ)” del/a niño/a; “Cuestionario sobre el perfil de hábitos de defecación” del/a niño/a y, “Cuestionario sobre el perfil sensorial (SSP)” del/a niño/a.

En la *tabla 3* se muestra de forma esquemática la información de las variables respuesta y exposición de cada una de las publicaciones, con excepción de la publicación I, dado que se trata del protocolo del estudio.

Tabla 3. Información específica de cada una de las publicaciones que responden a los objetivos de estudio de esta tesis doctoral y forman parte del proyecto InProS.

Publicación	Tamaño muestral n (%) ^a	Variable respuesta	Variable/s exposición
II	583 (94.0)		Adherencia a la DM medida por KIDMED en continuo y tres categorías (baja/media/alta).
III	445 (71.8)	DPS medido por el SSP en dos categorías SSP \geq 155 (PS típico) y SSP < 155 (DPS).	Estado nutricional medido a través del IMC del/a niño/a en tres categorías (peso normal/sobrepeso/obesidad). ▶ Cantidad de horas de sueño en dos categorías (<10 y \geq 10 horas/día). ▶ Calidad del sueño de los/as niños/as medido a través del PSQ en dos categorías (mala/buena).
IV	579 (93.4)		

DM: dieta mediterránea; DPS: dificultades del procesamiento sensorial; SSP: Short Sensory Profile; PS: procesamiento sensorial; IMC: índice de masa corporal; PSQ: Pediatric Sleep Questionnaire. ^a Tamaño muestral de cada publicación y porcentaje con respecto a la muestral total (n = 620).

5.4.1. Procesamiento sensorial del/de la niño/a

En este estudio, el PS de los/as niños/as participantes fue medido como reactividad sensorial mediante del SSP; un cuestionario que permite, a través de información reportada por los/as padres/madres, atribuir puntuaciones ante las diferentes respuestas de sus hijos/as a determinados estímulos sensoriales. El SSP, que constituye la versión abreviada del *Sensory Profile* (SP) (125 ítems) elaborado por Dunn en 1999 (64), se diseñó con el fin de ser utilizado en investigación y cribado a través de la selección de los 38 ítems más discriminantes que componen el SP.

En el proyecto InProS se utilizó la versión del SSP validada y adaptada transculturalmente a la población española (132,133). Los 38 ítems que la componen se

dividen en siete subescalas: sensibilidad táctil (7 ítems); sensibilidad gustativa/olfatoria (4 ítems); sensibilidad al movimiento (3 ítems); poca sensibilidad/búsqueda de sensaciones (7 ítems); filtrado auditivo (6 ítems); baja energía/débil (6 ítems) y sensibilidad visual/auditiva (5 ítems). Al cumplimentar este cuestionario, los/as padres/madres atribuyeron a cada uno de los ítems del SSP una puntuación mediante una escala Likert de 5 puntos que varía de 1 a 5 — donde “1” significa “siempre” y, “5” significa “nunca” — (*tabla 4*).

Tabla 4. Puntuaciones atribuidas a las respuestas de los ítems del SSP.

1	2	3	4	5
<i>Siempre</i>	<i>Frecuentemente</i>	<i>A veces</i>	<i>Casi nunca</i>	<i>Nunca</i>

La puntuación total del SSP o de las subescalas se obtuvo sumando las puntuaciones de todos los ítems o de los ítems que integran cada subescala, respectivamente. Esto permitió clasificar a los/as niños/as — tanto para el total como para las subescalas — en tres grupos o categorías de PS de la siguiente manera: PS con funcionamiento típico, PS con diferencia probable y PS con diferencia definitiva según los puntos de corte propuestos por Dunn (*tabla 5*) (64). En la categoría de *PS con funcionamiento típico* se incluían los/as niños/as que obtuvieron puntuaciones en el SSP (tanto para el total como para las subescalas) dentro de 1 desviación estándar (DE) de la media en relación con niños/as de la misma edad; estos datos se corresponden al 84% de la muestra de investigación de Dunn (n = 1037). En el grupo de *PS con diferencia probable* se incluían los/as niños/as que obtuvieron puntuaciones en el SSP (tanto para el total como para las subescalas) entre 1 y 2 DE por debajo de la media en relación con niños/as de la misma edad; correspondiéndose estos datos con el 14% de la muestra de investigación de Dunn. Por último, en la categoría de *PS con diferencia definitiva* se incluían los/as niños/as que obtuvieron puntuaciones en el SSP (tanto para el total como para las subescalas) de 2 DE o más por debajo de la media en relación con niños/as de la misma edad; los cuáles se corresponden con el 2% de la muestra de investigación de Dunn (*figura 17*) (139).

Figura 17. Distribución categorías del *Short Sensory Profile* según desviación típica.

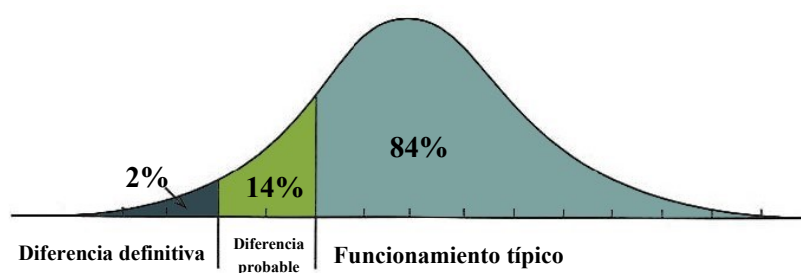


Tabla 5. Puntos de corte del *Short Sensory Profile* propuestos por Dunn basándose en 1037 niños/as con desarrollo típico.

Subescala del SSP	Rango de puntuación	Categorías del PS		
		Funcionamiento típico	Diferencia probable	Diferencia definitiva
Sensibilidad táctil	7 - 35	35 - 30	29 - 27	26 - 7
Sensibilidad gustativa/olfatoria	4 - 20	20 - 15	14 - 12	11 - 4
Sensibilidad al movimiento	3 - 15	15 - 13	12 - 11	10 - 3
Poca sensibilidad/búsqueda de sensaciones	7 - 35	35 - 27	26 - 24	23 - 7
Filtrado auditivo	6 - 30	30 - 23	22 - 20	19 - 6
Baja energía/débil	6 - 30	30 - 26	25 - 24	23 - 6
Sensibilidad visual/auditiva	5 - 25	25 - 19	18 - 16	15 - 5
Puntuación total del SSP	38 - 190	190 - 155	154 - 142	141 - 38

SSP: *Short Sensory Profile*; PS: *procesamiento sensorial*

A pesar de que el SSP recoge la reactividad sensorial, con el fin de utilizar una terminología acorde con la evidencia científica actual sobre el tema, en este trabajo de tesis se definieron como niños/as con DPS a aquellos/as niños/as clasificados según el SSP en las categorías de “PS diferencia definitiva” y “PS con diferencia probable”. De esta forma, la reactividad sensorial total se exploró a través de una variable dicotómica según la puntuación total de los/as niños/as en el SSP: PS con funcionamiento típico ($SSP \geq 155$) y DPS ($SSP < 155$). Asimismo, los participantes con DPS se definieron de la misma manera (según las puntuaciones correspondientes) para cada subescala del SSP: sensibilidad táctil < 30 puntos; sensibilidad al gustativa/olfatoria < 15 puntos; sensibilidad al movimiento < 13 puntos; poca sensibilidad/búsqueda de sensaciones < 27 puntos; filtrado auditivo < 23 puntos; baja energía/débil < 26 puntos; y, sensibilidad visual/auditiva < 19 puntos.

Para determinar la consistencia interna del SSP en nuestra muestra, calculamos el *alfa de Cronbrach* para el total obteniendo un valor de alfa entre 0.72 y 0.76 en todas las subescalas. En base a ello, y dado que los coeficientes de *alfa* fueron ≥ 0.70 , podemos concluir que el SSP tuvo una buena consistencia interna en la muestra de estudio del proyecto InProS.

5.4.2. Adherencia a la dieta mediterránea del/de la niño/a

La adherencia a la DM se evaluó mediante el *Mediterranean Diet Quality Index* (KIDMED), un cuestionario de 16 ítems desarrollado para evaluar los hábitos y patrones alimentarios en niños/as y jóvenes de 2 a 24 años (134). Según los progenitores reconocieron o no cada ítem dentro de los hábitos o patrones dietéticos de su hijo/a, respondieron con “verdadero” o “falso” al mismo. Posteriormente, y para la obtención

de la puntuación total del KIDMED, se asignaron valores de -1 o de +1 a cada ítem según la connotación que denotaban con respecto a la DM. De manera concreta, 4/16 ítems denotaban una relación negativa con respecto a la DM, por lo que se les asignó un valor de -1. Los ítems restantes (12/16) recibieron un valor de +1 dado que mostraban una connotación positiva ante la DM (*tabla 6*). La puntuación total del índice, cuyo valor oscila 0 a 12 puntos, se obtuvo sumando los valores atribuidos a todos los ítems.

Tabla 6. Puntuaciones atribuidas a cada ítem del *Mediterranean Diet Quality Index* cuando la respuesta es afirmativa.

1. Toma una fruta o zumo de fruta todos los días.	+1
2. Toma una segunda fruta todos los días.	+1
3. Toma verduras frescas, crudas, en ensalada o cocinadas regularmente una vez al día.	+1
4. Toma verduras frescas, crudas, en ensalada o cocinadas más de una vez al día.	+1
5. Toma pescado con regularidad, por lo menos 2 o 3 veces a la semana.	+1
6. Acude una vez o más a la semana a un centro de “fast food” tipo hamburguesería.	-1
7. Le gustan las legumbres y las toma más de una vez a la semana.	+1
8. Toma pasta o arroz casi a diario (5 días o más a la semana).	+1
9. Desayuna cereales o derivados como el pan, etc.	+1
10. Toma frutos secos con regularidad, por lo menos 2-3 veces a la semana.	+1
11. Consume aceite de oliva en casa.	+1
12. No desayuna.	-1
13. Desayuna un lácteo, como leche, yogur, etc.	+1
14. Desayuna bollería industrial.	-1
15. Toma 2 yogures y/o 40 gramos de queso cada día.	+1
16. Toma varias veces al día dulces y golosinas.	-1

Fuente: Adaptada de “KIDMED test; prevalence of low adherence to the Mediterranean Diet in children and young; a systematic review. *Nutr Hosp.* 2015; 32:2390-2399”.

Para evaluar la adherencia a la DM de los/as niños/as, se les clasificó en tertiles dando lugar a tres categorías: baja adherencia a la DM (0-7 puntos; primer tercil), adherencia media a la DM (8 puntos; segundo tercil) y, alta adherencia a la DM (9-12 puntos; tercer tercil). Los puntos de corte propuestos por *Serra et al.* (134) no fueron utilizados en este trabajo debido a que la frecuencia absoluta de la categoría superior incluía muy pocos individuos.

5.4.3. Índice de masa corporal del/de la niño/a

El cálculo de IMC de los/as niños/as participantes en el proyecto InProS se realizó dividiendo el peso en kilogramos (kg) entre el cuadrado de su talla en metros (m):

$$IMC = \frac{\text{peso (kg)}}{\text{altura}^2 \text{ (m)}}$$

Los datos sobre el peso corporal y la talla de los/as niños/as fueron reportados por los progenitores, mediante las preguntas: 1) “¿Cuánto mide aproximadamente? (en centímetros)” y, 2) “¿Cuánto pesa aproximadamente? (en kg)”.

Para clasificar los/as niños/as en peso normal, sobrepeso y obesidad, se calcularon los valores z del IMC estandarizados por edad y sexo. De acuerdo con los puntos de corte específicos propuestos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para niños/as de < 5 años (135) y, entre 5 y 19 años (136,137) se clasificó a los participantes en tres categorías de IMC: peso normal, sobrepeso (valor z de IMC > 1 DE) y obesidad (valor z de IMC > 2 DE).

5.4.4. Duración del sueño del/de la niño/a

Las horas de sueño diarias de los/as niños/as fueron recogidas mediante dos preguntas: 1) “¿Cuántas horas al día suele dormir durante la semana? (en horas/día)” y, 2) “¿Cuántas horas al día suele dormir durante el fin de semana? (en horas/día)”. Teniendo en cuenta los siete días de la semana, la respuesta obtenida en la pregunta 1) de cada participante se multiplicó por cinco, mientras que la respuesta de la pregunta 2) se multiplicó por dos. El resultado final de ambas operaciones se sumó y dividió entre siete para cada participante. Esto permitió obtener las horas diarias de media que cada niño/a dormía.

Posteriormente, y para la realización de los análisis de esta tesis doctoral, se creó una variable dicotómica de horas de sueño diarias que nos permitió clasificar a los participantes en dos categorías: < 10 y \geq 10 horas/día de sueño; teniendo en cuenta las recomendaciones de cantidad de sueño diario para población pediátrica de la *American Academy of Sleep Medicine* (138).

5.4.5. Calidad del sueño de los/as niños/as

La calidad del sueño se evaluó mediante la versión reducida, adaptada a población española y validada, del *Pediatric Sleep Questionnaire* (PSQ) (139,140). Esta versión del cuestionario consta de 22 ítems divididos en tres apartados que recogen información reportada por los progenitores sobre conductas concretas del/a niño/a relacionadas con el sueño: 1) conducta durante la noche y mientras se duerme (9 ítems); 2) conducta durante el día y otros problemas posibles (7 ítems); y 3) destinadas a identificar conductas propias del TDAH (6 ítems). El formato de respuesta para los dos primeros apartados contempla tres opciones: “sí”, “no” o “no sabe”; mientras que las respuestas al tercer apartado se proporcionan a través de 4 niveles de aplicabilidad: “nunca”, “algunas veces”, “muchas veces” y “casi siempre” (141).

El cálculo de la puntuación total del PSQ, que oscila entre 0 y 1, se obtuvo a través de la suma de la puntuación de cada uno de los apartados. En el primer y segundo apartado, a aquellos ítems que fueron respondidos con “sí” o “no” se les atribuyó 1 o 0 puntos, respectivamente. En estos mismos apartados, los ítems respondidos con “no sabe” recibieron también 0 puntos. Por otro lado, en el tercer apartado se atribuyeron 0 puntos a las preguntas respondidas con “nunca” o “algunas veces”, mientras que aquellas respondidas con “muchas veces” o “casi siempre” recibieron 1 punto. Una puntuación mayor en el PSQ refleja una peor calidad del sueño infantil, considerándose a los/as niños/as con una mala calidad del sueño cuando presentaban una puntuación en el PSQ ≥ 0.33 , según el punto de corte propuesto por Ronald *et al.* en el año 2000 (140).

5.4.6. Covariables de estudio

Asimismo, se recogió información sobre un gran número de covariables basándonos en otros estudios poblacionales previos (142-147), tales como variables sociodemográficas, de salud y de estilos de vida; tanto parentales como de los/as niños/as participantes. Estas covariables fueron estudiadas como potenciales factores de confusión (*tabla 7*).

Tabla 7. Resumen de covariables, consideradas en esta tesis doctoral, del total de las recogidas en el proyecto InProS.

Variables	Participantes			Herramienta de recogida de información
	Padre	Madre	Niño/a	
Sociodemográficas				
Sexo			×	Cuestionario <i>ad hoc</i>
Edad	×	×	×	Cuestionario <i>ad hoc</i>
País de nacimiento	×	×		Cuestionario <i>ad hoc</i>
Nivel educativo	×	×		Cuestionario <i>ad hoc</i>
Estado civil	×	×		Cuestionario <i>ad hoc</i>
Situación laboral	×	×		Cuestionario <i>ad hoc</i>
Estilos de vida				
Sueño (h/día)	×	×	×	Cuestionario <i>ad hoc</i>
Visionado de TV (h/día)	×	×	×	Cuestionario <i>ad hoc</i>
Actividad física	×	×	×	Cuestionario <i>ad hoc</i>
Salud/ Antropométricas				
Talla (m)	×	×	×	Cuestionario <i>ad hoc</i>
Peso (kg)	×	×	×	Cuestionario <i>ad hoc</i>
Diagnósticos asociados			×	Cuestionario <i>ad hoc</i>
Semanas de gestación	×			Cuestionario <i>ad hoc</i>
Peso al nacimiento (g)			×	Cuestionario <i>ad hoc</i>

TV: televisión; h: horas; g: gramos; m: metros

En general, se incluyeron covariables de los progenitores tales como la edad (en años), el país de nacimiento (España; otro país), el nivel educativo (primaria o menos; secundaria; estudios universitarios), la situación laboral (activa; no activa), la talla y el peso (variable continua; para el cálculo del IMC), las horas de visionado de televisión entre semana y en fin de semana (en horas al día) y, las horas de sueño entre semana y en fin de semana (en horas al día). Asimismo, se incluyó información de los niños/as participantes como el sexo (femenino; masculino), la edad (en años), las horas de visionado de televisión entre semana y en fin de semana (en horas al día), la actividad física informada por los/as padres/madres (sedentario/a; poco activo/a; moderadamente activo/a; bastante activo/a; muy activo/a; no sabe/ no contesta), la presencia de problemas de salud (sí; no), las semanas de gestación al nacimiento (variable continua) y el peso al nacimiento (variable continua).

5.5. Análisis estadístico

Los análisis estadísticos se realizaron con el software R versión 3.5.1 (R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria; <https://www.r-project.org/>). Las pruebas estadísticas aplicadas fueron bilaterales y la significación se estableció en 0.05.

En cada una de las publicaciones en las que se han llevado a cabo análisis estadísticos (II, III y IV) se ha descrito la prevalencia de DPS y se han comparado las características sociodemográficas, de salud y de estilo de vida de los progenitores y los/as niños/as de acuerdo con las DPS de estos/as últimos/as.

En todas las variables cuantitativas se comprobó la normalidad de su distribución usando la prueba de *Kolmogorov-Sminrov* con la corrección de *Lilliefors*. Para describir las variables cualitativas se utilizó frecuencia absoluta (n) y porcentaje (%) y para las variables cuantitativas la mediana y rango intercuartílico (RI), puesto que no seguían una distribución normal. Para comparar las características sociodemográficas, de salud y de estilo de vida de los/as padres/madres y los/as niños/as — de acuerdo con las DPS — se utilizó la prueba de U Mann–Whitney para las variables cuantitativas, mientras que para las variables cualitativas se usaron las pruebas de exacto de Fisher (variables dicotómicas) o Chi-Cuadrado χ^2 (variables politémicas).

Para evaluar las asociaciones entre las diferentes variables de exposición y la prevalencia de DPS en las publicaciones II, III y IV se utilizaron modelos múltiples de regresión de Poisson con varianza robusta basada en la estimación del sándwich de Huber (148,149). A través de ellos se estimaron razones de prevalencia (RP) y sus respectivos intervalos de confianza (IC) al 95%. Se utilizó regresión de Poisson con varianza robusta en lugar de la regresión log-binomial debido a la no convergencia de esta última (150). Todos los modelos utilizados fueron ajustados por aquellas variables

que en los análisis bivariantes mostraron un valor de $p < 0.20$ y que produjeron cambios $> 10\%$ en la asociación tras su inclusión en el modelo.

Adicionalmente se realizaron análisis de sensibilidad para evaluar la robustez de los hallazgos en las tres publicaciones mencionadas (II, III y IV). En general se incluyeron modelos ajustados por variables paternas como el IMC, el nivel educativo o el país de origen, que no fueron incorporadas en los modelos principales debido al elevado número de observaciones ausentes que presentaban estas variables, así como con el fin de preservar la potencia estadística. De la misma manera, y para examinar la influencia del sexo y la edad de los/as niños/as en los resultados obtenidos, se realizaron análisis estratificados por sexo (masculino, femenino) y grupo de edad del niño/a (3-4 años, 5 años, 6-7 años). Asimismo, se incluyeron análisis excluyendo a los/as niños/as nacidos/as pretérmino (< 37 semanas de gestación), con bajo peso al nacimiento (< 2500 gramos), con mala calidad del sueño ($PSQ \geq 0.33$), con una duración del sueño < 10 horas/día, con un consumo de televisión > 2 horas/día, con una baja adherencia a la DM (KIDMED: 0-8 puntos) y, a los/as niños/as con alguna enfermedad o condición médica reportada en el cuestionario general. En cuanto a las DPS, se realizaron modelos estratificados por aquellos/as niños/as clasificados/as con un “PS con diferencia probable” y con un “PS con diferencia definitiva” para la puntuación total del SSP.

Por último, en las publicaciones II y III se evaluó el posible efecto dosis-respuesta a través de pruebas lineales. En la publicación II, en lugar de analizar la variable adherencia a la DM para la puntuación del índice KIDMED en tres categorías (baja, media y alta; codificadas del 1-3) se analizó como variable continua. Por otro lado, en la publicación III, se realizó el mismo procedimiento con la variable IMC de los niños/as; en lugar de evaluarla como variable cualitativa (baja, media y alta; codificadas del 1-3), se analizó como variable continua.

6. RESULTADOS

6.1. Publicación I

Fernández-Pires, P.; Valera-Gran, D.; Sánchez-Pérez, A.; Hurtado-Pomares, M.; Peral-Gómez, P.; Espinosa-Sempere, C.; Juárez-Leal, I.; Navarrete-Muñoz, E.-M. The Infancia y Procesamiento Sensorial (InProS—Childhood and Sensory Processing) Project: Study Protocol for a Cross-Sectional Analysis of Parental and Children's Sociodemographic and Lifestyle Features and Children's Sensory Processing. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(4):1447.

6.1.1. Resumen

Las DPS pueden tener consecuencias potencialmente perjudiciales para el desarrollo físico, social e intelectual de los/as niños/as. Estas alteraciones pueden afectar a la regulación emocional, desempeño motor, comportamiento social y al funcionamiento de la vida diaria, entre otros factores. Dado que estos síntomas son más frecuentes entre los/as niños/as con condiciones clínicas concretas (TEA, prematuridad, etc.), la mayoría de las investigaciones se han llevado a cabo en estas poblaciones. Sin embargo, estudios recientes han sugerido que las dificultades sensoriales pueden estar presentes en alrededor del 20% de los/as niños/as con desarrollo típico. Hasta la fecha, las investigaciones epidemiológicas sobre las DPS en niños/as con desarrollo típico son muy escasas y, por tanto, se desconoce si las DPS son factores importantes que afectan al desarrollo del/de la niño/a. Por ello, este estudio se plantea con un doble propósito a nivel general: 1) describir la prevalencia de DPS de los/as niños/as en edad escolar; 2) explorar los factores sociodemográficos y de estilos de vida, tanto de los progenitores como del/a niño/a, asociados a las DPS. El proyecto Infancia y Procesamiento Sensorial (*InProS, Childhood and Sensory Processing* en inglés) es un estudio transversal de base poblacional desarrollado en niños/as de 3 a 7 años de Alicante. Toda la información fue reportada por los progenitores a través de cuestionarios *ad hoc* y varias pruebas estandarizadas. Proponemos un manuscrito con toda la información detallada a nivel metodológico para contribuir a la ciencia reproducible. Creemos que este proyecto permitirá la generación de futuras hipótesis, que a su vez posibilitará llenar el vacío de conocimiento existente en la investigación epidemiológica sobre PS en la infancia.

6.2. Publicación II

Navarrete-Muñoz EM, Fernández-Pires P, Navarro-Amat S, Hurtado-Pomares M, Peral-Gómez P, Juárez-Leal I, Espinosa-Sempere C, Sánchez-Pérez A, Valera-Gran D. Association between Adherence to the Antioxidant-Rich Mediterranean Diet and Sensory Processing Profile in School-Aged Children: The Spanish Cross-Sectional InProS Project. *Nutrients*. 2019;11(5):1007.

6.2.1. Resumen

Se evaluó la asociación entre la adherencia a la DM y el PS en 583 niños/as españoles de 3 a 7 años del proyecto InProS en Alicante (España). El PS del/de la niño/a se midió utilizando el SSP y las DPS se definieron como una puntuación total para cada subescala del SSP <155; sensibilidad táctil <30; sensibilidad gustativa/olfatoria <15; sensibilidad al movimiento <13; poca sensibilidad/búsqueda de sensaciones <27; filtrado auditivo <23; baja energía/débil <26; y sensibilidad visual/auditiva <19 puntos. La adherencia a la DM se recogió mediante el índice KIDMED y se clasificó a los/as niños/as en tertiles: primer tercil (0-7 puntos), adherencia baja; segundo tercil (8 puntos), adherencia media; y tercer tercil (9-12 puntos), adherencia alta. Se utilizaron modelos múltiples de regresión de Poisson con varianza robusta basados en la estimación del sándwich de Huber para obtener RP. Nuestros hallazgos sugieren que una menor prevalencia de DPS en las subescalas de sensibilidad táctil y de sensibilidad gustativa/olfatoria según el SSP se asoció con una adherencia media (RP = 0.50, IC95%: 0.25-0.99; RP = 0.57; IC95%: 0.33- 0.99, respectivamente) y alta a la DM (RP = 0.58, IC95%: 0.34-0.99; RP = 0.33, IC95%: 0.19-0.60, respectivamente). Una menor prevalencia de DPS en la subescala del SSP de baja energía/débil se asoció con una adherencia media a la DM (RP = 0.37; IC95%: 0.16-0.83). Un aumento de dos puntos en la adherencia a la DM mostró un efecto preventivo frente a las DPS, aunque solo fue estadísticamente significativo en las subescalas de sensibilidad gustativa/olfatoria (RP = 0.71; IC95%: 0.59-0.85) y en la de baja energía/débil (RP = 0.80; IC95%: 0.64-0.99). Hasta donde sabemos, éste es el primer estudio que muestra un efecto protector de la adherencia a la DM contra la prevalencia de DPS en niños/as en edad escolar. Se requiere investigación adicional mediante estudios longitudinales para confirmar estos hallazgos.

6.2.2. Resultados

Demografía y estilo de vida de las características maternas, paternas e infantiles y prevalencia de dificultades del procesamiento sensorial

En nuestro estudio, la prevalencia de DPS en niños/as de 3 a 7 años fue del 29.8% (puntuación total SSP <155); 11.5% (sensibilidad táctil <30); 15.3% (sensibilidad gustativa/olfatoria <15); 22.8% (sensibilidad al movimiento <13); 49.1% (poca sensibilidad/búsqueda de sensaciones <27); 44.4% (filtrado auditivo <23); 12.3% (baja energía/débil <26); y 26.1% (sensibilidad visual/auditiva <19). Las características de los participantes incluidos en el estudio se describen en la *tabla 8*.

Tabla 8. Demografía y estilos de vida de la madre, el padre y los/as niños/as según el procesamiento sensorial (típico o dificultades del procesamiento sensorial) de los niños/as de 3 a 7 años de edad del proyecto InProS, Alicante, España (n = 583).

	Total	Procesamiento sensorial ³		p-Valor ⁴
		Típico: n; %	DPS: n; %	
		409; 70.2	174; 29.8	
Características maternas				
Edad (años), mediana (RI)	38 (35 - 41)	38 (35 - 41)	37 (33 - 41)	0.169×10^{-2}
País de nacimiento (España), %	84.7	89.2	74.1	0.349×10^{-5}
Educación (estudios universitarios), %	40.8	43.8	33.9	0.054
Empleo (sí), %	69.3	73.8	59.2	0.563×10^{-3}
Características paternas¹				
Edad (años), mediana (RI)	40 (37 - 43)	40 (37 - 43)	40 (36 - 43)	0.149
País de nacimiento (España), %	83.3	87.6	73.0	0.936×10^{-4}
Educación (estudios universitarios), %	33.1	36.8	24.2	0.017
Empleo (sí), %	89.5	89.8	88.8	0.743
Características de los niños/as				
Edad (años), mediana (RI)	5 (4 - 6)	5 (4 - 6)	5 (4 - 6)	0.342
Sexo (femenino), %	49.4	54.0	38.5	0.785×10^{-3}
Índice de masa corporal ² , mediana (RI)	16.0 (14.5 - 17.4)	15.7 (14.3 - 17.4)	16.0 (15.0 - 17.4)	0.096
Sueño (h/día), mediana (RI)	10.0 (9.3 - 10.3)	10.0 (9.4 - 10.3)	10.0 (9.3 - 10.4)	0.401
Calidad del sueño (pobre), %	10.3	4.4	24.1	0.115×10^{-11}
Visionado de TV (h/día), mediana (RI)	2.0 (1.3 - 2.6)	1.9 (1.3 - 2.3)	2.2 (1.6 - 3.0)	0.291×10^{-4}
Actividad física (activo/muy activo), %	61.4	58.7	67.8	0.041

RI: rango intercuartílico; TV: televisión; DPS: dificultades del procesamiento sensorial. ¹ La información paterna está disponible para 523 padres; ² El índice de masa corporal está disponible para 460 niños/as; ³ El procesamiento sensorial de los/as niños/as se determinó mediante el Short Sensory Profile para clasificar la reactividad sensorial de los/as niños/as como típica (155 puntos) y DPS (<155 puntos); ⁴ Calculado a través de la prueba de Chi-cuadrado o de la prueba de exacto de Fisher (variables categóricas) y U de Mann-Whitney (variables continuas).

Con respecto a las características de los progenitores, la mediana de edad fue de alrededor de 40 años (38 para las madres y 40 para los padres). Más del 80% de los progenitores eran españoles y algo más de un tercio (40.8% de las madres y 33.1% de los padres) tenía estudios universitarios. Casi el 90% de los padres informaron estar empleados, mientras que alrededor del 30% de las madres estaban desempleadas. Sin embargo, la edad y el empleo de la madre, así como el país de origen y el nivel educativo de ambos padres mostraron diferencias estadísticamente

significativas según el PS de sus hijos/as. En comparación con los/as niños/as con un PS típico, los/as niños/as clasificados/as con DPS tenían más probabilidades de tener una madre más joven y desempleada, tener padres de origen extranjero y con estudios no universitarios. En cuanto a las características de los/as niños/as, la mediana de edad fue de 5 años y la distribución de niños (50.6%) y niñas (49.4%) fue similar en proporción. En general, los/as niños/as dormían una media de 10 horas/día, el 10.3% tenía una mala calidad del sueño, pasaban una media de 2 horas/día viendo la televisión y el 61.4% eran físicamente activos o muy activos, según la percepción de sus progenitores. Asimismo, el sexo, la calidad del sueño, el visionado de televisión y la actividad física mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de PS. Los/as niños/as con DPS tenían más probabilidades de ser varones, tener una mala calidad del sueño, pasar más tiempo viendo la televisión y estar físicamente activos o muy activos, en comparación con los/as niños/as que presentaban un PS con funcionamiento típico.

Asociación entre la adherencia a la dieta mediterránea y la prevalencia de dificultades del procesamiento sensorial

La mediana de la adherencia a la DM fue de 8 puntos, 276 (47.3%), 117 (20.1%) y 190 (32.6%) de los/as niños/as se clasificaron con una baja, media y alta adherencia a la DM, respectivamente. En la *tabla 9* se presentan los resultados de la asociación de la adherencia a la DM y la prevalencia de DPS tras ajustar por posibles factores de confusión. En general, los/as niños/as que tenían una baja adherencia a la DM presentaron mayor prevalencia de DPS. En comparación con los/as niños/as que tenían baja adherencia a la DM, observamos que los/as niños/as que tenían una adherencia media o alta a la DM presentaban una RP inferior estadísticamente significativa de DPS a nivel de sensibilidad táctil (RP = 0.50; IC95%: 0.25-0.99; RP = 0.58; IC95%: 0.34-0.99, respectivamente), aunque la asociación no mostró un efecto de tendencia lineal (*p-trend* = 0.122). También se observó un efecto preventivo de una adherencia media o alta a la DM comparado con los/as niños/as que tuvieron una adherencia baja para las DPS (RP adherencia media = 0.57; IC95%: 0.33-0.99 y RP adherencia alta = 0.33; IC95%: 0.19-0.60). Esta asociación mostró una fuerte relación dosis-respuesta (*p-trend* = 0.372×10^{-3}). Entre las subescalas restantes del SSP, solo los/as niños/as que tenían una adherencia media a la DM tenían menos probabilidades de presentar DPS en la subescala de baja energía/débil (RP = 0.37; IC95%: 0.16-0.83), en comparación con los que tenían una adherencia baja.

Además, cuando exploramos la asociación por aumento de dos puntos en la puntuación KIDMED, el efecto protector en la prevalencia de DPS fue significativo para las subescalas de sensibilidad gustativa/olfatoria (RP = 0.71; IC95%: 0.59-0.85) y

la de baja energía/débil (RP = 0.80; IC95%: 0.64-0.99). Aunque la asociación no fue estadísticamente significativa, también se observó una clara tendencia positiva entre un incremento en la adherencia a la DM y la puntuación total del SSP (RP = 0.90; IC95%: 0.80-1.02) y la sensibilidad táctil (RP = 0.81; IC95%: 0.64-1.02).

Asociación entre componentes del índice KIDMED y las dificultades del procesamiento sensorial

En la *tabla 10* se muestran los hallazgos de la asociación entre cada componente de la adherencia a la DM, medido por el índice KIDMED, y la prevalencia de DPS en las subescalas del SSP de sensibilidad táctil, sensibilidad gustativa/olfatoria y baja energía/débil. Las estimaciones mostraron que los/as niños/as con DPS a nivel de sensibilidad táctil tenían menos probabilidades de comer verduras regularmente una vez al día (RP = 1.61; IC95%: 1.03-2.53), comer cereales o semillas en el desayuno (RP = 1.98; IC95%: 1.29-3.05) y usar aceite de oliva en casa (RP = 2.00; IC95%: 1.02-3.93). Además, aunque no se alcanzó una asociación estadísticamente significativa, también se observó una tendencia negativa en estos/as niños/as con respecto a comer más de una pieza de fruta al día (RP = 1.54; IC95%: 0.98-2.44). Los/as niños/as clasificados/as con DPS a nivel de sensibilidad gustativa/olfatoria se identificaron como aquellos/as que principalmente no tomaban una pieza de fruta o zumo de frutas todos los días (RP = 2.53; IC95%: 1.69-3.80), no consumían verduras frescas o cocidas regularmente una vez al día (RP = 1.60; IC95%: 1.08-2.36), no consumían pescado con regularidad — al menos 2-3 veces por semana — (RP = 1.68; IC95%: 1.14-2.48), no les gustaban las legumbres ni las ingerían más de una vez a la semana (RP = 1.87; IC95%: 1.28-2.73), no usaban aceite de oliva en casa (RP = 2.21; IC95%: 1.31-3.73), aunque sí consumían frutos secos con regularidad — al menos 2-3 veces por semana — (RP = 0.64; IC95%: 0.44-0.93), en comparación con los/as niños/as con un PS típico. Además, los/as niños/as clasificados/as con DPS en la subescala de baja energía/débil tenían menos probabilidades de consumir verduras frescas o cocidas regularmente una vez al día (RP = 1.64; IC95%: 1.09-2.46) y de usar aceite de oliva en casa (RP = 1.97; IC95%: 1.06-3.63), en comparación con sus análogos con PS típico.

Tabla 9. Asociación entre la adherencia a la dieta mediterránea y la prevalencia de dificultades del procesamiento sensorial utilizando puntuaciones totales y de las subescalas del *Short Sensory Profile* en niños/as de 3 a 7 años del proyecto InProS, Alicante, España (n = 583).

	Adherencia a la DM (KIDMED)										
	Baja (0-7 puntos)		Media (8 puntos)		Alta (9-12 puntos)		<i>p-Trend</i> ¹	Incremento de dos puntos			
	n Casos	n Casos	RP ² (IC 95%)	<i>p</i>	n Casos	RP ² (IC 95%)		<i>p</i>	n Casos	RP ² (IC 95%)	<i>p</i>
Puntuación total del SSP (DPS < 155 puntos)	100	27	0.77 (0.54; 1.12)	0.175	47	0.83 (0.62; 1.10)	0.187	0.236	174	0.90 (0.80; 1.02)	0.097
Sensibilidad táctil (DPS < 30 puntos)	44	8	0.50 (0.25; 0.99)	0.049	15	0.58 (0.34; 0.99)	0.049	0.122	67	0.81 (0.64; 1.02)	0.079
Sensibilidad gustativa/olfatoria (DPS < 15 puntos)	64	13	0.57 (0.33; 0.99)	0.048	12	0.33 (0.19; 0.60)	0.257×10 ⁻³	0.372×10 ⁻³	89	0.71 (0.59; 0.85)	0.201×10 ⁻³
Sensibilidad al movimiento (DPS < 13 puntos)	73	22	0.77 (0.51; 1.17)	0.225	38	0.84 (0.60; 1.18)	0.323	0.359	133	0.91 (0.78; 1.06)	0.221
Búsqueda de sensaciones (DPS < 27 puntos)	148	56	1.03 (0.83; 1.27)	0.822	82	0.90 (0.75; 1.09)	0.291	0.520	286	0.99 (0.92; 1.08)	0.894
Filtrado auditivo (DPS < 23 puntos)	131	56	1.11 (0.89; 1.39)	0.357	72	0.88 (0.71; 1.09)	0.254	0.476	259	1.02 (0.93; 1.11)	0.723
Baja energía/débil (DPS < 26 puntos)	47	6	0.37 (0.16; 0.83)	0.015	19	0.79 (0.48; 1.29)	0.344	0.282	72	0.80 (0.64; 0.99)	0.049
Sensibilidad visual/auditiva (DPS < 19 puntos)	75	25	0.88 (0.59; 1.30)	0.513	52	1.16 (0.86; 1.56)	0.330	0.358	152	0.96 (0.83; 1.11)	0.578

¹ Para calcular el *p-Trend* se asignaron los valores 0, 1 y 2 a las categorías de baja, media y alta de la adherencia a la DM para incluir la variable en el modelo como un término continuo. ² RP: Razón de prevalencia ajustada para los/as niños/as: sexo (femenino; masculino), edad (en años), calidad del sueño (buena; mala) y tiempo de visionado de televisión (en horas/día), y por características de la madre: edad (en años), nivel educativo (primaria o menos; secundaria; estudios universitarios), país de nacimiento (España; otro país). IC: intervalo de confianza; SSP: *Short Sensory Profile*; DM: dieta mediterránea; DPS: dificultades del procesamiento sensorial; KIDMED: *Mediterranean Diet Quality Index*.

Tabla 10. Asociación entre los componentes del *Mediterranean Diet Quality Index* y las dificultades del procesamiento sensorial en las subescalas de sensibilidad táctil, sensibilidad gustativa/olfatoria y de baja energía/débil en niños/as de 3 a 7 años del proyecto InProS, Alicante, España (n = 583).

Cumplimiento vs. Incumplimiento	DPS					
	Sensibilidad táctil		Sensibilidad gustativa/olfatoria		Baja energía/débil	
	(< 30 puntos)		(< 15 puntos)		(< 26 puntos)	
	RP ¹ (IC 95%)	p	RP ¹ (IC 95%)	p	RP ¹ (IC 95%)	p
Toma una fruta o zumo de fruta todos los días	1.66 (0.94; 2.94)	0.081	2.53 (1.69; 3.80)	0.712 × 10 ⁻⁵	0.55 (0.25; 1.21)	0.134
Toma una segunda fruta todos los días	1.54 (0.98; 2.44)	0.062	1.42 (0.94; 2.15)	0.018	0.87 (0.57; 1.33)	0.515
Toma verduras frescas, crudas, en ensalada o cocinadas regularmente una vez al día	1.61 (1.03; 2.53)	0.038	1.60 (1.08; 2.36)	0.072	1.64 (1.09; 2.46)	0.018
Toma verduras frescas, crudas, en ensalada o cocinadas más de una vez al día	1.17 (0.72; 1.89)	0.526	1.49 (0.96; 2.31)	0.009	1.17 (0.74; 1.83)	0.502
Toma pescado con regularidad, por lo menos 2 o 3 veces a la semana	0.94 (0.56; 1.60)	0.829	1.68 (1.14; 2.48)	0.869	1.19 (0.77; 1.85)	0.430
Acude una vez o más a la semana a un centro de “fast food” tipo hamburguesería ²	0.72 (0.40; 1.28)	0.259	0.95 (0.54; 1.69)	0.001	0.71 (0.41; 1.23)	0.224
Le gustan las legumbres y las toma más de una vez a la semana	1.05 (0.63; 1.74)	0.853	1.87 (1.28; 2.73)	0.868	1.17 (0.75; 1.84)	0.488
Toma pasta o arroz casi a diario (5 días o más a la semana)	0.91 (0.57; 1.44)	0.682	1.03 (0.70; 1.53)	0.110	1.20 (0.77; 1.85)	0.421
Desayuna cereales o derivados como el pan, etc.	1.98 (1.29; 3.05)	0.002	1.37 (0.93; 2.02)	0.020	1.19 (0.74; 1.90)	0.470
Toma frutos secos con regularidad, por lo menos 2-3 veces a la semana	0.95 (0.60; 1.51)	0.830	0.64 (0.44; 0.93)	0.003	1.13 (0.74; 1.74)	0.565
Consume aceite de oliva en casa	2.00 (1.02; 3.93)	0.043	2.21 (1.31; 3.73)	0.285	1.97 (1.06; 3.63)	0.031
No desayuna ²	0.69 (0.30; 1.60)	0.391	0.69 (0.35; 1.37)	0.117	0.92 (0.39; 2.18)	0.844
Desayuna un lácteo, como leche, yogur, etc.	0.70 (0.27; 1.85)	0.478	0.40 (0.13; 1.26)	0.449	0.49 (0.19; 1.28)	0.144
Desayuna bollería industrial ²	1.73 (0.86; 3.49)	0.125	1.24 (0.71; 2.17)	0.687	0.59 (0.34; 1.02)	0.058
Toma 2 yogures y/o 40 gramos de queso cada día	0.81 (0.51; 1.31)	0.390	1.08 (0.73; 1.61)	0.430	1.38 (0.90; 2.11)	0.139
Toma varias veces al día dulces y golosinas ²	1.15 (0.65; 2.06)	0.628	0.82 (0.50; 1.34)	0.712 × 10 ⁻⁵	1.01 (0.63; 1.64)	0.954

IC: intervalo de confianza; KIDMED: *Mediterranean Diet Quality Index*. ¹RP: las razones de prevalencia se ajustaron por las características del niño: sexo (mujer; hombre), edad (en años), calidad del sueño (buena, mala) y tiempo de visionado de televisión (en horas/día); y para las características de la madre: edad (en años), nivel educativo (primaria o menos; secundaria; estudios universitarios), país de nacimiento (España; otro país).² La categoría “Incumplimiento” fue utilizada de referencia para estos componentes del índice KIDMED debido a que estos ítems se puntuaron negativamente con respecto a la adherencia a la dieta mediterránea.

Análisis de sensibilidad

Se llevaron a cabo varios análisis de sensibilidad para evaluar la solidez de los resultados (*tabla 11*). Las estimaciones de la sensibilidad táctil no cambiaron notablemente, excepto cuando exploramos el efecto solo en niñas (RP = 0.51; IC95%: 0.32-0.80) y, en menor medida, cuando los/as niños/as con mala calidad del sueño se excluyeron del análisis (RP = 0.74; IC95%: 0.58-0.94). La asociación observada entre un aumento de dos puntos en la adherencia a la DM y una menor RP en las DPS para la sensibilidad gustativa/olfatoria siguió siendo significativa y similar en todos los análisis de sensibilidad, excepto cuando solo se incluyeron niños/as de 5 años (RP = 0.84; IC95%: 0.62-1.14) y de 6 a 7 años (RP = 0.78; IC95%: 0.55-1.11); y cuando se excluyó a los/as menores que tenían mala calidad del sueño (RP = 0.98; IC95%: 0.66-1.46), así como cuando solo incluimos aquellos/as niños/as que fueron clasificados con un PS con diferencia definitiva (RP = 0.87; IC95%: 0.70-1.09). Por el contrario, observamos que la magnitud del efecto positivo fue mayor y estadísticamente significativa cuando se incluyeron solo niños/as de 3 a 4 años (RP = 0.54, IC95%: 0.40-0.73) y aquellos/as identificados con un PS con diferencia probable (RP = 0.48; IC95%: 0.37-0.61). Los análisis para la subescala de baja energía/débil no indicaron ningún cambio sustancial en general, aunque sus estimaciones no alcanzaron significación estadística. Sin embargo, observamos una atenuación notable del efecto principal, pero no significativa, al incluir solo a los/as niños/as de 3 a 4 años (RP = 1.02; IC95%: 0.69-1.50), así como a los/as niños/as que se clasificaron con un PS con diferencia definitiva (RP = 1.04; IC95%: 0.74-1.46). Por el contrario, la asociación observada se reforzó positivamente al incluir solo a niños/as de 6 a 7 años (RP = 0.63; IC95%: 0.46-0.86) y aquellos/as identificados/as con un PS con diferencia probable (RP = 0.63; IC95%: 0.47-0.83).

Tabla 11. Análisis de sensibilidad de las razones de prevalencia ajustadas múltiples para la asociación entre el aumento de dos puntos de la adherencia a la dieta mediterránea y las dificultades del procesamiento sensorial en las subescalas del *Short Sensory Profile* de sensibilidad táctil, la sensibilidad gustativa/olfatoria y baja energía/débil en niños/as de 3-7 años del proyecto InProS, Alicante, España.

	DPS									
	n	Sensibilidad táctil			Sensibilidad gustativa/olfatoria			Baja energía/débil		
		< 30 puntos)			< 15 puntos)			< 26 puntos)		
		n	RP ¹ (IC 95%)	p	n	RP ¹ (IC 95%)	p	n	RP ¹ (IC 95%)	p
Modelo completo	583	67	0.81 (0.64 - 1.02)	0.079	89	0.71 (0.59 - 0.85)	0.201 × 10 ⁻³	72	0.80 (0.64 - 0.99)	0.049
Incluyendo solo niños	295	43	1.07 (0.81 - 1.41)	0.620	48	0.71 (0.56 - 0.90)	0.004	35	0.85 (0.66 - 1.09)	0.209
Incluyendo solo niñas	288	24	0.51 (0.32 - 0.80)	0.003	41	0.74 (0.55 - 1.00)	0.048	37	0.75 (0.53 - 1.06)	0.103
Incluidos solo niños/as de 3 a 4 años	182	27	0.73 (0.48 - 1.11)	0.142	32	0.54 (0.40 - 0.73)	0.734 × 10 ⁻⁴	24	1.02 (0.69 - 1.50)	0.936
Incluidos solo niños/as de 5 años	196	22	0.81 (0.59 - 1.11)	0.183	29	0.84 (0.62 - 1.14)	0.267	21	0.84 (0.54 - 1.29)	0.428
Incluidos solo niños/as de 6 a 7 años	205	18	0.78 (0.46 - 1.33)	0.366	28	0.78 (0.55 - 1.11)	0.164	27	0.63 (0.46 - 0.86)	0.004
Excluyendo participantes con mala calidad del sueño	461	55	0.74 (0.58 - 0.94)	0.014	69	0.68 (0.56 - 0.82)	0.838 × 10 ⁻⁴	55	0.78 (0.62 - 0.99)	0.042
Excluyendo a los niños/as prematuros	505	53	0.83 (0.64 - 1.09)	0.185	75	0.77 (0.63 - 0.93)	0.006	56	0.83 (0.64 - 1.08)	0.169
Excluyendo a los niños/as con bajo peso al nacimiento	537	59	0.80 (0.62 - 1.02)	0.067	77	0.71 (0.59 - 0.86)	0.483 × 10 ⁻³	62	0.84 (0.66 - 1.06)	0.132
Excluyendo a los niños/as con algunas patologías	523	62	0.78 (0.61 - 0.99)	0.049	76	0.72 (0.58 - 0.88)	0.002	66	0.83 (0.67 - 1.03)	0.097
Ajustando para el índice de masa corporal de los niños/as	460	53	0.83 (0.65 - 1.06)	0.143	67	0.72 (0.60 - 0.87)	0.554 × 10 ⁻³	58	0.83 (0.66 - 1.05)	0.118
Ajustando según la edad y el país de nacimiento del padre	523	57	0.87 (0.68 - 1.12)	0.274	81	0.70 (0.58 - 0.85)	0.394 × 10 ⁻³	64	0.79 (0.61 - 1.02)	0.073
Incluyendo solo el procesamiento sensorial con diferencia probable	531	34	0.83 (0.60 - 1.15)	0.261	52	0.48 (0.37 - 0.61)	0.619 × 10 ⁻⁸	28	0.63 (0.47 - 0.83)	0.001
Incluyendo solo el procesamiento sensorial con diferencia definitiva	546	33	0.79 (0.58 - 1.08)	0.145	37	0.87 (0.70 - 1.09)	0.236	44	1.04 (0.74 - 1.46)	0.809

IC: intervalo de confianza; DPS: dificultades del procesamiento sensorial. ¹RP: Las razones de prevalencia se ajustaron según las características del niño/a: sexo (mujer; hombre), edad (en años), calidad del sueño (buena; mala) y tiempo de visionado de televisión (en horas/día); y por las características de la madre: edad (en años), nivel educativo (primaria o menos; secundaria; estudios universitarios), país de nacimiento (España; otro país).

6.3. Publicación III

Navarrete-Muñoz EM, Fernández-Pires P, Mubarak-García C, Espinosa-Sempere C, Peral-Gómez P, Juárez-Leal I, Sánchez-Pérez A, Pérez-Vázquez MT, Hurtado-Pomares M, Valera-Gran D. Association between Body Mass Index and Sensory Processing in Childhood: InProS Study. *Nutrients*. 2020;12(12):3684.

6.3.1. Resumen

Evaluamos la asociación entre el IMC y las DPS en 445 niños/as españoles de 3 a 7 años del proyecto InProS. El PS del niño/a se midió utilizando el SSP y las DPS se definieron como una puntuación total de SSP <155 y puntuaciones de sensibilidad táctil <30; sensibilidad gustativa/olfatoria <15; sensibilidad al movimiento <13; poca sensibilidad/ búsqueda de sensaciones <27; filtrado auditivo <23; baja energía/débil <26; y sensibilidad visual/auditiva <19. El IMC se calculó de acuerdo con los puntos de corte de la OMS para niños/as de 0 a 5 años y de 5 a 19 años. En los análisis se utilizaron modelos de regresión múltiple de Poisson con varianza robusta para obtener RP. No se observaron asociaciones entre el sobrepeso y la obesidad de los/as niños/as y la prevalencia DPS. Sin embargo, un aumento de un punto en el IMC se asoció significativamente con una mayor prevalencia de DPS a nivel de sensibilidad táctil (RP = 1.07; IC95%: 1.02-1.12). También se observó una asociación estadísticamente marginal para DPS en la puntuación total del SSP (RP = 1.03; IC95%: 1.00-1.07) y la sensibilidad al movimiento (RP = 1.05; IC95%: 1.00-1.10). Hasta donde sabemos, esta es la primera vez que se informa sobre la asociación entre el IMC de los/as niños/as y las DPS. Nuestros hallazgos sugieren que las DPS podrían formar parte del complejo contexto de la obesidad infantil. Se requieren investigaciones adicionales para confirmar estos hallazgos.

6.3.2. Resultados

Características generales de los participantes del estudio y prevalencia de dificultades del procesamiento sensorial

En el presente estudio se analizaron datos de 445 niños/as participantes del proyecto InProS. La prevalencia de DPS en niños/as en edad preescolar y escolar de la muestra analizada fue de 29.4% (puntuación total SSP <155); 11.6% (sensibilidad táctil <30); 14.6% (sensibilidad gustativa/olfatoria <15); 21.1% (sensibilidad al movimiento <13); 47.4% (poca sensibilidad/búsqueda de sensaciones <27); 41.3% (filtrado auditivo <23); 12.8% (baja energía/débil <26); y 27.2% (sensibilidad visual/auditiva <19). Según los puntos de corte de IMC para la edad recomendados por la OMS, el 68.3% de los/as niños/as tenían un peso normal, el 18.4% presentaban sobrepeso y el 13.2% se

clasificaron como obesos/as. En la *tabla 12* se muestran las características sociodemográficas y de estilo de vida de los participantes según el IMC de los/as niños/as. No se observaron diferencias significativas al comparar las características de los progenitores o de los/as niños/as según éstos/as fueran clasificados como niños/as con normopeso, sobrepeso y obesidad; con excepción de las variables de país de origen de ambos progenitores, el IMC de la madre y el sueño del/a niño/a. En general, los/as niños/as con obesidad tenían una menor proporción de padres españoles, y sus madres presentaban una mediana de IMC más alta y dormían <10 h/día en un porcentaje mayor que las madres de los/as niños/as con peso normal y/o sobrepeso.

Tabla 12. Características demográficas y de estilo de vida según las categorías del índice de masa corporal infantil de los participantes del proyecto InProS (n = 445).

	Total	IMC ^a			p ^c
		Normopeso (n = 304)	Sobrepeso (n = 82)	Obesidad (n = 59)	
Características maternas					
Edad (años), mediana (RI)	38 (35 - 41)	38 (35 - 42)	38 (35 - 41)	37 (35 - 40)	0.369
País de nacimiento (España), %	85.6	88.2	82.9	76.3	0.044
Educación (estudios universitarios), %	44.5	46.1	46.3	33.9	0.269
Empleo (sí), %	70.6	73.0	65.9	64.4	0.241
IMC, mediana (RI)	22.8 (20.7 - 25.4)	22.5 (20.4 - 25.0)	22.7 (21.0 - 25.7)	24.5 (21.6 - 26.5)	0.010
Características paternas ^b					
Edad (años), mediana (RI)	39.0 (37.0 - 43.0)	39.0 (37.0 - 43.0)	40.0 (37.5 - 43.0)	40.0 (37.5 - 42.0)	0.584
País de nacimiento (España), %	84.3	86.4	85.1	72.5	0.050
Educación (estudios universitarios), %	35.5	35.8	37.3	31.4	0.429
Empleo (sí), %	90.3	91.7	88.1	86.3	0.382
IMC, mediana (RI)	25.6 (23.8 - 27.7)	25.6 (23.5 - 27.5)	25.3 (24.3 - 27.7)	25.9 (24.3 - 29.2)	0.346
Características de los/as niños/as					
Edad (años), mediana (RI)	5 (4 - 6)	5 (4 - 6)	5 (4 - 6)	6 (5 - 6)	0.581
Sexo (femenino), %	47.6	49.3	48.8	37.3	0.231
Adherencia a la DM, mediana (RI)	8 (6 - 9)	8 (7 - 9)	7 (6 - 9)	7 (6 - 9)	0.473
Sueño (<10h/día), %	27.0	25.0	24.4	40.7	0.013
Calidad del sueño (mala), %	9.4	9.5	7.3	11.9	0.656
TV (h/día), mediana (RI)	2.0 (1.3 - 2.6)	2.0 (1.3 - 2.6)	1.9 (1.3 - 2.3)	2.3 (1.4 - 2.6)	0.210
Actividad física (activo/muy activo), %	59.9	58.9	57.3	67.8	0.389

RI: rango intercuartílico; IMC: índice de masa corporal; DM: dieta Mediterránea; TV: televisión; KIDMED: *Mediterranean Diet Quality Index*. ^a Las categorías del índice de masa corporal se obtuvieron utilizando los puntos de corte propuestos por la Organización Mundial de la Salud, ajustados por edad y sexo; ^b Las categorías de información paterna está disponible para 383 padres; ^c p-valor de la prueba de Chi-cuadrado (variables categóricas) y Kruskal-Wallis (variables continuas).

Asociación entre el índice de masa corporal del/de la niño/a y la prevalencia de dificultades del procesamiento sensorial

En la *tabla 13* se muestran los resultados de la asociación entre el IMC de los/as niños/as, explorado como una variable categórica y continua, y la prevalencia de DPS de los/as mismos/as. En general, no se encontraron asociaciones estadísticamente significativas entre las categorías de IMC y las DPS. Sin embargo, a pesar de la falta de significación estadística, se observó un efecto negativo susceptible de tener una mayor prevalencia de DPS en las subescalas del SSP de sensibilidad táctil y al movimiento en

niños/as con sobrepeso y obesidad. Al evaluar las asociaciones con un aumento de un punto en el IMC, el efecto negativo de tener DPS fue evidente en casi todas las subescalas del SSP, aunque solo fue estadísticamente significativo para las DPS a nivel de sensibilidad táctil (RP = 1.07; IC95%: 1.02-1.12). Además, observamos una asociación marginal estadísticamente con las DPS para la puntuación total del SSP (RP = 1.03, IC95%: 1.00-1.07) y de la subescala de sensibilidad al movimiento (RP = 1.05; IC95%: 1.00-1.10).

Análisis de sensibilidad

Se exploró un conjunto de características de los progenitores y los/as niños/as, que podrían estar relacionadas con el IMC o el PS de los/as niños/as para determinar hasta qué punto los principales resultados podrían verse afectados por cambios en la magnitud del efecto. En la *tabla 14* se presentan los hallazgos del análisis de sensibilidad realizado para las asociaciones entre el aumento de un punto en el IMC y las DPS en la puntuación total del SSP y las subescalas de sensibilidad táctil y de sensibilidad al movimiento. Con algunas excepciones, en general no se observaron cambios notables en las estimaciones encontradas para las puntuaciones de SSP analizadas. En cuanto a la puntuación total del SSP, la magnitud del efecto aumentó sustancialmente y se hizo estadísticamente significativa cuando se incluyeron solo niños/as de 5 años (RP = 1.10; IC95%: 1.01-1.20), así como cuando se excluyeron a los/as niños/as con baja adherencia a la DM (RP = 1.09; IC95%: 1.01-1.17). Por el contrario, el efecto sobre la prevalencia de DPS a nivel de sensibilidad táctil se redujo considerablemente al excluir a los/as niños/as con una baja adherencia a la DM (RP = 1.01; IC95%: 0.85-1.19). Se observó el mismo efecto reducido sobre la prevalencia de DPS en la subescala de sensibilidad al movimiento cuando solo se consideraron niños/as de 3 a 4 años (RP = 1.01; IC95%: 0.84-1.21), así como cuando se excluyó a los/as niños/as que veían la televisión > 2 horas/día (RP = 1.00; IC95%: 0.91-1.10). Sin embargo, en ambos casos, es decir, en los resultados para la sensibilidad táctil y sensibilidad al movimiento, las asociaciones no alcanzaron una significación estadística.

Tabla 13. Asociación entre el índice de masa corporal (como variable categórica y continua) y la prevalencia de dificultades del procesamiento sensorial utilizando las puntuaciones totales y de cada subescala del *Short Sensory Profile* en niños/as de 3 a 7 años del proyecto InProS (n = 445).

DPS	Adherencia a la DM (KIDMED)										
	Normopeso (n = 304)		Sobrepeso (n = 82)		Obesidad (n = 59)		<i>p-Trend</i> ^a	Incremento de un punto			
	n	n	RP ^b (IC 95%)	<i>p</i>	n	RP ^b (IC 95%)		<i>p</i>	n	RP ^b (IC 95%)	<i>p</i>
Puntuación total del SSP (< 155 puntos)	90	21	0.84 (0.56; 1.27)	0.415	20	1.01 (0.68; 1.48)	0.974	0.815	131	1.03 (1.00; 1.07)	0.072
Sensibilidad táctil (< 30 puntos)	29	13	1.52 (0.82; 2.84)	0.187	10	1.40 (0.70; 2.81)	0.340	0.528	52	1.07 (1.02; 1.12)	0.004
Sensibilidad gustativa/olfatoria (< 15 puntos)	47	9	0.66 (0.34; 1.29)	0.228	9	0.81 (0.43; 1.52)	0.517	0.575	65	1.02 (0.95; 1.09)	0.666
Sensibilidad al movimiento (< 13 puntos)	58	20	1.20 (0.76; 1.88)	0.433	16	1.27 (0.79; 2.04)	0.330	0.276	94	1.05 (1.00; 1.10)	0.073
Búsqueda de sensaciones (< 27 puntos)	141	37	0.96 (0.73; 1.26)	0.775	33	1.12 (0.86; 1.46)	0.398	0.698	211	1.02 (0.99; 1.05)	0.267
Filtrado auditivo (< 23 puntos)	127	30	0.86 (0.63; 1.19)	0.372	27	1.02 (0.75; 1.39)	0.907	0.863	184	1.02 (0.98; 1.05)	0.366
Baja energía/débil (< 26 puntos)	42	6	0.52 (0.22; 1.23)	0.134	9	0.93 (0.50; 1.73)	0.812	0.756	57	1.01 (0.93; 1.09)	0.795
Sensibilidad visual/auditiva (< 19 puntos)	84	22	0.93 (0.62; 1.40)	0.742	15	0.79 (0.51; 1.23)	0.294	0.436	121	0.99 (0.95; 1.04)	0.742

IC: intervalo de confianza; SSP: Short Sensory Profile; DPS: dificultades del procesamiento sensorial; DM: dieta mediterránea; KIDMED: *Mediterranean Diet Quality Index*. ^aPara calcular el *p-Trend*, se asignaron los valores 0, 1 y 2 a las categorías de peso normal, sobrepeso y obesidad del índice de masa corporal para incluir la variable en el modelo como un elemento continuo ^b RP: Razón de prevalencia ajustada por la cantidad de sueño de los/as niños/as (<10; >10 h/día), el país de nacimiento de la madre (España; otro país) y el índice de masa corporal de la madre.

Tabla 14. Análisis de sensibilidad de la asociación entre el índice de masa corporal (en categorías y de forma continua) y la prevalencia de dificultades de procesamiento sensorial según el *Short Sensory Profile* en niños/as de 3 a 7 años del proyecto InProS, Alicante, España (n = 445).

	IMC (incremento de un punto)								
	Puntuación total del SSP (<155 puntos)			Sensibilidad táctil (<30 puntos)			Sensibilidad al movimiento (<13 puntos)		
	Casos/Total	RP (IC 95%)	p	Casos/Total	RP (IC 95%)	p	Casos/Total	RP (IC 95%)	p
Modelo completo ^a	131/445	1.03 (1.00; 1.07)	0.072	52/445	1.07 (1.02; 1.12)	0.004	94/445	1.05 (1.00; 1.10)	0.073
Ajustando por el índice de masa corporal paterno	110/383	1.03 (0.99; 1.07)	0.149	45/383	1.06 (1.01; 1.12)	0.031	80/383	1.06 (1.00; 1.12)	0.035
Incluyendo solo niños	83/233	1.03 (0.99; 1.07)	0.157	33/233	1.06 (1.01; 1.12)	0.017	56/233	1.03 (0.97; 1.10)	0.353
Incluyendo solo niñas	48/212	1.04 (0.97; 1.12)	0.263	19/212	1.06 (0.94; 1.19)	0.345	38/212	1.06 (0.97; 1.17)	0.214
Incluyendo solo niños/as de 3-4 años	48/134	1.02 (0.93; 1.12)	0.663	23/134	1.09 (0.92; 1.28)	0.311	26/134	1.01 (0.84; 1.21)	0.940
Incluyendo solo niños/as de 5 años	42/151	1.10 (1.01; 1.20)	0.030	17/151	1.08 (0.95; 1.24)	0.247	31/151	1.05 (0.95; 1.16)	0.366
Incluyendo solo niños/as de 6-7 años	41/161	1.03 (0.98; 1.08)	0.317	12/161	1.09 (1.03; 1.17)	0.007	37/161	1.05 (0.98; 1.12)	0.202
Excluyendo a los niños/as prematuros	102/356	1.04 (0.99; 1.09)	0.090	44/356	1.06 (0.98; 1.15)	0.168	76/356	1.08 (1.02; 1.14)	0.013
Excluyendo a los niños/as con bajo peso al nacimiento	112/382	1.04 (0.99; 1.09)	0.097	45/382	1.08 (1.00; 1.17)	0.049	84/382	1.06 (1.00; 1.13)	0.038
Excluyendo a los niños/as con algunas patologías	115/407	1.04 (1.00; 1.07)	0.043	48/407	1.08 (1.02; 1.13)	0.005	83/407	1.05 (0.99; 1.11)	0.087
Excluyendo a los niños/as que duermen <10 h/día	91/325	1.03 (0.96; 1.10)	0.432	37/325	1.07 (0.96; 1.18)	0.221	68/325	1.03 (0.96; 1.11)	0.391
Excluyendo a los niños/as que ven TV >2 h/día	63/258	1.03 (0.95; 1.12)	0.517	23/258	1.05 (0.93; 1.18)	0.465	43/258	1.00 (0.91; 1.10)	0.999
Excluyendo a los niños/as con baja adherencia a la DM	56/224	1.09 (1.01; 1.17)	0.020	17/224	1.01 (0.85; 1.19)	0.937	41/224	1.06 (0.97; 1.17)	0.200
Excluyendo con PS atípico con diferencia probable	55/369	1.03 (0.99; 1.07)	0.145	27/420	1.08 (1.02; 1.15)	0.008	46/397	1.08 (1.01; 1.15)	0.024
Excluyendo con PS atípico con diferencia definitiva	76/390	1.04 (0.97; 1.12)	0.299	25/418	1.06 (0.95; 1.17)	0.319	48/399	1.02 (0.94; 1.10)	0.679

RP, razón de prevalencia; IC: intervalo de confianza; SSP, Short Sensory Profile; DM, dieta mediterránea; PS, procesamiento sensorial; TV: televisión; IMC: índice de masa corporal. ^a Modelo ajustado por la cantidad de sueño del/a niño/a (<10; >10 h/día), el país de nacimiento de la madre (España; otro país) y el IMC de la madre.

6.4. Publicación IV

Fernández-Pires P, Valera-Gran D, Hurtado-Pomares M, Espinosa-Sempere C, Sánchez-Pérez A, Juárez-Leal I, Ruiz-Carbonell MP, Peral-Gómez P, Campos-Sánchez I, Pérez-Vázquez MT, Navarrete-Muñoz EM. Sleep Duration and Quality and Sensory Reactivity in School-Aged Children: The Spanish Cross-Sectional InProS Study. *Front Pediatr.* 2021; 9: 646011.

6.4.1. Resumen

Examinamos datos de 579 niños/as en edad escolar del proyecto InProS, un estudio transversal de base poblacional. La duración del sueño de los/as niños/as se clasificó como <10 y ≥ 10 horas de sueño diario y la calidad del sueño se midió mediante el PSQ, definiendo una mala calidad del sueño como una puntuación en el PSQ ≥ 0.33 . El SSP se utilizó para clasificar a los/as niños/as con o sin DPS, utilizando los puntos de corte propuestos por Dunn para la puntuación total de SSP y cada una de sus subescalas. Se estimaron RP utilizando modelos de regresión múltiple de Poisson con varianza robusta para examinar las asociaciones principales. Alrededor de un tercio (32.6%; $n = 189$) de los/as niños/as dormían <10 horas/día y el 10.4% presentó una mala calidad del sueño. La prevalencia de DPS fue de 29.5% para la puntuación total del SSP (<155), de 11.4% para la sensibilidad táctil (<30), de 15.0% para la sensibilidad gustativa/olfatoria (<15), de 22.5% para la sensibilidad al movimiento (<13), de 49.1% para la subescala de poca sensibilidad/búsqueda de sensaciones (<27), de 44.4% para la de filtrado auditivo (<23), de 12.4% para baja energía/débil (<26) y de 25.4% para la sensibilidad visual/auditiva (<19). La duración del sueño no influyó estadísticamente en la prevalencia de DPS, ni para el total ni para las subescalas del SSP. No obstante, los principales hallazgos indicaron que la mala calidad del sueño se asoció significativamente con una mayor prevalencia de DPS para la puntuación total de SSP (RP = 1.27; IC95%: 1.18-1.38), sensibilidad táctil (RP = 1.09, IC95%: 1.00-1.19), sensibilidad gustativa/olfatoria (RP = 1.18, IC95%: 1.08-1.30), poca sensibilidad/búsqueda de sensaciones (RP = 1.28, IC95%: 1.20-1.37), filtrado auditivo (RP = 1.31, IC95%: 1.23-1.39), baja energía/débil (RP = 1.14, IC95%: 1.04-1.25) y sensibilidad visual/auditiva (RP = 1.15, IC95%: 1.05-1.26) después de ajustar por potenciales factores de confusión. Hasta donde sabemos, esta es la primera vez que se explora e informa esta asociación. Se requiere más investigación mediante estudios prospectivos que permitan confirmar estos hallazgos.

6.4.2. Resultados

Características generales de lo/as participantes del estudio y prevalencia de las dificultades del procesamiento sensorial

En la *tabla 15* se muestran las características generales de los/as 579 participantes del estudio InProS, analizados en este trabajo, según el PS de los/as niños/as y de acuerdo con si éstos/as presentaban DPS (SSP < 155) o no (SSP ≥ 155) con respecto a la puntuación total del SSP. En comparación con los/as niños/as que tenían un PS típico, los/as niños/as clasificados/as con DPS tenían madres más jóvenes (edad media de 37 frente a 38 años), un mayor porcentaje de progenitores nacidos/as en un país extranjero (madres = 25.1% frente a 10.3%; padres = 25.2 % frente a 12.0%), una mayor proporción de madres desempleadas (40.4% frente a 26.2%) y de padres con estudios secundarios (39.5% frente a 30.9%). En cuanto a las características de los/as niños/as, los/as niños/as con DPS tenían un estilo de vida más sedentario (veían televisión ≥ 2 horas/día = 64.5% frente a 47.4%) y hábitos alimenticios pobres (es decir, menor mediana de adherencia a la DM = 7 frente a 8 puntos), en comparación con los/as niños/as que presentaban un PS típico.

En cuanto al sueño de los/as niños/as, el 10.4% presentaba una mala calidad del sueño y alrededor de un tercio de la muestra (32.6%; n = 189) dormía < 10 horas/día. La *tabla 16* muestra la comparación de la duración y la calidad del sueño de los/as niños/as de acuerdo con el PS (DPS frente a PS típico), tanto para la puntuación total como para las subescalas del SSP. En general, la duración del sueño no mostró diferencias estadísticamente significativas en los resultados del PS entre los/as niños/as que dormían una mediana de <10 horas/día y aquellos/as que dormían una mediana de ≥10 horas/día. Sin embargo, se observó que los/as niños/as que presentaban mala calidad del sueño tenían una mayor prevalencia de DPS, tanto para la puntuación total como para todas las subescalas del SSP, excepto para la subescala de sensibilidad al movimiento. En particular, aunque todas las proporciones de DPS fueron relativamente altas en los/as niños/as con mala calidad del sueño, la puntuación total del SSP (66.7%), la subescala de poca sensibilidad/búsqueda de sensaciones (86.7%) y el filtrado auditivo (83,3%) fueron, con diferencia, las subescalas de SSP que mostraron las proporciones más altas de prevalencia de DPS.

Asociación entre la duración y calidad del sueño y la prevalencia de dificultades del procesamiento sensorial

La asociación entre la duración y la calidad del sueño de los/as niños/as y la prevalencia de presentar DPS, tanto para la puntuación total como para las subescalas de SSP, se muestra en la *tabla 17*. La duración del sueño no influyó estadísticamente en la DPS ni para el total ni para las subescalas. Por el contrario, con la excepción de los

resultados de las subescalas de sensibilidad táctil y sensibilidad al movimiento, la puntuación total del SSP y el resto de las subescalas se asociaron de manera estadísticamente significativa con una mala calidad del sueño, tanto en los análisis crudos (es decir, en el modelo 1) como en los análisis múltiples (es decir, en el modelo 2).

Tras ajustar por potenciales factores de confusión (modelo 2), los principales hallazgos indicaron que los/as niños/as que tenían una mala calidad del sueño presentaban un 27% (IC95%: 1.18-1.38) más probabilidad, estadísticamente significativa, de tener DPS para la puntuación total del SSP. Asimismo, la mala calidad del sueño de los/as niños/as de nuestro estudio se asoció significativamente con una mayor prevalencia de DPS para la sensibilidad táctil (RP = 1.09, IC95%: 1.00-1.19), sensibilidad gustativa/olfatoria (RP = 1.18, IC95%: 1.08-1.30), poca sensibilidad/búsqueda de sensaciones (RP = 1.28, IC95%: 1.20-1.37), filtrado auditivo (RP = 1.31, IC95%: 1.23-1.39), baja energía/débil (RP = 1.14, IC95%: 1.04-1.25) y sensibilidad visual/auditiva (RP = 1.15, IC95%: 1.05-1.26).

Tabla 15. Características sociodemográficas y de estilo de vida de los padres y sus hijos/as según el procesamiento sensorial de los/as niños/as del proyecto InProS (n = 579).

Variables de estudio	Total n (%)	PS ^a		p ^b
		PS típico n (%)	DPS n (%)	
Variabales de estudio	579 (100)	408 (70.5)	173 (29.5)	
Características maternas				
Edad (años), mediana (RI)	38 (35 – 41)	38 (35 – 41)	37 (33 – 41)	0.002
País de nacimiento, n (%)				< 0.001
España	494 (85.3)	366 (89.7)	128 (74.9)	
Otros	85 (14.7)	42 (10.3)	43 (25.1)	
Nivel educativo, n (%)				0.053
Estudios primarios o menos	135 (23.3)	87 (21.3)	48 (28.1)	
Estudios secundarios	195 (33.7)	133 (32.6)	62 (36.3)	
Estudios universitarios	249 (43.0)	188 (46.1)	61 (35.7)	
Empleo, n (%)				0.001
Sí	403 (69.6)	301 (73.8)	102 (59.6)	
No	176 (30.4)	107 (26.2)	69 (40.4)	
Visionado de TV, n (%); (<i>missing</i> , n = 11)				0.052
<2 horas/día	273 (48.1)	204 (50.7)	69 (41.6)	
≥2 horas/día	295 (51.9)	198 (49.3)	97 (58.4)	
Duración del sueño, mediana (RI); (<i>missing</i> , n = 11)	7.6 (7 – 8)	7.6 (7 – 8)	7.6 (7 – 8)	0.370
Características paternas ^c				
Edad (años), mediana (RI)	40 (37 – 43)	40 (37 – 43)	40 (36 – 43)	0.159
País de nacimiento, n (%)				< 0.001
España	432 (84.2)	322 (88)	110 (74.8)	
Otros	81 (15.8)	44 (12)	37 (25.2)	
Nivel educativo, n (%)				0.006
Estudios primarios o menos	162 (31.6)	109 (29.8)	53 (36.1)	
Estudios secundarios	171 (33.3)	113 (30.9)	58 (39.5)	
Estudios universitarios	180 (35.1)	144 (39.3)	36 (24.5)	
Empleo, n (%)				0.528
Sí	458 (89.3)	329 (89.9)	129 (87.8)	
No	55 (10.7)	37 (10.1)	18 (12.2)	
Visionado de TV, n (%); (<i>missing</i> , n = 28)				0.476
<2 horas/día	208 (42.9)	153 (44.0)	55 (40.1)	
≥2 horas/día	277 (57.1)	195 (56.0)	82 (59.9)	
Duración del sueño, mediana (RI); (<i>missing</i> , n = 28)	7.3 (7 – 8)	7.3 (7 – 8)	7.4 (7 – 8)	0.106
Características de los/as niños/as				
Sexo, n (%)				0.002
Masculino	292 (50.4)	189 (46.3)	103 (60.2)	
Femenino	287 (49.6)	219 (53.7)	68 (39.8)	
Edad (años), mediana (RI)	5 (4 – 6)	5 (4 – 6)	5 (4 – 6)	0.425
Visionado de TV, n (%); (<i>missing</i> , n = 12)				< 0.001
<2 horas/día	270 (47.6)	211 (52.6)	59 (35.5)	
≥2 horas/día	297 (52.4)	190 (47.4)	107 (64.5)	
Adherencia a la DM, mediana (RI); (<i>missing</i> , n = 7)	8 (6 – 9)	8 (7 – 9)	7 (6 – 9)	0.004
IMC, mediana (RI); (<i>missing</i> , n = 119)	16 (14.5 – 17.4)	15.8 (14.4 – 17.4)	16 (14.9 – 17.3)	0.188
Actividad física, n (%); (<i>missing</i> , n = 7)				0.058
Sedentario/Poco activo	120 (21.0)	76 (18.9)	44 (26.0)	
Activo/Muy activo	452 (79.0)	327 (81.1)	125 (74.0)	

RI: rango intercuartílico; IMC: índice de masa corporal; DM: dieta Mediterránea; TV: televisión; PS: procesamiento sensorial; DPS: dificultades del procesamiento sensorial. ^a El PS de los/as niños/as se determinó siguiendo los puntos de corte propuestos por Dunn, para la puntuación total del SSP, que permite clasificar el PS de los/as niños/as como con DPS (<155 puntos) o PS típico (≥155 puntos); ^b El valor de p se calculó mediante la prueba de Chi-cuadrado o la prueba Exacto de Fisher para las variables categóricas y mediante la prueba de U de Mann-Whitney para las variables continuas; ^c La información paterna está disponible para 513 padres.

Tabla 16. Comparación de la duración y la calidad del sueño según el procesamiento sensorial de los/as niños/as categorizado como dificultades del procesamiento sensorial y procesamiento sensorial típico, para la puntuación total y las puntuaciones de cada subescala de *Short Sensory Profile* en niños/as de 3 a 7 años del proyecto InProS (n = 579).

Ítems del PS, n (%)	Total n (%)	Duración del sueño		p^b	Calidad del sueño ^a		p^b
		<10 h/d n (%)	≥10 h/d n (%)		Mala n (%)	Buena n (%)	
Puntuación total del SSP (Ítems 1-38)	579 (100)	189 (32.6)	390 (67.4)		60 (10.4)	519 (89.6)	
PS típico (155-190 puntos)	408 (70.5)	127 (67.2)	281 (72.1)	0.244	20 (33.3)	388 (74.8)	< 0.001
DPS (38-154 puntos)	171 (29.5)	62 (32.8)	109 (27.9)		40 (66.7)	131 (25.2)	
Sensibilidad táctil (Ítems 1-7)				1.000			0.049
PS típico (30-35 puntos)	513 (88.6)	168 (88.9)	345 (88.5)		48 (80.0)	465 (89.6)	
DPS (7-29 puntos)	66 (11.4)	21 (11.1)	45 (11.5)		12 (20.0)	54 (10.4)	
Sensibilidad al gusto/olfato (Ítems 8-11)				0.063			< 0.001
PS típico (15-20 puntos)	492 (85.0)	153 (81.0)	339 (86.9)		40 (66.7)	452 (87.1)	
DPS (4-14 puntos)	87 (15.0)	36 (19.0)	51 (13.1)		20 (33.3)	67 (12.9)	
Sensibilidad al movimiento (Ítems 12-14)				0.244			0.870
PS típico (13-15 puntos)	449 (77.5)	141 (74.6)	308 (79.0)		46 (76.7)	403 (77.6)	
DPS (3-12 puntos)	130 (22.5)	48 (25.4)	82 (21.0)		14 (23.3)	116 (22.4)	
Baja respuesta/búsqueda de sensaciones (Ítems 15-21)				0.051			< 0.001
PS típico (27-35 puntos)	295 (50.9)	85 (45.0)	210 (53.8)		8 (13.3)	287 (55.3)	
DPS (7-26 puntos)	284 (49.1)	104 (55.0)	180 (46.2)		52 (86.7)	232 (44.7)	
Filtrado auditivo (Ítems 22-27)				0.154			< 0.001
PS típico (23-30 puntos)	322 (55.6)	97 (51.3)	225 (57.7)		10 (16.7)	312 (60.1)	
DPS (6-22 puntos)	257 (44.4)	92 (48.7)	165 (42.3)		50 (83.3)	207 (39.9)	
Baja energía/débil (Ítems 28-33)				0.229			0.001
PS típico (26-30 puntos)	507 (87.6)	161 (85.2)	346 (88.7)		44 (73.3)	463 (89.2)	
DPS (6-25 puntos)	72 (12.4)	28 (14.8)	44 (11.3)		16 (26.7)	56 (10.8)	
Sensibilidad visual/auditiva (Ítems 34-38)				0.223			0.004
PS típico (19-25 puntos)	432 (74.6)	135 (71.4)	297 (76.2)		35 (58.3)	397 (76.5)	
DPS (5-18 puntos)	147 (25.4)	54 (28.6)	93 (23.8)		25 (41.7)	122 (23.5)	

SSP: Short Sensory Profile; PS: procesamiento sensorial; DPS: dificultades del procesamiento sensorial; h/d, horas al día. ^a La calidad del sueño de los/as niños/as fue determinada mediante el *Pediatric Sleep Questionnaire*; ^b Valor de p calculado mediante la prueba Exacto de Fisher.

Tabla 17. Asociación entre la duración y la calidad del sueño y la prevalencia de dificultades del procesamiento sensorial para la puntuación total y las puntuaciones de las subescalas del *Short Sensory Profile* en niños/as de 3 a 7 años del proyecto InProS (n = 579).

	Prevalencia (%)	Sueño de los/as niños/as							
		Duración (< 10 horas/día)				Mala calidad			
		n casos (%)	RP	IC95%	p valor	n casos (%)	RP	IC95%	p valor
Ítems del SSP									
Puntuación total del SSP (DPS < 155 puntos)	29.5	62 (32.8)				40 (66.7)			
Modelo 1			0.97	0.94–1.00	0.095		1.33	1.23–1.44	< 0.001
Modelo 2			0.99	0.96–1.02	0.654		1.27	1.18–1.38	< 0.001
Sensibilidad táctil (DPS < 30 puntos)	11.4	21 (11.1)				12 (20.0)			
Modelo 1			0.99	0.97–1.02	0.581		1.09	1.00–1.19	0.062
Modelo 2			1.00	0.98–1.03	0.790		1.05	0.97–1.14	0.239
Sensibilidad gustativa/olfatoria (DPS < 15 puntos)	15.0	36 (19.0)				20 (33.3)			
Modelo 1			0.97	0.94–1.00	0.026		1.18	1.08–1.30	< 0.001
Modelo 2			0.98	0.96–1.01	0.214		1.15	1.04–1.26	0.005
Sensibilidad al movimiento (DPS < 13 puntos)	22.5	48 (25.4)				14 (23.3)			
Modelo 1			0.96	0.94–0.99	0.007		1.01	0.92–1.10	0.864
Modelo 2			0.98	0.95–1.00	0.082		0.97	0.88–1.07	0.550
Búsqueda de sensaciones (DPS < 26 puntos)	49.0	104 (55.0)				52 (86.7)			
Modelo 1			0.97	0.94–1.00	0.050		1.28	1.20–1.37	< 0.001
Modelo 2			0.99	0.96–1.02	0.474		1.21	1.13–1.30	< 0.001
Filtrado auditivo (DPS < 23 puntos)	44.4	92 (48.7)				50 (83.3)			
Modelo 1			0.99	0.96–1.02	0.406		1.31	1.23–1.39	< 0.001
Modelo 2			1.00	0.97–1.03	0.862		1.26	1.18–1.35	< 0.001
Baja energía/débil (DPS < 26 puntos)	12.4	28 (14.8)				16 (26.7)			
Modelo 1			0.99	0.97–1.02	0.583		1.14	1.04–1.25	0.004
Modelo 2			1.01	0.98–1.03	0.563		1.13	1.04–1.22	0.004
Sensibilidad visual/auditiva (DPS < 19 puntos)	25.4	54 (28.6)				25 (41.7)			
Modelo 1			0.99	0.96–1.02	0.334		1.15	1.05–1.26	0.004
Modelo 2			0.99	0.96–1.02	0.472		1.14	1.04–1.24	0.004

DPS, dificultades del procesamiento sensorial; SSP, Short Sensory Profile; RP, razón de prevalencia; IC, intervalo de confianza.

El modelo 1 es el modelo crudo. El modelo 2 se ajustó por las características del niño: sexo (femenino; masculino), actividad física (sedentario/poco activo; activo/muy activo; *missing*), visionado de televisión (<2 horas/día; ≥2 horas/día; *missing*) y adherencia a la dieta mediterránea (baja; media; alta; *missing*); y por las características de la madre: edad (en años), nivel educativo (primaria o menos; secundaria; estudios universitarios), país de nacimiento (España; otro país), empleo (no; sí) y visionado televisión (<2 horas/día; ≥2 horas/día; *missing*). Además, la calidad del sueño de los niños (buena, mala) también se incluyó en el modelo 2 al evaluar el efecto de la duración del sueño de los niños; e inversamente, la duración del sueño de los niños (<10 horas/día; ≥10 horas/día) se agregó al modelo 2 al evaluar la calidad del sueño de los niños.

Análisis de sensibilidad

Los análisis de sensibilidad de los principales hallazgos se presentan en la *tabla 18*. En general, no se observaron cambios sustanciales en las principales asociaciones al estratificar el análisis por características relevantes de los/as niños/as o al ajustar el modelo principal por variables paternas importantes o por el IMC del/a niño/a. Sin embargo, se observó una caída significativa en los efectos y una pérdida de significación estadística, después de analizar los datos teniendo en cuenta algunas condiciones, en los siguientes resultados del PS: en la subescala de sensibilidad gustativa/olfatoria al incluir solo a niños/as de 6 a 7 años (RP = 1.07; IC 95%: 0.91-1.26) y aquellos/as con PS con diferencia probable (RP = 1.07; IC 95%: 0.96-1.21); en la subescala de poca sensibilidad/búsqueda de sensaciones cuando se incluyó solo a niños/as de 3 a 4 años; en la subescala de baja energía/débil cuando se incluyó solo a niños/as de 5 años (RP = 1.01; IC95%: 0.90 – 1.13), de 6 a 7 años (RP = 1.04; IC95%: 0.91 – 1.19) y, después de excluir a los niños/as nacidos/as pretérmino (RP = 1.03; IC 95%: 0.94 – 1.14); y en la subescala de sensibilidad visual/auditiva cuando se incluyeron solo a las niñas (RP = 0.96; IC95%: 0.81 – 1.13), a niños/as de 3 a 4 años (RP = 1.09; IC 95%: 0.92 – 1.28) y a aquellos/as con PS con diferencia probable (RP = 0.97; IC 95%: 0.87 – 1.09).

Tabla 18. Análisis de sensibilidad de las razones de prevalencia ajustadas por la mala calidad del sueño y las dificultades del procesamiento sensorial medidas mediante el *Short Sensory Profile* total, la sensibilidad gustativa/olfatoria, la baja respuesta/búsqueda de sensaciones, el filtrado auditivo, la baja energía/débil y la sensibilidad visual/auditiva en niños/as de 3 a 7 años del proyecto InPros (Alicante, España).

	DPS									
	DPS/total casos	Puntuación total SSP (< 155 puntos)			Sensibilidad gustativa/olfatoria (< 15 puntos)			Baja respuesta/búsqueda de sensaciones (< 26 puntos)		
		DPS/total casos ^d	RP (IC95%)	p valor	DPS/total casos ^d	RP (IC95%)	p valor	DPS/total casos ^d	RP (IC95%)	p valor
Modelo completo ^a	171/579	40/60	1.27 (1.18–1.38)	< 0.001	20/60	1.15 (1.04–1.26)	0.005	52/60	1.21 (1.13–1.30)	< 0.001
Incluyendo solo niños	103/292	30/41	1.32 (1.20–1.44)	< 0.001	13/41	1.12 (1.00–1.25)	0.047	37/41	1.22 (1.13–1.31)	< 0.001
Incluyendo solo niñas	68/287	10/19	1.18 (1.01–1.38)	0.042	7/19	1.18 (1.00–1.39)	0.050	15/19	1.23 (1.06–1.43)	0.007
Incluyendo solo niños/as de 3–4 años	57/179	12/19	1.26 (1.10–1.44)	< 0.001	7/19	1.18 (1.03–1.36)	0.020	15/19	1.09 (0.95–1.25)	0.225
Incluyendo solo niños/as de 5 años	57/194	12/17	1.33 (1.17–1.51)	< 0.001	6/17	1.18 (0.99–1.41)	0.072	16/17	1.26 (1.15–1.39)	< 0.001
Incluyendo solo niños/as de 6–7 años	57/206	16/24	1.25 (1.10–1.43)	< 0.001	7/24	1.07 (0.91–1.26)	0.402	21/24	1.30 (1.16–1.47)	< 0.001
Excluyendo a los niños/as que duermen <10 h/día	109/390	23/33	1.33 (1.20–1.47)	< 0.001	11/33	1.22 (1.08–1.38)	0.002	27/33	1.20 (1.08–1.33)	< 0.001
Excluyendo a los niños/as prematuros	96/356	19/33	1.22 (1.09–1.37)	< 0.001	12/33	1.18 (1.04–1.34)	0.008	27/33	1.16 (1.05–1.29)	0.005
Excluyendo a los niños/as con bajo peso al nacimiento	148/501	36/55	1.26 (1.16–1.37)	< 0.001	19/55	1.15 (1.04–1.27)	0.005	48/55	1.21 (1.13–1.31)	< 0.001
Excluyendo a los niños/as con algunas patologías	150/531	27/41	1.26 (1.14–1.38)	< 0.001	15/41	1.16 (1.04–1.30)	0.009	35/41	1.22 (1.12–1.32)	< 0.001
Ajustando por el índice de masa corporal del niño/a	135/460	31/44	1.29 (1.18–1.41)	< 0.001	13/44	1.11 (0.99–1.23)	0.066	39/44	1.24 (1.15–1.33)	< 0.001
Ajustando por la edad del padre, su nivel educativo, situación laboral y país de origen	147/513	34/47	1.32 (1.21–1.43)	< 0.001	17/47	1.16 (1.05–1.28)	0.004	43/47	1.27 (1.19–1.37)	< 0.001
Incluyendo solo niños/as con PS con diferencia probable ^b	99/507	12/32	1.13 (1.00–1.28)	0.059	6/32	1.07 (0.96–1.21)	0.225	24/32	1.14 (1.02–1.27)	0.024
Incluyendo solo niños/as con PS con diferencia definitiva ^b	72/480	28/48	1.36 (1.25–1.49)	< 0.001	16/48	1.16 (1.04–1.29)	0.006	40/48	1.23 (1.13–1.34)	< 0.001

Table 18 (Continuación)

	DPS/total casos	Filtrado auditivo (< 23 puntos)			Baja energía/débil (< 26 puntos)			Sensibilidad visual/auditiva (< 19 puntos)		
		DPS/total casos ^d	RP (IC95%)	<i>p</i> valor	DPS/total casos ^d	RP (IC95%)	<i>p</i> valor	DPS/total casos ^d	RP (IC95%)	<i>p</i> valor
Modelo completo ^a	171/579	50/60	1.26 (1.18–1.35)	<0.001	16/60	1.13 (1.04–1.22)	0.004	25/60	1.14 (1.04–1.24)	0.004
Incluyendo solo niños	103/292	34/41	1.22 (1.13–1.32)	<0.001	9/41	1.09 (0.99–1.20)	0.069	21/41	1.25 (1.13–1.38)	<0.001
Incluyendo solo niñas	68/287	16/19	1.31 (1.17–1.46)	<0.001	7/19	1.20 (1.04–1.39)	0.013	4/19	0.96 (0.81–1.13)	0.605
Incluyendo solo niños/as de 3–4 años	57/179	16/19	1.23 (1.09–1.38)	<0.001	9/19	1.29 (1.12–1.48)	<0.001	8/19	1.09 (0.92–1.28)	0.325
Incluyendo solo niños/as de 5 años	57/194	14/17	1.35 (1.20–1.52)	<0.001	2/17	1.01 (0.90–1.13)	0.894	7/17	1.20 (1.02–1.42)	0.029
Incluyendo solo niños/as de 6–7 años	57/206	20/24	1.22 (1.09–1.36)	<0.001	5/24	1.04 (0.91–1.19)	0.553	10/24	1.13 (0.98–1.30)	0.082
Excluyendo a los niños/as que duermen <10 h/día	109/390	29/33	1.31 (1.21–1.42)	<0.001	10/33	1.16 (1.03–1.31)	0.015	11/33	1.10 (0.97–1.25)	0.150
Excluyendo a los niños/as prematuros	96/356	26/33	1.24 (1.13–1.36)	<0.001	5/33	1.03 (0.94–1.14)	0.503	13/33	1.12 (1.00–1.25)	0.043
Excluyendo a los niños/as con bajo peso al nacimiento	148/501	46/55	1.27 (1.19–1.36)	<0.001	14/55	1.11 (1.02–1.21)	0.020	22/55	1.13 (1.03–1.24)	0.011
Excluyendo a los niños/as con algunas patologías	150/531	32/41	1.23 (1.13–1.34)	<0.001	12/41	1.12 (1.02–1.23)	0.016	20/41	1.18 (1.06–1.30)	0.002
Ajustando por el índice de masa corporal del niño/a	135/460	35/44	1.28 (1.18–1.38)	<0.001	11/44	1.12 (1.02–1.23)	0.021	22/44	1.19 (1.07–1.31)	<0.001
Ajustando por la edad del padre, su nivel educativo, situación laboral y país de origen	147/513	39/47	1.29 (1.20–1.38)	<0.001	11/47	1.09 (1.00–1.19)	0.059	21/47	1.15 (1.04–1.26)	0.006
Incluyendo solo niños/as con PS con diferencia probable ^b	99/507	23/32	1.23 (1.12–1.36)	<0.001	2/32	1.01 (0.95–1.08)	0.714	4/32	0.97 (0.87–1.09)	0.613
Incluyendo solo niños/as con PS con diferencia definitiva ^c	72/480	40/48	1.34 (1.24–1.44)	<0.001	33/48	1.18 (1.07–1.29)	<0.001	16/48	1.23 (1.12–1.35)	<0.001

SSP, Short Sensory Profile; DPS, dificultades del procesamiento sensorial; PS: procesamiento sensorial. ^a El modelo completo fue el modelo 2 utilizado en la Tabla 15. ^b Los niños/as con PS con diferencia probable medida mediante el SSP se clasificaron de la siguiente manera: SSP total (<142), sensibilidad gustativa/olfatoria (<12), baja respuesta/búsqueda de sensaciones (<24), filtrado auditivo (<20), baja energía/débil (<24) y sensibilidad visual/auditiva (<16). Estos/as niños/as se compararon con sus respectivos pares clasificados con DPS (es decir, ≥155, ≥15, ≥27, ≥23, ≥26, ≥19, respectivamente). ^c Los niños con PS con diferencia definida probable medida mediante el SSP se clasificaron de la siguiente manera: SSP total (≤141), sensibilidad gustativa/olfatoria (≤11), baja respuesta/búsqueda de sensaciones (≤23), filtrado auditivo (≤19), baja energía/débil (≤23) y sensibilidad visual/auditiva (≤15). Estos niños se compararon con sus respectivos pares clasificados con perfil sensorial típico (es decir, ≥155, ≥15, ≥27, ≥23, ≥26, ≥19, respectivamente). ^d Frecuencia de niños/as con DPS y mala calidad del sueño.

7. DISCUSIÓN

La discusión de la presente tesis doctoral, enmarcada en el proyecto InProS, incluye una síntesis de la interpretación de los principales resultados que se reportan en las tres publicaciones (II, III y IV) que dan respuesta a los objetivos planteados. De manera concreta, un tercio de los/as niños/as del proyecto InProS presentaron DPS para la puntuación total del SSP y, según las subescalas de esta herramienta, la prevalencia de DPS fue desde 11.4%, para la sensibilidad táctil hasta 49.1%, para la subescala de poca sensibilidad/búsqueda de sensaciones. Además, en esta tesis hemos observado que una mayor adherencia a la DM se asocia con una menor prevalencia de DPS en las subescalas de sensibilidad táctil, sensibilidad gustativa/olfatoria y baja energía/débil. Asimismo, se ha puesto de manifiesto que una menor ingesta de verduras y el hecho de no usar aceite de oliva en el hogar se asocia con una mayor prevalencia de DPS para las subescalas de sensibilidad táctil, sensibilidad gustativa/olfatoria y baja energía/débil, mientras que un menor consumo de cereales se asocia con DPS a nivel de sensibilidad táctil, y una menor ingesta de frutas o zumos de frutas, pescado y legumbres (pero un consumo regular de nueces) se asocia con DPS en la subescala de sensibilidad gustativa/olfatoria. Con respecto a la asociación entre las categorías de IMC y DPS para el total y las subescalas, nuestros análisis no muestran asociaciones significativas. En contraposición, sí se ha encontrado una asociación significativa entre el IMC — explorado como variable continua — y las DPS. Concretamente, se observó que por cada aumento en el IMC se producía un aumento de la prevalencia de DPS en la subescala de sensibilidad táctil. Respecto a la duración del sueño, no se observó ninguna asociación significativa con las DPS, mientras que en términos de calidad de sueño sí se halló una asociación estadísticamente significativa entre la mala calidad del sueño y una mayor prevalencia de DPS — según la puntuación total del SSP y las subescalas de sensibilidad táctil, sensibilidad gustativa/olfatoria, poca sensibilidad/búsqueda de sensaciones, filtrado auditivo, baja energía/débil y sensibilidad visual/auditiva —.

Los hallazgos del estudio InProS muestran que la prevalencia de DPS a nivel global en niños/as de 3 a 7 años es del 29.8%. Estos datos son ligeramente inferiores a los reportados por el único estudio realizado en España en esta línea hasta la fecha, el cual estima la prevalencia de DPS en niños/as de 3 a 10 años — según el SSP — en 35.7%. El dato sobre la prevalencia de DPS proporcionado por dicho estudio se calcula, para ser comparable con nuestro estudio, de la fusión de las categorías del SSP de “PS con diferencia probable” (21.4%) y “PS con diferencia definitiva” (14.3%). Con respecto a la prevalencia de DPS en las subescalas del SSP, los hallazgos de ambas investigaciones son similares, mostrando las tasas de prevalencia más elevadas en las subescalas de poca sensibilidad/búsqueda de sensaciones y filtrado auditivo y, la más baja en la subescala de sensibilidad táctil (82). Asimismo, las investigaciones internacionales sobre este tema han reportado datos de prevalencia de DPS entre el 13-20% para la categoría de “PS con

diferencia definitiva” del SSP y ligeramente superiores a nuestros hallazgos, considerando $DPS < 155$ puntos — es decir, fusionando las categorías del SSP de “PS con diferencia probable” y “PS con diferencia definitiva” — (78-82). No obstante, debido a las diferentes características sociodemográficas de las muestras, los resultados no son comparables.

Por otro lado, las principales explicaciones sobre la relación entre las DPS y las conductas alimentarias problemáticas en la infancia realizadas hasta el momento se han dado en términos de aceptación o rechazo de alimentos. Sin embargo, el PS se ha postulado como un factor condicionante de la ingesta de algunos alimentos (151), tales como las frutas o las verduras que, además de representar una parte vital de la DM, albergan características sensoriales específicas en cuanto a textura, sabor, olor, consistencia, etc. del alimento. En este sentido, resultan interesantes los resultados de dos investigaciones previas — realizadas en niños/as españoles/as — que informan sobre la asociación entre problemas de alimentación — como la neofobia alimentaria o la evitación de la ingesta de nuevos alimentos — y una menor adherencia a la DM (152,153). En relación con ello, nuestros hallazgos ponen de manifiesto la presencia de una dieta de peor calidad y menos equilibrada en los/as niños/as que presentan DPS, situando las mayores tasas de prevalencia de DPS — según la puntuación total del SSP y casi todas sus subescalas — en los/as niños/as clasificados/as con una baja adherencia a la DM.

Además, resulta necesario comprender que el proceso de comer es considerado una experiencia multisensorial influenciada y/o condicionada no solo por el sistema gustativo, sino por casi todos los demás sistemas sensoriales a la vez — táctil, auditivo, olfatorio, propioceptivo, etc. —. En este sentido, y de acuerdo con nuestros hallazgos, algunas investigaciones previas han mostrado que una menor ingesta de frutas y verduras en la infancia se asocia con una mayor prevalencia de DPS en los dominios de la sensibilidad táctil y gustativa/olfatoria (96,154,155), pero no en el de baja energía/debilidad. No obstante, este último hallazgo puede ser especialmente interesante en el diseño de nuevas líneas de investigación cuyos resultados permitan aumentar la escasa e insuficiente evidencia científica actual. Asimismo, aunque hasta la fecha no se ha desarrollado ninguna investigación que haya explorado la asociación entre el PS y la calidad de la dieta, nuestros resultados sugieren — coincidiendo con un estudio previo — una conexión entre las DPS y las conductas alimentarias deficientes en la infancia (151).

Por otra parte, y dado que no existe evidencia previa de la asociación entre el IMC y el PS en niños/as con desarrollo típico, resulta imposible la comparación directa de nuestros hallazgos con los de otros estudios previos. No obstante, en base a determinados comportamientos ligados a los estilos de vida — como una dieta deficiente — que parecen desempeñar un papel importante sobre el sobrepeso y/o la obesidad infantil (156), así como sobre las DPS (151,157), una explicación plausible, aunque indirecta de estos hallazgos puede atribuirse al hecho de que las DPS se han relacionado con conductas alimentarias deficientes y/o menos saludables en los/as niños/as (151). Además, los análisis de

sensibilidad realizados en este trabajo sugieren que un aumento en el IMC, con toda probabilidad, podría estar asociado con una mayor prevalencia de DPS para la puntuación total del SSP y para la subescala de sensibilidad al movimiento, relacionada con los sistemas sensoriales vestibular y propioceptivo (64). La información obtenida de estos sistemas sensoriales resulta crucial para el óptimo desarrollo del equilibrio y de la orientación espacial durante la infancia, entre otras habilidades, favoreciendo la coordinación adecuada de los movimientos del propio cuerpo (158). De acuerdo con ello, los/as niños/as con DPS a nivel vestibular y/o propioceptivo suelen ser más propensos a presentar dificultades en las habilidades motoras gruesas como correr, saltar, trepar, etc. (159), así como una mayor tendencia a evitar actividades que requieran coordinación motora y equilibrio (160,161) tales como el ejercicio o la actividad física. Por todo ello, puede presuponerse que los/as niños/as con DPS a estos niveles y las dificultades mencionadas, muestren una mayor probabilidad de aumentar de peso. En este sentido, investigaciones realizadas en niños/as con afecciones del desarrollo, que comúnmente presentan DPS a nivel vestibular y propioceptivo, mostraron que un IMC más alto se asoció con una menor participación en actividades físicas (162) y con un menor equilibrio (161). En niños/as con desarrollo típico, varios estudios han mostrado que los participantes con exceso de peso tenían una menor sensibilidad plantar — lo que afectaba a su coordinación motora—, presentaban un equilibrio y control postural deficiente y, por lo tanto, experimentaban mayores dificultades en actividades motoras exigentes (159,160).

Los hallazgos observados entre IMC y DPS sugieren que las DPS deben incluirse como un factor de estudio — que puede desempeñar un importante papel — en el complejo contexto de la obesidad infantil. De la misma manera, las DPS deberían generar serias preocupaciones sobre los factores que pueden afectar al desarrollo y la salud de los/as niños/as, además de servir para enfatizar el escaso conocimiento existente sobre los mismos.

En último lugar y con respecto al sueño, este trabajo es el primero que explora la asociación entre el sueño y el PS en una muestra poblacional de niños/as en edad escolar. Por este motivo, y dado que esta tesis ha cuantificado — utilizando medidas adecuadas del efecto — la magnitud de la asociación entre las variables mencionadas, y ha determinado su extensión teniendo en cuenta los posibles factores de confusión, la comparación directa de nuestros hallazgos con otras investigaciones previas — donde solo se examina la relación entre dichas variables — podría verse impedida en cierta medida.

No obstante, nuestras estimaciones permiten confirmar los hallazgos de estudios anteriores (127-129) y proporcionan evidencia convincente que sugiere un vínculo probable entre la mala calidad del sueño y las DPS en niños/as de 3 a 7 años. En este sentido, y en ausencia de una respuesta clara sobre los mecanismos neuronales mediante los cuales el sueño y el PS pueden estar vinculados (163-165), una explicación plausible de nuestros resultados podría residir, inicialmente, en que ambas variables — calidad del sueño y PS —

se han asociado por separado con niveles elevados de cortisol. Varios estudios han informado que los/as niños/as con hiper/sobrerreactividad que tienden a sentirse abrumados y agitados fácilmente por los factores estresantes y la adversidad del día a día (35,57), muestran un aumento de sus respuestas de estrés fisiológico, con niveles altos de cortisol, ante algunos estímulos sensoriales (29,166,167). De manera similar, algunos estudios sugieren que la mala calidad del sueño está asociada con prácticamente los mismos efectos conductuales y respuestas exageradas al estrés — mediadas por el cortisol y en poblaciones infantiles — que las DPS (168,169). Así, en línea con lo mencionado anteriormente, parecería razonable proponer una interesante hipótesis de estudio sobre la base de que la mala calidad del sueño y las DPS podrían compartir vías neuronales comunes que muestran respuestas neuroendocrinas y psicológicas similares.

Contrariamente a lo observado para la calidad del sueño, no encontramos asociaciones estadísticamente significativas entre la duración del sueño y la prevalencia de DPS en los niños/as de 3 a 7 años participantes en el proyecto InProS. Sin embargo, de acuerdo con resultados de investigaciones previas que han explorado la duración del sueño y la prevalencia de DPS (128,129), nuestros hallazgos podrían atribuirse en parte al hecho de que la duración del sueño fue en general muy homogénea en nuestro estudio: el promedio diario de horas de sueño fue notablemente similar en los/as niños/as clasificados/as con o sin DPS (9.8 y 9.9 horas al día, respectivamente). De hecho, solo cinco niños/as incluidos/as en este estudio durmieron un promedio de siete horas o menos al día, lo que impidió evaluar el efecto de una duración más corta del sueño sobre la prevalencia de las DPS en la infancia.

7.1. Limitaciones y fortalezas generales del estudio

El proyecto InProS, en el que se enmarca esta tesis doctoral, presenta algunas limitaciones que conviene reconocer. En primer lugar, su diseño transversal no permite establecer una relación temporal entre los factores asociados explorados y las DPS, por lo que resulta imposible inferir causalidad para las asociaciones encontradas. No obstante, sus hallazgos resultan útiles para la formulación de nuevas hipótesis de investigación cruciales en el avance del conocimiento. Aunque no se puede ignorar el efecto de los factores desconocidos, la confusión residual o sesgos debido a la información no recopilada, es importante destacar que el proyecto InProS consideró una amplia gama de posibles factores de confusión en sus análisis principales. En relación con la recogida de los datos, todos ellos fueron reportados por los/as padres/madres, lo que impide descartar posibles errores de clasificación; sin embargo, cualquier inexactitud debe considerarse como “no diferencial” por lo que no debería haber influido en los efectos observados en los modelos de regresión. Además, en este sentido cabe señalar que todos los cuestionarios utilizados para recopilar la información de los participantes fueron instrumentos válidos y fiables y/o utilizados en investigaciones previas. Por otro lado, una posible deficiencia se puede atribuir

al hecho de que la condición de DPS se ha establecido utilizando los puntos de corte estimados en niños/as de EE. UU. para el SSP. Sin embargo, como se muestra para la población española de 11 años o más (80), se espera que los valores normativos para los/as niños/as españoles en edad escolar sean similares a los de los/as americanos/as. Además, el uso de puntos de corte de Dunn posibilita la comparabilidad de nuestros resultados con estudios realizados a nivel internacional.

A pesar de las limitaciones presentadas, la presente tesis cuenta con una serie de fortalezas notables que resaltan su importancia. En primer lugar, el proyecto InProS se compone de una muestra de niños/as en edad escolar de la población general que fue seleccionada al azar con el fin de preservar la representatividad de los datos. Este hecho ha permitido, no solo la descripción detallada de la reactividad sensorial de una muestra representativa de niños/as españoles/as, sino también explorar diferentes asociaciones entre estilo de vida del/la niño/a y los resultados de su PS. A pesar de eso, somos conscientes de que la tasa de respuesta fue moderadamente baja (37%), lo que sugiere que los resultados obtenidos deben ser corroborados por estudios de alta calidad con muestras más amplias. Por su parte, la metodología de investigación y las herramientas utilizadas han dado lugar a información precisa para la generación de evidencia más convincente. Finalmente, realizamos análisis de sensibilidad para verificar la solidez de los hallazgos, considerando condiciones específicas que podrían interferir o estar relacionadas con los factores explorados y los resultados del PS en los/as niños/as.

8. CONCLUSIONES

Los resultados de esta tesis doctoral permiten extraer las siguientes conclusiones:

1. Respecto a la prevalencia de DPS, cerca de un 30% de los/as niños/as españoles/as, de entre 3 y 7 años, sin afecciones clínicas presentan DPS a nivel global según la puntuación total del SSP. La prevalencia de DPS según los distintos tipos de dominios sensoriales del SSP (sensibilidad táctil, sensibilidad gustativa/olfatoria, sensibilidad al movimiento, poca sensibilidad/búsqueda de sensaciones, filtrado auditivo, baja energía/débil y sensibilidad visual/auditiva) osciló entre 11.4% y 49.1%.

2. Con relación a la adherencia a la DM, los/as niños/as con DPS en la sensibilidad táctil, gustativa/olfatoria y baja energía/débil presentaron una menor ingesta de alimentos propios de la DM, tales como verduras, frutas, pescado, legumbres, cereales y/o aceite de oliva. En este sentido, estos hallazgos muestran el potencial efecto positivo de la adherencia a la DM en el PS en niños/as de entre 3 y 7 años con desarrollo típico.

- ▶ Una media y alta adherencia a la DM comparada con una adherencia baja se asocia con una menor prevalencia de DPS en la sensibilidad táctil y en la sensibilidad gustativa/olfatoria.
- ▶ Una alta adherencia a la DM comparada con una adherencia baja se asocia con una menor prevalencia de DPS a nivel de baja energía/débil.

3. Respecto al IMC, un mayor IMC en la infancia puede estar asociado con una mayor prevalencia de DPS en la subescala de sensibilidad táctil. Además, con toda probabilidad, un IMC más alto podría estar relacionado con una mayor presencia de DPS en niños/as de entre 3 y 7 años.

- ▶ Un aumento en un punto en el IMC se asoció con una alta prevalencia de DPS en la sensibilidad táctil.
- ▶ Un aumento en un punto en el IMC mostró una asociación, aunque marginalmente significativa, con una alta prevalencia de DPS para la subescala de sensibilidad al movimiento y para la puntuación total del SSP.

4. Referente al sueño, los resultados de esta tesis no mostraron asociación estadísticamente significativa entre la duración del sueño y las DPS. Sin embargo, la mala calidad del sueño se asoció estadística y significativamente con una mayor prevalencia de DPS para el total y casi todas las subescalas del SSP.

- ▶ Dormir < 10 horas/día, comparado con dormir \geq 10 horas/día, no se asoció con DPS, ni para el total ni para ninguno de los dominios del PS; según el SSP.

- ▶ Una mala calidad del sueño, comparada con una buena calidad, se asoció con DPS para el total del SSP y para las subescalas de sensibilidad táctil, sensibilidad gustativa/olfativa, poca sensibilidad/búsqueda de sensaciones, filtrado auditivo, baja energía/débil y sensibilidad visual/auditiva.

9. CONCLUSIONS

The following conclusions can be drawn from the results of the present doctoral thesis:

1. Regarding the prevalence of SPD, around 30% of Spanish children without clinical conditions aged between 3 and 7 years presented SPD according to the total SSP score. The prevalence of SPD according to the different types of sensory domains of the SSP (i.e., tactile sensitivity, gustatory/olfactory sensitivity, sensitivity to movement, low sensitivity/sensation seeking, auditory filtering, low energy/weak and visual/auditory sensitivity) ranged from 11.4% to 49.1%.

2. Regarding the adherence to MD, children with SPD in tactile, gustatory/olfactory sensitivity and low energy/weakness SSP scales had a lower intake of foods typical of MD such as vegetables, fruits, fish, legumes, cereals and/or olive oil. In this sense, these findings show the potential positive effect of adherence to MD on SP in typically developing children.

- ▶ Medium and high adherence compared to low adherence to MD was associated with a lower prevalence of SPD in tactile sensitivity and gustatory/olfactory sensitivity.
- ▶ High adherence compared to low adherence to MD was associated with a lower prevalence of SPD at the low energy/weakness level.

3. Regarding BMI, a higher BMI in childhood may be associated with a higher prevalence of SPD in the tactile sensitivity subscale. Furthermore, a higher BMI, in all likelihood, could be related to a greater presence of SPD in children between 3 and 7 years of age.

- ▶ A one-point increase in BMI was associated with a high prevalence of SPD in tactile sensitivity.
- ▶ A one-point increase in BMI showed an association, albeit marginally significant, with a high prevalence of SPD for the movement sensitivity subscale and for the SSP total score.

4. Regarding sleep, the results of this thesis showed no statistically significant association between sleep duration and SPD. However, poor sleep quality was statistically significantly associated with a higher prevalence of SPD for the total and almost all subscales of the SSP.

- ▶ Sleeping < 10 hours/day compared to sleeping \geq 10 hours/day was not associated with SPD, neither for the total nor for any of the SP domains according to the SSP.

- ▶ Poor sleep quality compared to good sleep quality was associated with SPD for the total SSP and for the subscales of tactile sensitivity, gustatory/olfactory sensitivity, low sensitivity/sensation seeking, auditory filtering, low energy/weak and visual/auditory sensitivity.

10. IMPLICACIONES PARA LA SALUD PÚBLICA

Los resultados obtenidos en cada uno de los trabajos que componen esta tesis doctoral resultan de especial relevancia desde el punto de vista de la salud pública.

Por un lado, se muestran datos sobre la prevalencia de DPS en una muestra poblacional de niños/as de 3 a 7 años con desarrollo típico y escolarizados en centros de educación ordinarios. Puesto que cerca de un tercio de los/as niños/as evaluados/as presentó DPS, resultaría muy interesante y aconsejable promover estrategias de educación para la salud hacia los/as padres/madres, maestros/as o profesionales sanitarios de referencia que permitan llevar a cabo una identificación precoz de problemas de reactividad sensorial en el día a día de los/as niños/as. Como un primer paso y, fruto de esta tesis doctoral, se ha elaborado una infografía dirigida a padres en la que se trata de ilustrar y describir de manera sencilla qué es el PS y las DPS, cuáles son los comportamientos más habituales en la infancia asociados a las DPS y qué impacto potencial pueden tener sobre la salud de los/as niño/as. No obstante, combinar la distribución de esta infografía con información en trípticos o guías sobre las DPS, con charlas o talleres informativos — dirigidos tanto a los/as padres/madres como a los/as maestros/as de los centros educativos o a los/as pediatras de atención primaria —, representarían valiosas estrategias de educación para la salud que podrían contribuir notablemente a reducir el impacto negativo de las DPS en el desarrollo de los/as niños/as, a través de la detección precoz y la intervención temprana adecuada. Además de lo anterior, a partir de esta tesis doctoral se han realizado diversas difusiones en población general del concepto del PS, su prevalencia y su impacto en la infancia mediante talleres. En 2021, se han realizado varios talleres en los eventos de “*La Noche Mediterránea de las Investigadoras de la UMH*” y la “*Jornadas de Puertas Abiertas*”, organizados en el Campus de Sant Joan d’Alacant de la UMH.

Finalmente, cabe destacar que los resultados de esta tesis refuerzan los hallazgos de varios estudios previos que han mostrado una posible relación entre la alimentación, el sueño y las DPS. Asimismo, estos hallazgos permiten generar nuevas hipótesis de estudio, así como servir de base para el diseño y desarrollo de futuros estudios longitudinales que posibiliten un conocimiento más sólido sobre este tema.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Lickliter R. The integrated development of sensory organization. *Clin Perinatol*. 2011;38(4):591-603.
- (2) Kong M, Moreno MA. Sensory processing in children. *JAMA Pediatr*. 2018;172(12):1208-1208.
- (3) Galiana-Simal A, Vela-Romero M, Romero-Vela VM, Oliver-Tercero N, García-Olmo V, Benito-Castellanos PJ, et al. Sensory processing disorder: Key points of a frequent alteration in neurodevelopmental disorders. *Cogent Med*. 2020;7(1):1736829.
- (4) Miller LJ, Anzalone ME, Lane SJ, Cermak SA, Osten ET. Concept evolution in sensory integration: A proposed nosology for diagnosis. *Am J Occup Ther*. 2007;61(2):135-140.
- (5) Ayres AJ, Robbins J. Sensory integration and the child: Understanding hidden sensory challenges. Los Angeles: Western Psychological Services; 2005.
- (6) Mitchell AW, Moore EM, Roberts EJ, Hachtel KW, Brown MS. Sensory processing disorder in children ages birth–3 years born prematurely: A systematic review. *Am J Occup Ther*. 2015;69(1):6901220030p1-6901220030p11.
- (7) Ayres AJ. Sensory Integration and learning disorders. Los Angeles: Western Psychological Services; 1972.
- (8) Bundy AC, Lane SJ, Murray EA. Sensory integration: Theory and practice. Filadelfia: F. A. Davis Company, 2002.
- (9) Ayres AJ. Southern California Sensory Integration Test manual: Revised 1980. Los Angeles: Western Psychological Services; 1980.
- (10) Mailloux Z. An overview of the sensory integration and praxis tests. *Am J Occup Ther*. 1990;44(7):589-594.
- (11) Miller LJ, Nielsen DM, Schoen SA, Brett-Green BA. Perspectives on sensory processing disorder: a call for translational research. *Front Integr Neurosci*. 2009;3:22.
- (12) Velayos J. Anatomía y fisiología del sistema nervioso central. Madrid: CEU; 2015.
- (13) Metcalfe J, Chang T, Chen L, McDowell K, Jeka J, Clark J. Development of somatosensory-motor integration: An event-related analysis of infant posture in the first year of independent walking. *Dev Psychobiol*. 2005;46(1):19-35.
- (14) Purves D, Augustine GJ, Fitzpatrick D, Hall WC, Lamantia AS. Neurociencia. 3era Edición. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2007.
- (15) Liu T. Sensory processing and motor skill performance in elementary school children with autism spectrum disorder. *Percept Mot Skills*. 2013;116(1):197-209.

- (16) Cabral TI, da Silva, Louise Gracelli Pereira, Tudella E, Martinez CMS. Motor development and sensory processing: a comparative study between preterm and term infants. *Res Dev Disabil.* 2015;36:102-107.
- (17) Porter R. The biological significance of skin-to-skin contact and maternal odours. *Acta Paediatr.* 2004;93(12):1560-1562.
- (18) Harlow HF, Suomi SJ. Nature of love: Simplified. *Am Psychol.* 1970;25(2):161.
- (19) Puelles-López L, Martínez-Pérez S, Martínez de la Torre M. Neuroanatomía. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2008.
- (20) Tuthill JC, Azim E. Proprioception. *Curr Biol.* 2018;28(5):R194-R203.
- (21) Lane SJ, Mailloux Z, Schoen S, Bundy A, May-Benson TA, Parham LD, et al. Neural Foundations of Ayres Sensory Integration®. *Brain Sci.* 2019;9(7):153.
- (22) Tascioglu AB. Brief review of vestibular system anatomy and its higher order projections. *Neuroanatomy.* 2005;4:24-27.
- (23) Day BL, Fitzpatrick RC. The vestibular system. *Curr Biol.* 2005;15(15):R583-6.
- (24) Ayres AJ. La Integración Sensorial en los niños. Desafíos sensoriales ocultos. Madrid: TEA Ediciones; 2008.
- (25) Labbe D, Damevin L, Vaccher C, Morgenegg C, Martin N. Modulation of perceived taste by olfaction in familiar and unfamiliar beverages. *Food Qual Prefer.* 2006;17(7-8):582-589.
- (26) Shah P, Hall R, Catmur C, Bird G. Alexithymia, not autism, is associated with impaired interoception. *Cortex.* 2016;81:215-220.
- (27) DuBois D, Ameis SH, Lai M, Casanova MF, Desarkar P. Interoception in autism spectrum disorder: A review. *Int J Dev Neurosci.* 2016;52:104-111.
- (28) Barrett LF, Simmons WK. Interoceptive predictions in the brain. *Nat Rev Neurosci.* 2015;16(7):419-429.
- (29) Lane SJ, Schaaf RC. Examining the neuroscience evidence for sensory-driven neuroplasticity: Implications for sensory-based occupational therapy for children and adolescents. *Am J Occup Ther.* 2010;64(3):375-390.
- (30) Schaaf RC, Schoen AS, Roley SS, Lane JL, Koomar JA, May-Benson AT. A Frame of Reference for Sensory Integration. En: Kramer P, Hinojosa J. Frames of reference for Pediatric Occupational Therapy. 3ª edition. Filadelfia: Lippincott Williams & Wilkins; 2009. p.99-182.

- (31) Lin SH, Cermak S, Coster WJ, Miller L. The relation between length of institutionalization and sensory integration in children adopted from Eastern Europe. *Am J Occup Ther.* 2005;59(2):139-147.
- (32) Wilbarger J, Gunnar M, Schneider M, Pollak S. Sensory processing in internationally adopted, post-institutionalized children. *J Child Psychol Psychiatry.* 2010;51(10):1105-1114.
- (33) Lázaro A, Berruezo P. La pirámide del desarrollo humano. *Revista Iberoamericana de Psicomotricidad y Técnicas Corporales.* 2009;34(9):2.
- (34) Keuler MM, Schmidt NL, Van Hulle CA, Lemery-Chalfant K, Goldsmith HH. Sensory overresponsivity: prenatal risk factors and temperamental contributions. *J Dev Behav Pediatr.* 2011;32(7):533-541.
- (35) Miller LJ, Schoen SA, Mulligan S, Sullivan J. Identification of sensory processing and integration symptom clusters: a preliminary study. *Occup Ther Int.* 2017; 2017:2876080
- (36) Bundy AC, Shia S, Qi L, Miller LJ. How does sensory processing dysfunction affect play? *Am J Occup Ther.* 2007;61(2):201-208.
- (37) Dunn W. The impact of sensory processing abilities on the daily lives of young children and their families: A conceptual model. *Infants Young Child.* 1997;9:23-35.
- (38) Cosbey J, Johnston SS, Dunn ML. Sensory processing disorders and social participation. *Am J Occup Ther.* 2010;64(3):462-473.
- (39) Roberts T, Stagnitti K, Brown T, Bhojti A. Relationship between sensory processing and pretend play in typically developing children. *Am J Occup Ther.* 2018;72(1):7201195050p1-7201195050p8.
- (40) Armstrong DC, Redman-Bentley D, Wardell M. Differences in function among children with sensory processing disorders, physical disabilities, and typical development. *Pediatr Phys Ther.* 2013;25(3):315-321.
- (41) Bar-Shalita T, Vatine J, Parush S. Sensory modulation disorder: A risk factor for participation in daily life activities. *Dev Med Child Neurol.* 2008;50(12):932-937.
- (42) White BP, Mulligan S, Merrill K, Wright J. An examination of the relationships between motor and process skills and scores on the sensory profile. *Am J Occup Ther.* 2007;61(2):154-160.
- (43) Koenig KP, Rudney SG. Performance challenges for children and adolescents with difficulty processing and integrating sensory information: A systematic review. *Am J Occup Ther.* 2010;64(3):430-442.

- (44) Watling R, Koenig K, Schaaf R, Davies P. Occupational therapy practice guidelines for children and adolescents with challenges in sensory processing and sensory integration. Bethesda, MD: AOTA Press; 2011.
- (45) Ben-Sasson A, Carter AS, Briggs-Gowan MJ. Sensory over-responsivity in elementary school: prevalence and social-emotional correlates. *J Abnorm Child Psychol.* 2009;37(5):705-716.
- (46) Parham LD. The relationship of sensory integrative development to achievement in elementary students: Four-year longitudinal patterns. *OTJR.* 1998;18(3):105-127.
- (47) Allen S, Casey J. Developmental coordination disorders and sensory processing and integration: Incidence, associations and co-morbidities. *Br J Occup Ther.* 2017;80(9):549-557.
- (48) Schaaf RC, Toth-Cohen S, Johnson SL, Outten G, Benevides TW. The everyday routines of families of children with autism: Examining the impact of sensory processing difficulties on the family. *Autism.* 2011;15(3):373-389.
- (49) Gourley L, Wind C, Henninger EM, Chinitz S. Sensory processing difficulties, behavioral problems, and parental stress in a clinical population of young children. *J Child Fam Stud.* 2013;22(7):912-921.
- (50) Kilroy E, Aziz-Zadeh L, Cermak S. Ayres theories of autism and sensory integration revisited: What contemporary neuroscience has to say. *Brain Sci.* 2019;9(3):68.
- (51) Schaaf RC, Davies PL. Evolution of the sensory integration frame of reference. *Am J Occup Ther.* 2010;64(3):363-367.
- (52) American Psychiatric Association. Guía de consulta de los criterios diagnósticos del DSM-5®: Spanish Edition of the Desk Reference to the Diagnostic Criteria From DSM-5®. American Psychiatric Pub; 2014.
- (53) Schulz SE, Stevenson RA. Differentiating between sensory sensitivity and sensory reactivity in relation to restricted interests and repetitive behaviours. *Autism.* 2020;24(1):121-134.
- (54) Gomez IN, Lai CY, Morato-Espino PG, Chan CC, Tsang HW. Behavioural and autonomic regulation of response to sensory stimuli among children: a systematic review of relationship and methodology. *Biomed Res Int.* 2017; 2017:2629310.
- (55) Davies PL, Gavin WJ. Validating the diagnosis of sensory processing disorders using EEG technology. *Am J Occup Ther.* 2007;61(2):176-189.

- (56) Schaaf RC, Miller LJ, Seawell D, O’Keefe S. Children with disturbances in sensory processing: A pilot study examining the role of the parasympathetic nervous system. *Am J Occup Ther*. 2003;57(4):442-449.9.
- (57) Schaaf RC, Benevides TW, Blanche E, Brett-Green BA, Burke J, Cohn E, et al. Parasympathetic functions in children with sensory processing disorder. *Front Integr Neurosci*. 2010;4:4.
- (58) Provost B, Oetter P. The sensory rating scale for infants and young children: development and reliability. *Phys Occup Ther Pediatr*. 1994;13(4):15-35.
- (59) Glennon TJ, Miller Kuhaneck H, Herzberg D. The Sensory Processing Measure–Preschool (SPM-P)—Part one: description of the tool and its use in the preschool environment. *Journal of Occupational Therapy, Schools, & Early Intervention*. 2011;4(1):42-52.
- (60) Dunn W. Infant/Toddler Sensory Profile. User’s Manual. San Antonio: The Psychological Corporation; 2002.
- (61) Baranek GT, David FJ, Poe MD, Stone WL, Watson LR. Sensory Experiences Questionnaire: discriminating sensory features in young children with autism, developmental delays, and typical development. *J Child Psychol Psychiatry*. 2006;47(6):591-601.
- (62) Parham LD, Jonhson-Ecker CL. Sensory Processing Measure Manual. Los Angeles: Western Psychological Services; 2007.
- (63) Dunn W. Sensory Profile. User’s Manual. San Antonio: The Psychological Corporation; 1999.
- (64) McIntosh DM, Miller LJ, Shyu V, Dunn W. Overview of the Short Sensory Profile (SSP). En: Dunn W, coordinadora. The Sensory Profile. San Antonio, TX: Psychological Corporation: 1999. p. 59-74.
- (65) Dunn W. Sensory Profile School Companion. User’s Manual. San Antonio: The Psychological Corporation; 2006.
- (66) Dunn W. Sensory Profile 2. User’s Manual. Strengths-Based Approach to Assesment and Planning. San Antonio: The Psychological Corporation; 2014.
- (67) Miller-Kuhaneck H, Henry DA, Glennon TJ, Mu K. Development of the Sensory Processing Measure–School: Initial studies of reliability and validity. *Am J Occup Ther*. 2007;61(2):170-175.

- (68) Demopoulos C, Arroyo MS, Dunn W, Strominger Z, Sherr EH, Marco E. Individuals with agenesis of the corpus callosum show sensory processing differences as measured by the sensory profile. *Neuropsychology*. 2015;29(5):751.
- (69) Zuckerman M. The psychophysiology of sensation seeking. *J Pers*. 1990;58(1):313-345.
- (70) Brown C, Tollefson N, Dunn W, Cromwell R, Filion D. The adult sensory profile: Measuring patterns of sensory processing. *Am J Occup Ther*. 2001;55(1):75-82.
- (71) Dunn W, Brown C. Factor analysis on the Sensory Profile from a national sample of children without disabilities. *Am J Occup Ther*. 1997;51(7):490-495.
- (72) Dunn W. Performance of typical children on the sensory profile: An item analysis. *Am J Occup Ther*. 1994;48(11):967-974.
- (73) Dunn W. Habit: What's the brain got to do with it? *The Occupational Therapy Journal of Research*. 2000;20(1_suppl):6S-20S.
- (74) O'Donnell S, Deitz J, Kartin D, Nalty T, Dawson G. Sensory processing, problem behavior, adaptive behavior, and cognition in preschool children with autism spectrum disorders. *Am J Occup Ther*. 2012;66(5):586-594.
- (75) Franklin L, Deitz J, Jirikowic T, Astley S. Children with fetal alcohol spectrum disorders: problem behaviors and sensory processing. *Am J Occup Ther*. 2008;62(3):265-273.
- (76) Jirikowic TL, Thorne JC, McLaughlin SA, Waddington T, Lee AK, Hemingway SJA. Prevalence and patterns of sensory processing behaviors in a large clinical sample of children with prenatal alcohol exposure. *Res Dev Disabil*. 2020;100:103617.
- (77) Delgado-Lobete L, Pértega-Díaz S, Santos-del-Riego S, Montes-Montes R. Sensory processing patterns in developmental coordination disorder, attention deficit hyperactivity disorder and typical development. *Res Dev Disabil*. 2020;100:103608.
- (78) Ahn RR, Miller LJ, Milberger S, McIntosh DN. Prevalence of parents' perceptions of sensory processing disorders among kindergarten children. *Am J Occup Ther*. 2004;58(3):287-293.
- (79) Gouze KR, Hopkins J, LeBailly SA, Lavigne JV. Re-examining the epidemiology of sensory regulation dysfunction and comorbid psychopathology. *J Abnorm Child Psychol*. 2009;37(8):1077-1087.
- (80) Engel-Yeger B. The applicability of the short sensory profile for screening sensory processing disorders among Israeli children. *Int J Rehabil Res*. 2010;33(4):311-318.

- (81) Román-Oyola R, Reynolds S. Prevalence of sensory modulation disorder among Puerto Rican preschoolers: An analysis focused on socioeconomic status variables. *Occup Ther Int*. 2013;20(3):144-154.
- (82) Delgado-Lobete L, Montes-Montes R, Seoane SR. Prevalencia de Trastorno del Procesamiento Sensorial en niños españoles. Resultados preliminares y comparación entre herramientas de diagnóstico. *TOG*. 2016(24):5.
- (83) Hart CN, Carskadon MA, Considine RV, Fava JL, Lawton J, Raynor HA, et al. Changes in children's sleep duration on food intake, weight, and leptin. *Pediatrics*. 2013;132(6):e1473-e1480.
- (84) Bullo M, Lamuela-Raventos R, Salas-Salvado J. Mediterranean diet and oxidation: nuts and olive oil as important sources of fat and antioxidants. *Curr Top Med Chem*. 2011;11(14):1797-1810.
- (85) Dinu M, Pagliai G, Casini A, Sofi F. Mediterranean diet and multiple health outcomes: an umbrella review of meta-analyses of observational studies and randomised trials. *Eur J Clin Nutr*. 2018;72(1):30-43.
- (86) Bach-Faig A, Berry EM, Lairon D, Reguant J, Trichopoulou A, Dernini S, et al. Mediterranean diet pyramid today. Science and cultural updates. *Public Health Nutr*. 2011;14(12A):2274-2284.
- (87) Martínez-González MÁ, Hershey MS, Zazpe I, Trichopoulou A. Transferability of the Mediterranean diet to non-Mediterranean countries. What is and what is not the Mediterranean diet. *Nutrients*. 2017;9(11):1226.
- (88) Martinez-Gonzalez MA, Bes-Rastrollo M, Serra-Majem L, Lairon D, Estruch R, Trichopoulou A. Mediterranean food pattern and the primary prevention of chronic disease: recent developments. *Nutr Rev*. 2009;67(suppl_1):S111-S116.
- (89) Chatoor I, Ganiban J. Food refusal by infants and young children: Diagnosis and treatment. *Cogn Behav Pract*. 2003;10(2):138-146.
- (90) Idelson PI, Scalfi L, Valerio G. Adherence to the Mediterranean Diet in children and adolescents: A systematic review. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 2017;27(4):283-299.
- (91) Mascola AJ, Bryson SW, Agras WS. Picky eating during childhood: a longitudinal study to age 11 years. *Eat Behav*. 2010;11(4):253-257.
- (92) Yang HR. How to approach feeding difficulties in young children. *Korean J Pediatr*. 2017;60(12):379-384.
- (93) Smith AM, Roux S, Naidoo NR, Venter DJ. Food choices of tactile defensive children. *Nutrition*. 2005;21(1):14-19.

- (94) Nadon G, Feldman DE, Dunn W, Gisel E. Association of sensory processing and eating problems in children with autism spectrum disorders. *Autism Res Treat.* 2011; 2011:541926.
- (95) Zangen T, Ciarla C, Zangen S, Di Lorenzo C, Flores AF, Cocjin J, et al. Gastrointestinal motility and sensory abnormalities may contribute to food refusal in medically fragile toddlers. *J Pediatr Gastroenterol Nutr.* 2003;37(3):287-293.
- (96) Coulthard H, Blissett J. Fruit and vegetable consumption in children and their mothers. Moderating effects of child sensory sensitivity. *Appetite.* 2009;52(2):410-415.
- (97) Davis AM, Bruce AS, Khasawneh R, Schulz T, Fox C, Dunn W. Sensory processing issues in young children presenting to an outpatient feeding clinic. *J Pediatr Gastroenterol Nutr.* 2013;56(2):156-160.
- (98) Zobel-Lachiusa J, Andrianopoulos MV, Mailloux Z, Cermak SA. Sensory differences and mealtime behavior in children with autism. *Am J Occup Ther.* 2015;69(5):6905185050p1-6905185050p8.
- (99) Shmaya Y, Eilat-Adar S, Leitner Y, Reif S, Gabis LV. Meal time behavior difficulties but not nutritional deficiencies correlate with sensory processing in children with autism spectrum disorder. *Res Dev Disabil.* 2017;66:27-33.
- (100) Chistol LT, Bandini LG, Must A, Phillips S, Cermak SA, Curtin C. Sensory sensitivity and food selectivity in children with autism spectrum disorder. *J Autism Dev Disord.* 2018;48(2):583-591.
- (101) Han JC, Lawlor DA, Kimm SY. Childhood obesity. *Lancet.* 2010;375(9727):1737-1748.
- (102) Oliveira A, Jones L, de Lauzon-Guillain B, Emmett P, Moreira P, Charles M, et al. Early problematic eating behaviours are associated with lower fruit and vegetable intake and less dietary variety at 4–5 years of age. A prospective analysis of three European birth cohorts. *Br J Nutr.* 2015;114(5):763-771.
- (103) Barao K, Forones NM. Body mass index: different nutritional status according to WHO, OPAS and Lipschitz classifications in gastrointestinal cancer patients. *Arq Gastroenterol.* 2012;49:169-171.
- (104) Kumar S, Kelly AS. Review of Childhood Obesity: From Epidemiology, Etiology, and Comorbidities to Clinical Assessment and Treatment. *Mayo Clin Proc.* 2017;92(2):251-265.
- (105) Ogden CL, Carroll MD, Kit BK, Flegal KM. Prevalence of childhood and adult obesity in the United States, 2011-2012. *JAMA.* 2014;311(8):806-814.

- (106) Abarca-Gómez L, Abdeen ZA, Hamid ZA, Abu-Rmeileh NM, Acosta-Cazares B, Acuin C, et al. Worldwide trends in body-mass index, underweight, overweight, and obesity from 1975 to 2016: a pooled analysis of 2416 population-based measurement studies in 128·9 million children, adolescents, and adults. *Lancet*. 2017;390(10113):2627-2642.
- (107) Ogden CL, Carroll MD, Lawman HG, Fryar CD, Kruszon-Moran D, Kit BK, et al. Trends in obesity prevalence among children and adolescents in the United States, 1988-1994 through 2013-2014. *JAMA*. 2016;315(21):2292-2299.
- (108) Spinelli A, Buoncristiano M, Kovacs VA, Yngve A, Spiroski I, Obreja G, et al. Prevalence of Severe Obesity among Primary School Children in 21 European Countries. *Obes Facts*. 2019;12(2):244-258.
- (109) BMI Data Visualisations. NCD-RisC. Available online: <http://ncdrisc.org/data-visualisations-adiposity-ado.html> (accessed on 5 June 2020).
- (110) ESPGHAN Committee on Nutrition, Agostoni C, Braegger C, Decsi T, Kolacek S, Koletzko B, et al. Role of dietary factors and food habits in the development of childhood obesity: a commentary by the ESPGHAN Committee on Nutrition. *J Pediatr Gastroenterol Nutr*. 2011;52(6):662-669.
- (111) Simmonds M, Llewellyn A, Owen CG, Woolacott N. Predicting adult obesity from childhood obesity: a systematic review and meta-analysis. *Obes Rev*. 2016;17(2):95-107.
- (112) Serra Majem L, Ribas Barba L, Aranceta Bartrina J, Perez Rodrigo C, Saavedra Santana P, Pena Quintana L. Childhood and adolescent obesity in Spain. Results of the enKid study (1998-2000). *Med Clin*. 2003;121(19):725-732.
- (113) Notario-Barandiaran L, Valera-Gran D, Gonzalez-Palacios S, Garcia-de-la-Hera M, Fernández-Barrés S, Pereda-Pereda E, et al. High adherence to a mediterranean diet at age 4 reduces overweight, obesity and abdominal obesity incidence in children at the age of 8. *Int J Obes*. 2020;44(9):1906-1917.
- (114) El-Sheikh M, Sadeh A. I. Sleep and development: introduction to the monograph. *Monogr Soc Res Child Dev*. 2015;80(1):1-14.
- (115) Mindell JA, Kuhn B, Lewin DS, Meltzer LJ, Sadeh A; American Academy of Sleep Medicine. Behavioral treatment of bedtime problems and night wakings in infants and young children. *Sleep*. 2006;29(10):1263-1276.
- (116) Touchette É, Petit D, Paquet J, Boivin M, Japel C, Tremblay RE, et al. Factors associated with fragmented sleep at night across early childhood. *Arch Pediatr Adolesc Med*. 2005;159(3):242-249.
- (117) Sateia MJ. International classification of sleep disorders. *Chest*. 2014;146(5):1387-1394.

- (118) Dewald JF, Meijer AM, Oort FJ, Kerkhof GA, Bögels SM. The influence of sleep quality, sleep duration and sleepiness on school performance in children and adolescents: A meta-analytic review. *Sleep Med Rev.* 2010;14(3):179-189.
- (119) Raikkonen K, Matthews KA, Pesonen A, Pyhala R, Paavonen EJ, Feldt K, et al. Poor sleep and altered hypothalamic-pituitary-adrenocortical and sympatho-adrenal-medullary system activity in children. *J Clin Endocrinol Metab.* 2010;95(5):2254-2261.
- (120) España RA, Scammell TE. Sleep neurobiology from a clinical perspective. *Sleep.* 2011;34(7):845-858.
- (121) Galland BC, Taylor BJ, Elder DE, Herbison P. Normal sleep patterns in infants and children: a systematic review of observational studies. *Sleep Med Rev.* 2012;16(3):213-222.
- (122) García-García F, Drucker-Colín R. Endogenous and exogenous factors on sleep-wake cycle regulation. *Prog Neurobiol.* 1999;58(4):297-314.
- (123) Yip T, Cheon YM, Wang Y, Deng WQ, Seligson AL. Sociodemographic and environmental factors associated with childhood sleep duration. *Sleep Health.* 2020;6(6):767-777
- (124) Simard V, Nielsen TA, Tremblay RE, Boivin M, Montplaisir JY. Longitudinal study of preschool sleep disturbance: the predictive role of maladaptive parental behaviors, early sleep problems, and child/mother psychological factors. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 2008;162(4):360-367.
- (125) Dutil C, Walsh JJ, Featherstone RB, Gunnell KE, Tremblay MS, Gruber R, et al. Influence of sleep on developing brain functions and structures in children and adolescents: A systematic review. *Sleep Med Rev.* 2018;42:184-201.
- (126) Matricciani L, Paquet C, Galland B, Short M, Olds T. Children's sleep and health: a meta-review. *Sleep Med Rev.* 2019;46:136-150.
- (127) Shochat T, Tzischinsky O, Engel-Yeger B. Sensory hypersensitivity as a contributing factor in the relation between sleep and behavioral disorders in normal schoolchildren. *Behav Sleep Med.* 2009;7(1):53-62.
- (128) Vasak M, Williamson J, Garden J, Zwicker JG. Sensory processing and sleep in typically developing infants and toddlers. *Am J Occup Ther.* 2015;69(4):6904220040p1-6904220040p8.
- (129) Foitzik K, Brown T. Relationship Between Sensory Processing and Sleep in Typically Developing Children. *Am J Occup Ther.* 2018;72(1):7201195040p1-7201195040p9.

- (130) Appleyard K, Schaughency E, Taylor B, Sayers R, Haszard J, Lawrence J, et al. Sleep and Sensory Processing in Infants and Toddlers: A Cross-Sectional and Longitudinal Study. *Am J Occup Ther.* 2020;74(6):7406205010p1-7406205010p12.
- (131) Rajaei S, Kalantari M, Pashazadeh Azari Z, Tabatabaee SM, Dunn W. Sensory Processing Patterns and Sleep Quality in Primary School Children. *Iran J Child Neurol.* 2020;14(3):57-68.
- (132) Beaudry-Bellefeuille I, Lane S. Cultural adaptation for Spain of the Spanish version of the Short Sensory Profile using cognitive interviews. *Austin J Autism Relat Disabil.* 2015;1:1004-1010.
- (133) Román-Oyola R, Reynolds SE. Validating the response process of the spanish version of the short sensory profile: A pilot study using cognitive interviews. *Journal of Occupational Therapy, Schools, & Early Intervention.* 2010;3(3):197-206.
- (134) Serra-Majem L, Ribas L, Ngo J, Ortega RM, García A, Pérez-Rodrigo C, et al. Food, youth and the Mediterranean diet in Spain. Development of KIDMED, Mediterranean Diet Quality Index in children and adolescents. *Public Health Nutr.* 2004;7(7):931-935.
- (135) World Health Organization. BMI-For-Age (0–5 years). Available online: https://www.who.int/childgrowth/standards/bmi_for_age/en/ (accessed on 22 June 2020).
- (136) Onis Md, Onyango AW, Borghi E, Siyam A, Nishida C, Siekmann J. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bull World Health Organ.* 2007;85:660-667.
- (137) World Health Organization. BMI-For-Age (5–19 years). Available online: https://www.who.int/childgrowth/standards/bmi_for_age/en/ (accessed on 22 June 2020).
- (138) Paruthi S, Brooks LJ, D'Ambrosio C, Hall WA, Kotagal S, Lloyd RM, et al. Recommended Amount of Sleep for Pediatric Populations: A Consensus Statement of the American Academy of Sleep Medicine. *J Clin Sleep Med.* 2016;12(6):785-786.
- (139) Tomas Vila M, Miralles Torres A, Beseler Soto B. Spanish version of the Pediatric Sleep Questionnaire (PSQ). A useful instrument in investigation of sleep disturbances in childhood. Reliability analysis. *An Pediatr (Barc).* 2007;66(2):121-128.
- (140) Chervin RD, Hedger K, Dillon JE, Pituch KJ. Pediatric sleep questionnaire (PSQ): validity and reliability of scales for sleep-disordered breathing, snoring, sleepiness, and behavioral problems. *Sleep Med.* 2000;1(1):21-32.
- (141) Shahid A, Wilkinson K, Marcu S, Shapiro CM. Pediatric Sleep Questionnaire (PSQ). In: STOP, THAT and one hundred othersleep scales. Springer New York, New York, NY. 2011; pp 259–272

- (142) Vukojevic M, Zovko A, Talic I, Tanovic M, Resic B, Vrdoljak I, et al. Parental Socioeconomic Status as a Predictor of Physical and Mental Health Outcomes in Children - Literature Review. *Acta Clin Croat*. 2017;56(4):742-748.
- (143) Bernier A, Beauchamp MH, Bouvette-Turcot A, Carlson SM, Carrier J. Sleep and cognition in preschool years: Specific links to executive functioning. *Child Dev*. 2013;84(5):1542-1553.
- (144) Astill RG, Van der Heijden, Kristiaan B, Van IJzendoorn MH, Van Someren EJ. Sleep, cognition, and behavioral problems in school-age children: A century of research meta-analyzed. *Psychol Bull*. 2012;138(6):1109.
- (145) Carson V, Kuzik N, Hunter S, Wiebe SA, Spence JC, Friedman A, et al. Systematic review of sedentary behavior and cognitive development in early childhood. *Prev Med*. 2015;78:115-122.
- (146) Hillman CH, Kamijo K, Scudder M. A review of chronic and acute physical activity participation on neuroelectric measures of brain health and cognition during childhood. *Prev Med*. 2011;52:S21-S28.
- (147) Guxens M, Ballester F, Espada M, Fernández MF, Grimalt JO, Ibarluzea J, et al. Cohort profile: the INMA—Infancia y Medio Ambiente—(environment and childhood) project. *Int J Epidemiol*. 2012;41(4):930-940.
- (148) Espelt A, Mari-Dell'Olmo M, Penelo E, Bosque-Prous M. Applied Prevalence Ratio estimation with different Regression models: An example from a cross-national study on substance use research. *Adicciones*. 2016;29(2):105-112.
- (149) Barros AJ, Hirakata VN. Alternatives for logistic regression in cross-sectional studies: an empirical comparison of models that directly estimate the prevalence ratio. *BMC Med Res Methodol*. 2003;3(1):1-13.
- (150) Deddens JA, Petersen MR. Approaches for estimating prevalence ratios. *Occup Environ Med*. 2008;65(7):481, 501-6.
- (151) Coulthard H, Palfreyman Z, Morizet D. Sensory evaluation of a novel vegetable in school age children. *Appetite*. 2016;100:64-69.
- (152) Maiz E, Balluerka N. Nutritional status and Mediterranean diet quality among Spanish children and adolescents with food neophobia. *Food Qual Prefer*. 2016;52:133-142.
- (153) Rodríguez-Tadeo A, Patiño-Villena B, González-Martínez-La-Cuesta E, Urquidez-Romero R, Ros-Berruezo G. Food neophobia, Mediterranean diet adherence and acceptance of healthy foods prepared in gastronomic workshops by Spanish students. *Nutr Hosp*. 2018;35(3):642-649.

- (154) Farrow CV, Coulthard H. Relationships between sensory sensitivity, anxiety and selective eating in children. *Appetite*. 2012;58(3):842-846.
- (155) Coulthard H, Harris G, Fogel A. Association between tactile over-responsivity and vegetable consumption early in the introduction of solid foods and its variation with age. *Matern Child Nutr*. 2016;12(4):848-859.
- (156) Bawaked RA, Fernández-Barrés S, Navarrete-Muñoz EM, González-Palacios S, Guxens M, Irizar A, et al. Impact of lifestyle behaviors in early childhood on obesity and cardiometabolic risk in children: Results from the Spanish INMA birth cohort study. *Pediatr Obes*. 2020;15(3):e12590.
- (157) Naish KR, Harris G. Food intake is influenced by sensory sensitivity. *PLoS One*. 2012;7(8):e43622.
- (158) Yoder RM, Taube JS. The vestibular contribution to the head direction signal and navigation. *Front Integr Neurosci*. 2014;22(8):32.
- (159) Marmeleira J, Veiga G, Cansado H, Raimundo A. Relationship between motor proficiency and body composition in 6-to 10-year-old children. *J Paediatr Child Health*. 2017;53(4):348-353.
- (160) D'Hondt E, Deforche B, De Bourdeaudhuij I, Gentier I, Tanghe A, Shultz S, et al. Postural balance under normal and altered sensory conditions in normal-weight and overweight children. *Clin Biomech*. 2011;26(1):84-89.
- (161) Goulardins JB, Rigoli D, Piek JP, Kane R, Palacio SG, Casella EB, et al. The relationship between motor skills, ADHD symptoms, and childhood body weight. *Res Dev Disabil*. 2016;55:279-286.
- (162) Lawson LM, Foster L. Sensory patterns, obesity, and physical activity participation of children with autism spectrum disorder. *Am J Occup Ther*. 2016;70(5):7005180070p1-7005180070p8.
- (163) Chen Z, Wimmer RD, Wilson MA, Halassa MM. Thalamic circuit mechanisms link sensory processing in sleep and attention. *Front Neural Circuits*. 2016;9:83.
- (164) Milner CE, Cuthbert BP, Kertesz RS, Cote KA. Sensory gating impairments in poor sleepers during presleep wakefulness. *Neuroreport*. 2009;20(3):331-336.
- (165) Hairston IS, Talbot LS, Eidelman P, Gruber J, Harvey AG. Sensory gating in primary insomnia. *Eur J Neurosci*. 2010;31(11):2112-2121.
- (166) Corbett BA, Muscatello RA, Blain SD. Impact of sensory sensitivity on physiological stress response and novel peer interaction in children with and without autism spectrum disorder. *Front Neurosci*. 2016;10:278.

- (167) Christensen JS, Wild H, Kenzie ES, Wakeland W, Budding D, Lillas C. Diverse autonomic nervous system stress response patterns in childhood sensory modulation. *Front Integr Neurosci.* 2020;14:6.
- (168) Bassett SM, Lupis SB, Gianferante D, Rohleder N, Wolf JM. Sleep quality but not sleep quantity effects on cortisol responses to acute psychosocial stress. *Stress.* 2015;18(6):638-644.
- (169) Hatzinger M, Brand S, Perren S, Stadelmann S, von Wyl A, von Klitzing K, et al. Electroencephalographic sleep profiles and hypothalamic–pituitary–adrenocortical (HPA)-activity in kindergarten children: Early indication of poor sleep quality associated with increased cortisol secretion. *J Psychiatr Res.* 2008;42(7):532-543.

12. ANEXOS

ANEXO 1

Cuestionario general de la información a recabar

CUESTIONARIO GENERAL

El presente cuestionario tiene como objetivo obtener información sobre datos sociodemográficos, estilos de vida y conducta. El cuestionario deberá ser cumplimentado por los padres o tutores del niño/a.

Solamente el investigador principal de este proyecto tendrá acceso a los datos que puedan identificar de manera directa o indirecta a los participantes. La identidad de los participantes será protegida en base a la Ley Orgánica 15/1999 de 13 de diciembre, de regulación del tratamiento automatizado de datos de carácter personal (LOPD).

Fecha día..... / mes..... / año 20.....

Nº de identificación.....
(Cumplimentar por el personal investigador)

Persona que cumplimenta el cuestionario:

Y Madre Y Padre Y Ambos Y Otros. Especificar.....

1. Datos de identificación (voluntarios)

Nombre del niño/a.....

Nombre de la madre.....

Nombre del padre.....

2. Datos del centro escolar

Nombre del centro donde estudia su hijo/a.

Tipo de centro: Y Público Y Privado Y Concertado Localidad del centro.....

3. Datos sociodemográficos

Datos de la madre	Datos del padre
Edad..... Fecha de nacimiento.....	Edad..... Fecha de nacimiento.....
País de nacimiento.....	País de nacimiento.....
Nacionalidad.....	Nacionalidad.....
¿Qué nivel de estudios ha finalizado?	¿Qué nivel de estudios ha finalizado?
<input type="checkbox"/> No sabe leer ni escribir. <input type="checkbox"/> Sin estudios o estudios primarios incompletos. <input type="checkbox"/> Estudios Primarios (EGB, Primaria, ESO) <input type="checkbox"/> Estudios Secundarios (BUP, COU, Bachiller, FP) <input type="checkbox"/> Estudios Universitarios <input type="checkbox"/> Otros, especificar	<input type="checkbox"/> No sabe leer ni escribir. <input type="checkbox"/> Sin estudios o estudios primarios incompletos. <input type="checkbox"/> Estudios Primarios (EGB, Primaria, ESO) <input type="checkbox"/> Estudios Secundarios (BUP, COU, Bachiller, FP) <input type="checkbox"/> Estudios Universitarios <input type="checkbox"/> Otros, especificar
Estado civil:	Estado civil:
<input type="checkbox"/> Soltera <input type="checkbox"/> Casada <input type="checkbox"/> Separada o divorciada <input type="checkbox"/> Viuda <input type="checkbox"/> Otros, especificar	<input type="checkbox"/> Soltero <input type="checkbox"/> Casado <input type="checkbox"/> Separado o divorciado <input type="checkbox"/> Viudo <input type="checkbox"/> Otros, especificar
¿Cuál de las siguientes formas define mejor la situación en la vive usted?	¿Cuál de las siguientes formas define mejor la situación en la vive usted?
<input type="checkbox"/> Vive con el padre del niño/a <input type="checkbox"/> Vive con otra pareja <input type="checkbox"/> Vive con sus padres <input type="checkbox"/> Vive sola <input type="checkbox"/> Otros, especificar	<input type="checkbox"/> Vive con la madre del niño/a <input type="checkbox"/> Vive con otra pareja <input type="checkbox"/> Vive con sus padres <input type="checkbox"/> Vive solo <input type="checkbox"/> Y Otros, especificar
¿Cuál es su situación laboral actual?	¿Cuál es su situación laboral actual?
<input type="checkbox"/> Trabajadora <input type="checkbox"/> Parada <input type="checkbox"/> Estudiante <input type="checkbox"/> Baja laboral. Motivo..... <input type="checkbox"/> Ama de casa <input type="checkbox"/> Otros, especificar	<input type="checkbox"/> Trabajador <input type="checkbox"/> Parado <input type="checkbox"/> Estudiante <input type="checkbox"/> Baja laboral. Motivo..... <input type="checkbox"/> Amo de casa <input type="checkbox"/> Otros, especificar
En el caso de esté trabajando:	En el caso de esté trabajando:
<input type="checkbox"/> Actividad de la empresa..... <input type="checkbox"/> Puesto de trabajo	<input type="checkbox"/> Actividad de la empresa..... <input type="checkbox"/> Puesto de trabajo
Tipo de contrato:	Tipo de contrato:
<input type="checkbox"/> Tiempo parcial <input type="checkbox"/> Tiempo completo	<input type="checkbox"/> Tiempo parcial <input type="checkbox"/> Tiempo completo

4. Estilos de vida

Datos de la madre	Datos del padre
¿Cuánto mide aproximadamente? cm	¿Cuánto mide aproximadamente? cm
¿Cuánto pesa aproximadamente? kg	¿Cuánto pesa aproximadamente? Kg

4.1. Actividad física

Datos de la madre	Datos del padre
¿Cuántas horas al día suele dormir durante la semana? horas/día	¿Cuántas horas al día suele dormir durante la semana? horas/día
¿Cuántas horas al día suele dormir durante el fin de semana? horas/día	¿Cuántas horas al día suele dormir durante el fin de semana? horas/día
¿Cuántas horas al día ve la televisión durante la semana? horas/día	¿Cuántas horas al día ve la televisión durante la semana? horas/día
¿Cuántas horas al día ve la televisión durante el fin de semana? horas/día	¿Cuántas horas al día ve la televisión durante el fin de semana? horas/día
Considerando toda su actividad física habitual (trabajo u ocupación principal, hogar y tiempo libre), ¿cómo se considera?	Considerando toda su actividad física habitual (trabajo u ocupación principal, hogar y tiempo libre), ¿cómo se considera?
<input type="checkbox"/> Sedentaria (sentado casi siempre, sin actividad física, sin deporte, bajo cuidados) <input type="checkbox"/> Poco activa (profesionales o actividades sentadas, amas de casa con electrodomésticos, escaso deporte) <input type="checkbox"/> Moderadamente activa (trabajos manuales, amas de casa sin electrodomésticos, deporte ligero, etc.) <input type="checkbox"/> Bastante activa (trabajos o actividades de pie andando, deporte intenso, etc.) <input type="checkbox"/> Muy activa (Trabajo muy vigoroso, deporte fuerte diario) <input type="checkbox"/> No sabe/no contesta	<input type="checkbox"/> Sedentario (sentado casi siempre, sin actividad física, sin deporte, bajo cuidados) <input type="checkbox"/> Poco activo (profesionales o actividades sentadas, amas de casa con electrodomésticos, escaso deporte) <input type="checkbox"/> Moderadamente activo (trabajos manuales, amas de casa sin electrodomésticos, deporte ligero, etc.) <input type="checkbox"/> Bastante activo (trabajos o actividades de pie andando, deporte intenso, etc.) <input type="checkbox"/> Muy activo (Trabajo muy vigoroso, deporte fuerte diario) <input type="checkbox"/> No sabe/no contesta

4.2. Hábito tabáquico

Datos de la madre	Datos del padre
¿Ha fumado a largo de su vida?	¿Ha fumado a largo de su vida?
<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
¿Cuál de las siguientes formas describe mejor su consumo de tabaco?	¿Cuál de las siguientes formas describe mejor su consumo de tabaco?
<input type="checkbox"/> Fuma diariamente <input type="checkbox"/> Fuma, pero no diariamente <input type="checkbox"/> No fuma, aunque antes fumaba diariamente <input type="checkbox"/> No fuma aunque antes fumaba pero no diariamente	<input type="checkbox"/> Fuma diariamente <input type="checkbox"/> Fuma, pero no diariamente <input type="checkbox"/> No fuma, aunque antes fumaba diariamente <input type="checkbox"/> No fuma aunque antes fumaba pero no diariamente
¿Fuma alguien más en casa?	¿Fuma alguien más en casa?
<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No

5. Escala de Estrés Parental

Las siguientes frases describen sentimientos y percepciones acerca de la experiencia de ser padre/madre. Piense sobre cada uno de los ítems en términos de cómo es su relación con su hijo/a. Por favor, indique el grado de acuerdo o desacuerdo con los siguientes ítems, poniendo el número correspondiente sobre el espacio que se ofrece para responder.

1 2 3 4 5
 Muy en desacuerdo En desacuerdo Indeciso De acuerdo Muy de acuerdo

Datos de la madre

Datos del padre

___ 1. Soy feliz como madre	___ 1. Soy feliz como padre
___ 2. Hay poco (o nada) que no haría por mis hijos/as si fuera necesario.	___ 2. Hay poco (o nada) que no haría por mis hijos/as si fuera necesario.
___ 3. A veces cuidar de mi hijo/s me supone más tiempo y energía de la que tengo.	___ 3. A veces cuidar de mi hijo/s me supone más tiempo y energía de la que tengo.
___ 4. A veces me preocupa si estoy haciendo lo suficiente por mi hijo/s.	___ 4. A veces me preocupa si estoy haciendo lo suficiente por mi hijo/s.
___ 5. Me siento unida a mi hijo/s.	___ 5. Me siento unido a mi hijo/s.
___ 6. Disfruto dedicándole tiempo a mi hijo/s.	___ 6. Disfruto dedicándole tiempo a mi hijo/s.
___ 7. Mi hijo/s es una fuente importante de afecto para mí.	___ 7. Mi hijo/s es una fuente importante de afecto para mí.
___ 8. Tener un hijo/s me da una visión más tranquila y optimista del futuro.	___ 8. Tener un hijo/s me da una visión más tranquila y optimista del futuro.
___ 9. La mayor fuente de estrés en mi vida es mi hijo/s.	___ 9. La mayor fuente de estrés en mi vida es mi hijo/s.
___ 10. Tener un hijo/s me quita tiempo y disponibilidad en mi vida.	___ 10. Tener un hijo/s me quita tiempo y disponibilidad en mi vida.
___ 11. Tener un hijo/s ha sido una carga económica.	___ 11. Tener un hijo/s ha sido una carga económica.
___ 12. El tener hijos me hace difícil compaginar distintas obligaciones.	___ 12. El tener hijos me hace difícil compaginar distintas obligaciones.
___ 13. La conducta de mi hijo/a es a menudo molesta o estresante para mí.	___ 13. La conducta de mi hijo/a es a menudo molesta o estresante para mí.
___ 14. Si pudiera volver atrás, decidiría no tener hijo/s.	___ 14. Si pudiera volver atrás, decidiría no tener hijo/s.
___ 15. Me siento abrumada por la responsabilidad de ser madre.	___ 15. Me siento abrumado por la responsabilidad de ser padre.
___ 16. Tener un hijo/s ha supuesto tener pocas oportunidades y poco control sobre mi vida.	___ 16. Tener un hijo/s ha supuesto tener pocas oportunidades y poco control sobre mi vida.
___ 17. Estoy satisfecha como madre.	___ 17. Estoy satisfecho como padre.
___ 18. Mi hijo/s me parece encantador/es.	___ 18. Mi hijo/s me parece encantador/es.

6. Historia reproductiva

Datos de la madre

¿Tiene más hijos aparte del actual?

- Sí
- No

En caso afirmativo, ¿cuántos hijos tiene en total?

Nº de hijos.....

¿Le diagnosticaron alguna de las siguientes complicaciones en el embarazo de su hijo/a?

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Ningún problema | <input type="checkbox"/> Eclampsia |
| <input type="checkbox"/> Hipertensión en el embarazo | <input type="checkbox"/> Diabetes gestacional |
| <input type="checkbox"/> Preeclampsia | <input type="checkbox"/> Otros, especificar |

¿Fumó durante el embarazo de su hijo/a?

- Sí

En caso afirmativo, ¿cuál de las siguientes situaciones se adapta mejor a la suya?

<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Fumé durante todo el embarazo
<input type="checkbox"/> Fumé alguien en casa durante el embarazo de su hijo?	<input type="checkbox"/> Fumé durante el 1º trimestre de embarazo
<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> Fumé durante el 1º y 2º trimestre de embarazo
<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Fumé durante todo el embarazo pero b dejé cuando nació mi hijo/a
<input type="checkbox"/> El nacimiento de su hijo/a fue anterior a la fecha prevista de término del embarazo?	<input type="checkbox"/> Cuántas semanas de gestación duró el embarazo de su hijo/a?..... semanas
<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> Menos de 37 semanas
<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Más de 37 semanas
<input type="checkbox"/> ¿Qué tipo de parto tuvo con su hijo/a?	<input type="checkbox"/> ¿Cuántos gramos pesó su hijo/a?..... gr.
<input type="checkbox"/> Vaginal	<input type="checkbox"/> Menos de 2500gr
<input type="checkbox"/> Cesárea	<input type="checkbox"/> Más de 2500gr
<input type="checkbox"/> Forceps	
<input type="checkbox"/> Ventosa	
<input type="checkbox"/> ¿Le dio pecho a su hijo/a?	En caso afirmativo, señale la que más se adecúe:
<input type="checkbox"/> Sí. Durantemeses.	<input type="checkbox"/> Realicé lactancia materna exclusivamente
<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Realicé lactancia mixta, empleando simultáneamente lactancia materna y artificial

7. Datos del niño/a

Edad..... Fecha de nacimiento.....

¿Cuánto mide aproximadamente? cm

¿Cuánto pesa aproximadamente? Kg

7.1. Actividad física

¿Cuántas horas al día suele su hijo/a dormir durante la semana? horas/día

¿Cuántas horas al día ve su hijo/a la televisión durante la semana? horas/día

¿Cuántas horas al día suele su hijo/a dormir durante el fin de semana? horas/día

¿Cuántas horas al día ve su hijo/a la televisión durante el fin de semana? horas/día

Fuera del colegio, ¿cuánto tiempo dedica su hijo/a al día a otros juegos o actividades sedentarios (ej. puzzles, leer, muñecas/juegos, deberes, etc.)? (Excluír televisión/videojuegos/tablet y Wii-sports)

Durante la semana	Durante el fin de semana
<input type="checkbox"/> Casi nunca	<input type="checkbox"/> Casi nunca
<input type="checkbox"/> Menos de 30 minutos al día	<input type="checkbox"/> Menos de 30 minutos al día
<input type="checkbox"/> Entre 30 min. y menos de 1 h/día	<input type="checkbox"/> Entre 30 min. y menos de 1 h/día
<input type="checkbox"/> Aprox. 1 hora / día	<input type="checkbox"/> Aprox. 1 hora / día
<input type="checkbox"/> 2 horas /día	<input type="checkbox"/> 2 horas /día
<input type="checkbox"/> 3 horas /día	<input type="checkbox"/> 3 horas /día
<input type="checkbox"/> 4 o más horas /día	<input type="checkbox"/> 4 o más horas /día

¿Qué tipo de actividad y cuánto tiempo (Ej. 1h y 30min; 2 veces/semana) suele hacer de actividad física EXTRA ESCOLAR ORGANIZADA (Ej. clase de baile/natación/etc.) o NO-ORGANIZADA como jugar en patio/parque, ir en bici/scooter, correr, saltar, patinar, nadar, gimnasia, etc? (Excluír videojuegos y el viaje al colegio).Indique todas aquellas que haga durante la semana.

Actividad 1.....	Actividad 4.....
Duración..... Veces/semana.....	Duración..... Veces/semana.....
Actividad 2.....	Actividad 5.....
Duración..... Veces/semana.....	Duración 6..... Veces/semana.....
Actividad 3.....	Actividad 2.....
Duración..... Veces/semana.....	Duración..... Veces/semana.....

¿Cuál es el deporte/actividad más común de su hijo/a?

¿Qué tipo de actividades suele preferir realizar su hijo/a?

- Actividades en grupo con niños/as de su misma edad
- Actividades en solitario
- Otros. Especificar.....

Globalmente, considerando toda su actividad física: ¿cómo considera usted a su hijo/a?

- Sedentario/a: sentado casi siempre, sin práctica de actividad física o deportes, bajo cuidados.
- Poco activo/a: actividades sentadas, escasa actividad física o deportes.
- Moderadamente activo/a: poco tiempo sentado, ligera actividad física o deportes.
- Bastante activo/a: casi siempre de pie, frecuente actividad física o deportes.
- Muy activo/a: siempre de pie/moviéndose, intensa actividad física o deportes a diario.
- No sabe/no contesta.

7.2. Datos sobre problemas de salud

¿Está su hijo/a en tratamiento médico por algún problema de salud?

- Sí
- No

En caso afirmativo, indique cuál:.....

¿Toma su hijo algún medicamento de forma continuada?

- Sí
- No

En caso afirmativo, indique cuál:.....

¿Toma su hijo algún suplemento de vitaminas y minerales?

- Sí
- No

En caso afirmativo, indique cuál:.....

¿Con qué frecuencia lo toma?

- Nº veces/día
- Nº veces/semana
- Otro. Especificar.....

7.3. Datos sobre problemas de alimentación

¿Tiene su hijo/a dificultad en la transición o introducción de texturas (de líquido a puré/ de puré a triturado o sólido)?

- Sí
- No

¿Muestra su hijo/a un fuerte desagrado ante las rutinas buco-faciales (lavar la cara, los dientes...)?

- Sí
- No

¿Tolera su hijo/a sólo una variedad muy limitada de alimentos, sabores y texturas?

- Sí
- No

Indique cuál/es de esta/s situación/es se aproxima más a la relación de su hijo/a con la comida. Puede indicar más de una opción.

- Rechaza una gran variedad de alimentos.
- Escupe la comida o la mantiene en la boca para no tragarla.
- Otra. Especificar.....

8. Hábitos dietéticos. Índice de Calidad de la Dieta Mediterránea (KIDMED)

Por favor, piense en lo que habitualmente suele comer su niña/o e indíquenos si las siguientes afirmaciones son aplicables a su situación. Por favor marque una respuesta Verdadero (V) o falso (F) para cada afirmación.

	V	F
1. Toma una fruta o zumo de fruta todos los días.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Toma una segunda fruta todos los días.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Toma verduras frescas, crudas, en ensalada o cocinadas regularmente una vez al día.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Toma verduras frescas, crudas, en ensalada o cocinadas más de una vez al día.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Toma pescado con regularidad, por lo menos 2 o 3 veces a la semana.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Acude una vez o más a la semana a un centro de "fast food" tipo hamburguesería.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Le gustan las legumbres y las toma más de una vez a la semana.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Toma pasta o arroz casi a diario (5 días o más a la semana).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Desayuna cereales o derivados como el pan, etc.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Toma frutos secos con regularidad, por lo menos 2-3 veces a la semana.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Consume aceite de oliva en casa.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. No desayuna.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. Desayuna un lácteo, como leche, yogur, etc.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. Desayuna bollería industrial.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15. Toma 2 yogures y/o 40 gramos de queso cada día.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16. Toma varias veces al día dulces y golosinas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

9. Versión reducida del “Cuestionario Pediátrico de Sueño”

A continuación, vamos a hacerle unas preguntas sobre algunos aspectos relacionados con el sueño y el comportamiento de su hijo/a.

A. Conducta durante la noche y mientras duerme:

¿Cuándo duerme su hijo/a...	Sí	No	No sabe
... ronca más de la mitad del tiempo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... ronca siempre?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... ronca de forma ruidosa?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... tiene una respiración ruidosa o profunda?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... tiene problemas o dificultad para respirar?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Alguna vez...	Sí	No	No sabe
... ha visto a su hijo parar de respirar por la noche?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Su hijo/a...	Sí	No	No sabe
... tiene tendencia a respirar con la boca abierta durante el día?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... tiene la boca seca cuando se despierta por las mañanas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... de vez en cuando moja la cama?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

B. Conducta durante el día y otros problemas posibles:

¿Su hijo/a...	Sí	No	No sabe
... se despierta cansado por las mañanas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... se va durmiendo durante el día?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Su profesor o cualquier otro cuidador le ha comentado alguna vez que su hijo parece que esté dormido durante el día?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Le cuesta despertar a su hijo por las mañanas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Su hijo se queja de dolor de cabeza por las mañanas, cuando se despierta?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Alguna vez su hijo, desde que nació, ha tenido un “parón” en su crecimiento?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Su hijo tiene sobrepeso (pesa más de lo normal para su edad)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

C. Otros aspectos relacionados con la conducta	Nunca	Algunas veces	Muchas veces	Casi siempre
No parece escuchar lo que se le dice.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tiene dificultad para organizar sus actividades.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Se distrae fácilmente con estímulos irrelevantes.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Molesta moviendo las manos y los pies mientras está sentado.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Está permanentemente en marcha como si tuviera un motor.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Interrumpe las conversaciones o los juegos de los demás.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

10. Cuestionario sobre el perfil de hábitos de defecación

Por favor, señale las respuestas que mejor describan con qué frecuencia su hijo presenta las siguientes conductas.

	Casi siempre (1)	Frecuentemente (2)	A veces (3)	Raramente (4)	Nunca (5)
1ªSección: Sensibilidad alta					
1. Mi hijo/a se esconde en el momento de hacer sus deposiciones.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Mi hijo/a me pide un pañal cuando siente la necesidad de hacer una deposición.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Mi hijo rechaza sentarse en el orinal o en el inodoro para hacer sus deposiciones.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Mi hijo sigue un ritual inhabitual en el momento de hacer sus deposiciones que implica acciones o lugares que no suelen estar asociados con ir al baño.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.a. Explique cuál es el ritual de su hijo:					
5. Mi hijo parece sentir dolor en el momento de hacer sus deposiciones, incluso cuando sus heces son blandas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Mi hijo rechaza ir al baño fuera de casa.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. La reacción de mi hijo al olor de sus heces es exagerada.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Mi hijo rechaza limpiarse o que lo limpien después de defecar.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2ªSección: Sensibilidad baja					
9. Mi hijo no parece sentir las ganas de defecar.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Mi hijo no se da cuenta de que ha manchado (heces) su ropa.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

11. Cuestionario sobre el perfil sensorial (*Short Sensory Profile*)

Por favor marque el cuadrado que mejor representa la frecuencia con la cual su hijo/a demuestra los siguientes comportamientos. Si no es posible responder a alguno de estos comportamientos, déjelo en blanco. Por favor no escriba en la sección *Resultado Bruto Total por Sección*.

Abreviaturas: S, Siempre; F, Frecuente; AV, A veces; CN, Casi nunca; N, Nunca.

Sensibilidad táctil	S	F	AV	CN	N
1. Expresa angustia cuando le cortan el pelo y las uñas, o se le lava la cara (por ejemplo, llora o lucha).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Prefiere usar manga larga cuando hace calor o manga corta cuando hace frío.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Evita ir descalzo, especialmente en arena o hierba.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Reacciona emocional o agresivamente cuando lo tocan.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Se aleja del agua que le pueda salpicar.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Tiene dificultades para esperar en fila o cerca de otra gente.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Frota o rasca el área del cuerpo donde le han tocado.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Resultado bruto total por sección

Sensibilidad gustativa/olfativa	S	F	AV	CN	N
8. Evita ciertos sabores u olores que habitualmente forman parte de las dietas de los niños.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Come solamente algunas comidas de ciertos sabores. (apunte: _____)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Se limita a comer solamente comidas de cierta textura/temperatura. (apunte: _____)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Es exigente con lo que come, especialmente en lo que se refiere a las texturas de los alimentos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Resultado bruto total por sección

Sensibilidad al movimiento	S	F	AV	CN	N
12. Se vuelve ansioso o angustiado cuando sus pies se separan del suelo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. Teme caerse o estar en lo alto.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. No le gustan las actividades en las cuales se queda con la cabeza hacia abajo (por ejemplo, volteretas, juegos bruscos).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Resultado bruto total por sección

Poca receptividad/búsqueda de sensaciones	S	F	AV	CN	N
15. Disfruta de ruidos extraños/trata de hacer ruido sólo por hacer ruido.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16. Busca todo tipo de movimiento y esto interfiere con las actividades rutinarias (por ejemplo, no se puede quedar quieto).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17. Se emociona demasiado con las actividades de movimiento.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18. Toca excesivamente a gente y objetos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19. No parece notar cuando tiene la cara y manos sucias.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20. Pasa de una actividad a otra al punto de interferir con el juego.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21. No le molesta tener la ropa torcida.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Resultado bruto total por sección

Filtración auditiva	S	F	AV	CN	N
22. Se distrae o tiene dificultades para funcionar normalmente si hay mucho ruido a su alrededor.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23. Parece no oír lo que se le dice (por ejemplo, parece no hacer caso).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24. No puede trabajar si hay ruido ambiental (por ejemplo, de un ventilador, de un refrigerador)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25. Tiene dificultades para completar las tareas cuando está puesta la radio.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26. No responde cuando lo llaman, pero usted sabe que su hijo oye bien.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27. Tiene dificultades para prestar atención.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Resultado bruto total por sección					
Baja energía/débil	S	F	AV	CN	N
28. Parece que sus músculos son débiles.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
29. Se cansa fácilmente, especialmente cuando está de pie o manteniendo alguna posición determinada.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
30. Aprieta débilmente, como si le faltara fuerza para su edad.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
31. No puede levantar objetos pesados (parece más débil que otros niños de la misma edad).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
32. Siempre está buscando apoyarse en muebles, personas, etc. (incluso cuando está haciendo algo).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
33. Tiene poco aguante/Se agota fácilmente.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Resultado bruto total por sección					
Sensibilidad auditiva/visual	S	F	AV	CN	N
34. Responde de manera negativa a sonidos fuertes o inesperados (por ejemplo, llora o se esconde al oír el ruido de la aspiradora, ladridos de perro, secador de pelo).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
35. Se cubre los oídos con las manos para protegerlos de sonidos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
36. Le molesta la luz brillante a la que otras personas se acostumbran.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
37. Mira a todas las personas que se mueven a su alrededor.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
38. Se cubre los ojos o los entrecierra para protegerse de la luz.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Resultado bruto total por sección					

Muchas gracias por su colaboración

- Marque esta casilla si **NO** está de acuerdo en que su hijo/a participe en la evaluación del test de integración visual-motora (VMI) que se realizará en el aula del centro educativo.
- Marque esta casilla si **NO** está de acuerdo en que contactemos con ustedes en el futuro con el fin de continuar con esta investigación sobre la cual serán debidamente informados.
- Si está de acuerdo en que contactemos con usted si fuese necesario indique su número de teléfono: _____ y correo electrónico: _____

ANEXO 2

Artículo científico correspondiente a la publicación I



Protocol

The Infancia y Procesamiento Sensorial (InProS—Childhood and Sensory Processing) Project: Study Protocol for a Cross-Sectional Analysis of Parental and Children’s Sociodemographic and Lifestyle Features and Children’s Sensory Processing

Paula Fernández-Pires ^{1,†}, Desirée Valera-Gran ^{1,2,*,†}, Alicia Sánchez-Pérez ^{1,2},
Miriam Hurtado-Pomares ^{1,2}, Paula Peral-Gómez ^{1,2}, Cristina Espinosa-Sempere ^{1,2},
Iris Juárez-Leal ^{1,2} and Eva-María Navarrete-Muñoz ^{1,2}

¹ Department of Surgery and Pathology, Miguel Hernández University, 03550 Alicante, Spain; paula.fernandezp@umh.es (P.F.-P.); alicia.sanchez@umh.es (A.S.-P.); mhurtado@umh.es (M.H.-P.); pperal@umh.es (P.P.-G.); c.espinosa@umh.es (C.E.-S.); ijuarez@umh.es (I.J.-L.); enavarrete@umh.es (E.-M.N.-M.)

² Grupo de Investigación en Terapia Ocupacional (InTeO), Miguel Hernández University, 03550 Alicante, Spain

* Correspondence: dvalera@umh.es; Tel.: +34-965-233-705

† Both authors contributed equally to this work.

Received: 21 January 2020; Accepted: 21 February 2020; Published: 24 February 2020



Abstract: Sensory processing difficulties may have potential detrimental consequences on the physical, social and intellectual development of children. It includes serious disturbances affecting emotional regulation, motor performance, social behavior and daily life functioning, among others factors. Since these symptoms are more frequent among children with disabilities, most research has been carried out in clinical populations. However, recent studies have suggested that sensory problems may be prevalent in around 20% of children without clinical conditions. To date, epidemiological research on sensory dysfunctions in normally developing children is lacking; therefore, it is unknown whether or not sensory processing difficulties are significant factors that affect child’s development. Hence, this study has a double general purpose: (1) to determine the sensory profile of school-aged children; (2) to examine the associations between atypical sensory processing patterns and socio-demographic, health and lifestyle features of these children and their parents. The Infancia y Procesamiento Sensorial (InProS, Childhood and Sensory Processing in English) project is a population-based cross-sectional study of Spanish children aged 3–7 years. Data were gathered from different ad hoc questionnaires and several standardized tests. We propose an objective and reliable methodology using statistical and research procedures to describe and determine associations with sensory processing outcomes. We believe that this project will contribute to filling the gap in epidemiological research on sensory issues by providing more convincing evidence. Nevertheless, the potential results should be corroborated in other larger samples.

Keywords: sensory processing; childhood; development; health; lifestyle

1. Introduction

Sensory processing is a complex neurological ability that integrates information received from our sensory systems (i.e., tactile, olfactory, gustatory, visual, auditory, proprioceptive and vestibular). As a part of the process, sensory information is interpreted, selected and organized by our brain to produce

adequate motor, behavioral, emotional and/or attentional responses [1]. The presence of difficulties in sensory processing can manifest as impaired responses to, processing of, and/or organization of sensory information that may compromise the normal development of children by affecting their participation in functional daily life routines and activities [2,3]. Importantly, sensory processing dysfunction may affect the physical, social and intellectual development of children including problems related to emotional regulation, motor performance, social interaction, and daily life functioning at home, at school, and in the community [4].

Atypical sensory processing is a common feature in children with developmental problems such as autism spectrum disorder (ASD) or attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) [3], although current research suggests that 5% to 18% of children from the general population aged between 3 and 11 years have symptoms associated with sensory processing difficulties [5–8]. However, the existing literature to date on sensory processing issues is still limited and heterogeneous [4]. In this respect, it should be noted that children diagnosed with certain clinical conditions are more likely to present sensory processing challenges, which explains that most research has been mainly conducted in clinical populations. Moreover, closely linked to this limitation, it should be considered that the available evidence has essentially emerged from isolated findings due to the samples studied have diverse features and comorbidities. Nevertheless, certain improvement in the understanding about sensory processing patterns in various clinical populations has been observed recently although, at the same time, it has been also recognized that there is an important lack of knowledge with respect to children without clinical diagnoses [4].

As far as we know, epidemiological research about sensory processing difficulties in normally developing children has basically yielded prevalence data provided from scarce studies [9,10]. Indeed, there are no previous studies having explored factors associated with sensory processing dysfunction that could affect the normal development of children without disabilities. In this regard, although establishing prevalence rates of sensory processing difficulties is an essential step to formulate etiological hypothesis, to provide more convincing evidence, it is important to use other epidemiological approaches to investigate the exposure/outcome associations of interest. Consequently, at this stage, more efforts should be made to ensure new good quality epidemiological studies in sensory processing difficulties in children from different countries and populations.

Therefore, this study attempts to fill the gap in epidemiological research on sensory processing issues in typically developing children. Firstly, this study aims to determine the sensory profile of school-aged children. Secondly, based on prior knowledge about socio-demographic and lifestyle factors related to child neurodevelopmental outcomes from solid evidence [11–15], we examine the associations between the detected sensory processing patterns and socio-demographic, health and lifestyle characteristics of the parents and their children. To the best of our knowledge, this is the first observational population-based study aimed to explore determinants affecting sensory processing in typically developing children in Spain. We think that an early detection of these problems could positively contribute to determine whether or not sensory processing difficulties are significant factors that affect child's development. Hence, this research will yield useful information to design appropriate interventions for specific sensory processing and associated functional difficulties in order to prevent detrimental consequences in child's health and in later life.

2. Materials and Methods

2.1. Study Design and Participants

The InProS project is a population-based cross-sectional study of children aged 3–7 years living in the province of Alicante (population > 1,830,000 inhabitants) in Spain. Participants were selected from a random sample of 21 schools registered at the office of the Consellería de Educación, Cultura y Deporte de la Generalitat Valenciana (Education, Culture and Sport Council of the Provincial Government, <http://www.ceice.gva.es>). More details about the study are available at www.inteo.edu.umh.es/inpros/.

2.2. Procedure and Enrolment

The enrolment was performed from February to May 2016. Once the permission from the principal of each school was given, around 1700 eligible children were invited to participate in this study through an envelope with an invitation letter addressed to their parents. The envelope contained a participant information sheet with the main project details, a booklet with several questionnaires, as well as the instructions on how to complete them. After approximately a 2/3-week period, all children were asked to return the completed questionnaires, along with the informed written parental consent. Once all the documentation was examined, children were excluded from the study if they presented any disability. A total sample of 620 children was finally included, rendering a response rate of approximately 37%.

2.3. Study Variables

Information about sociodemographics, health and lifestyle behaviors of the children and their parents was collected using different ad hoc questionnaires and several measurements based on previous studies. A summary of the data collection undertaken in the InProS study is presented in Table 1.

Table 1. Summary of the data collection for the InProS study.

Outcome Measures	Participants			Measurement Method
	Mother	Father	Child	
Sociodemographics				
Age	x	x	x	ad hoc questionnaire
Country of origin	x	x		ad hoc questionnaire
Education level	x	x		ad hoc questionnaire
Marital status	x	x		ad hoc questionnaire
Work status	x	x		ad hoc questionnaire
Lifestyle behaviors				
Sleep (h/d)	x	x	x	ad hoc questionnaire
Sleep quality			x	Pediatric Sleep questionnaire [16]
TV watching (h/d)	x	x	x	ad hoc questionnaire
Sedentary activities (h/d)			x	ad hoc questionnaire
Global physical activity	x	x	x	ad hoc questionnaire
Extracurricular Activities			x	ad hoc questionnaire
Smoking	x	x		ad hoc questionnaire
Dietary quality			x	KIDMED index [17]
Health				
Parental stress	x	x		Parental Stress scale [18]
Reproductive history	x			ad hoc questionnaire
Parity	x			ad hoc questionnaire
Pregnancy complications	x			ad hoc questionnaire
Smoking during pregnancy	x			ad hoc questionnaire
Gestation weeks	x			ad hoc questionnaire
Type of delivery	x			ad hoc questionnaire
Birth weight			x	ad hoc questionnaire
Lactancy	x		x	ad hoc questionnaire
Medical conditions			x	ad hoc questionnaire
Drug intake			x	ad hoc questionnaire
Vitamin/mineral intake			x	ad hoc questionnaire
Feeding problems			x	ad hoc questionnaire
Oral-facial problems			x	ad hoc questionnaire
Sensory processing			x	Short Sensory Profile [19]

Abbreviations: InProS, Infancia y Procesamiento Sensorial (Childhood and Sensory Processing); h, hours; d, day; TV, television.

2.3.1. Main Outcome Measure: Child Sensory Processing

Data on the child sensory processing was measured by the cross-culturally adapted and validated version of the short sensory profile (SSP) for Spanish children (SSP-S) [20,21]. The SSP is a screening tool based on the Sensory Profile, a questionnaire designed by W. Dunn (1999) [19] and used to identify sensory processing difficulties. It is a parent report measure that consists of a 38-item questionnaire divided into seven sections or subscales that collect information on different sensory issues: tactile sensitivity, taste/smell sensitivity, movement sensitivity, under-responsive/seeking sensation, auditory filtering, low energy/weak, and visual/auditory sensitivity. All items are scored on a one-point to five-point scale (i.e., ranging from 1–always to 5–never). As displayed in Table 2, the SSP total score and the score on each subscale can be obtained by summing up the respective values of the items. Moreover, the yielded scores can be used to determine children’s sensory profile (typical performance, probable difference, or definite difference) according to the cut-points proposed by Dunn [19].

Table 2. Summary of the scores for the SSP total and total SSP subscales and classification of the child sensory profile.

SSP Section/Subscale (Items)	Classification			
	Range Score	Typical Performance	Probable Difference	Definite Difference
Tactile Sensitivity (1–7)	7–35	35–30	29–27	26–7
Taste/Smell Sensitivity (8–11)	4–20	20–15	14–12	11–4
Movement Sensitivity (12–14)	3–15	15–13	12–11	10–3
Underresponsive/Seeks Sensation (15–21)	7–35	35–27	26–24	23–7
Auditory Filtering (22–27)	6–30	30–23	22–20	19–6
Low Energy/Weak (28–33)	6–30	30–26	25–24	23–6
Visual/Auditory Sensitivity (34–38)	5–25	25–19	18–16	15–5
Total (1–38)	38–190	190–155	154–142	141–38

Abbreviations: SSP = Short Sensory Profile.

2.3.2. Other Outcome Measures: Sociodemographic Features, Lifestyle Behaviors and Health Conditions

Information about child and parental characteristics of interest for the study were gathered from different ad hoc questionnaires and several standardized tests that were reported by the parents. The selection of the tests and the design of the ad hoc questionnaires were based on previous studies focused on socio-demographic and lifestyle factors related to child neurodevelopmental outcomes [11–15], as well as on the experience learned from the participation by the research team in mother-child studies such as the INMA study [22]. To formulate the questions about child’s feeding problems and oral-facial problems, we counted on several occupational therapists trained in sensory integration with broad clinical experience. For more details, the booklet with the questionnaires used in this study is available at: <http://inteo.edu.umh.es/wp-content/uploads/sites/1447/2020/01/CUESTIONARIO-final1.pdf>.

2.4. Data Management

All data obtained from questionnaires was entered in Microsoft Office Excel (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA) spreadsheets to create a database. Each participant was given a unique identification number to protect the confidentiality of the personal information. The principal investigator designated a research assistant as responsible for ensuring the appropriate data management and storage. Electronic files were backed up, maintained, and stored on a hard drive, and hard copy original material including questionnaires, tests and personal data were stored in

numerical order in binders in a secure cabinet. Access to the study data will remain restricted, and all the files will be maintained in storage for a minimum period of ten years after completion of the study.

2.5. Statistical Analysis

2.5.1. Sample Size

Although existing literature has indicated that the prevalence of sensory problems in children without disabilities can reach up to 55% [23], it is generally assumed that rates can range between 10% and 20% in children from the general population [24]. Thus, to calculate the sample size the following assumptions were used: a prevalence of 18%, a significance level of 5%, a power of 80% and a two-sided test, thereby obtaining a sample of 485 participants as optimal. Moreover, to compensate the lack of statistical power because of the likely nonresponse, a rate of 15% of nonresponse was assumed according to the following formula: $485 \times 100 \div 85$. Therefore, a final sample of 570 would be required to meet the sample size requirements of the study. All procedures carried out for the estimation of the sample size were performed using software R, version 3.6.1 (R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing (Vienna, Austria; <http://www.r-project.org>).

2.5.2. Data Analysis Plan

Statistical analyses will be conducted using software R, version 3.6.1. All statistical tests were bilateral assuming a significance level of 5%. Descriptive analyses will be estimated to describe the sensory profile of children and sociodemographic, health and lifestyle characteristics of them and their parents. Values will be expressed as mean and standard deviation for normally distributed continuous variables or as median and interquartile range for non-normally distributed continuous variables. Kolmogorov-Smirnov test will be used to check the normal distribution of the continuous variables. Categorical variables will be displayed as frequencies and percentages.

To explore the differences in the study variables between those children classified as having a typical sensory profile (i.e., ≥ 155 points) and those with an atypical sensory profile (i.e., < 155 points), we will apply Chi-square or Fisher's exact for categorical variables, and T-student test or U de Mann Whitney test for continuous variables.

Bivariate regression models will be used to assess the relationship between SSP scores and study covariates and to build core models with the identified potential confounders using all the significant covariates ($p < 0.20$). Following a backward elimination procedure, all the covariates associated with the SSP scores will be included at a level of $p < 0.10$. Regardless of their statistical significance, the previous variables will be kept in the models if they changed the magnitude of the main effects by more than 10%.

The association between the sensory profile (i.e., typical vs atypical performance), using the SSP total score and the score of each subscale, and the study covariates of interest will be analyzed by multiple Poisson regression models with robust variance based on the Huber sandwich estimate to obtain prevalence ratios (PR) and their 95% confidence interval (CI) [25,26]. Finally, sensitivity analyses will be also conducted to evaluate the robustness of the main findings. This includes making a set of assumptions on the potential role of the parental and child conditions in child's sensory performance. Moreover, we will explore the differences among those children with atypical sensory profile (i.e., children classified as having a sensory profile with probable difference and those with definitive difference).

2.6. Ethical Approval, Ethical Considerations and Dissemination

This study protocol obtained the ethical approval from the Research Compliance Office of the Miguel Hernández University (DPC.ASP.02.16). The research was performed in accordance with the Declaration of Helsinki.

All the participant schools were informed vocally and in writing about the project. The children and their parents received general information about the project in writing. The details of the project indicated that their participation in the study was voluntary. All participants provided informed consent and had no incentive to take part in this study. Data confidentiality is warranted during the whole research process (i.e., data collection, data cleaning and dissemination of research results). Schools, parents and children will be informed on the progress of the study. Findings from this study will be presented at international meetings and will be published in open access peer reviewed journals. Furthermore, this study will be the subject of a doctoral thesis (P.F.-P.) and will meet the requirements the PhD program at the Miguel Hernández University (Alicante, Spain).

3. Discussion

This cross-sectional study has been designed to determine sensory processing difficulties and explore the associated factors in typically developing children. On the basis of the available data, this research proposal has been developed in response to the lack of knowledge of sensory processing issues in children from the general population as well as to the emerging concerns arise from notable prevalence rates detected in children without clinical conditions. By specifically adopting an epidemiological approach, we hope to provide more convincing evidence about sensory processing problems that may affect detrimentally the normal development and health of school-aged children without disabilities.

Research on sensory processing issues in children is relatively recent and, to a large extent, concentrated on examining clinical populations. Since sensory processing problems are estimated at 40%–88% in children with disabilities [23], most previous studies have mainly focused on characterizing these symptoms in children affected by developmental problems such as ASD or ADHD. Simultaneously, some studies have suggested that between 10% and 55% of normally developing children may exhibit signs of sensory processing challenges [23], although the information on this population gained from research is still clearly lacking. Thus, considering that sensory processing difficulties may have a detrimental effect on the normal development of children without disabilities, the present study intends to cover this important aspect of child's health.

One significant limitation of the current data on sensory processing issues is that the absence of studies using an epidemiological approach. This approach can offer several advantages in order to achieve effective research [27]. Firstly, epidemiological studies are population-based studies in contrast to clinical studies that usually examine small numbers of participants [28]. This population perspective allows the study findings can be interpreted in terms of group at risk (e.g., children) within particular socio-demographical context, thereby ensuring data can be extrapolated to a larger population with similar features. Secondly, epidemiological studies can provide an insight into the determinants and health-related outcomes or events that could be linked to the health problem of interest (i.e., sensory processing problems) using statistical and methodological procedures to describe, explain and predict these health events. Finally, since epidemiological studies are community-based studies, the insights gained from research should be applied to propose practical public health strategies and to tailor appropriate interventions in order to monitor and prevent health-related problems in the community [27].

This study has several limitations that should be acknowledged. The cross-sectional design of our study does not permit us to establish a temporal relationship between covariates and sensory processing outcomes. Thus, we will not be able to infer causation from all the potential associations that could be found but they will be useful to formulate further research hypothesis that are crucial for the advancement of knowledge. Although the effect unknown factors, residual confounding, or bias due to information not collected cannot be ignored, a wide range of potential confounding factors were considered to perform the main analyses. Moreover, all data were self-reported, suggesting that some misclassification cannot be disregarded, although any inaccuracy in reporting should be considered as non-differential. In this respect, it should be noted that all the questionnaires used to gather information from the study participants were valid and reliable instruments used in previous

research. Another limitation can be attributed to the fact that sensory processing dysfunction has been established using the cut-off points estimated in children from the United States. However, as showed for Spanish population aged 11 and older [7], it is expected that the normative values for Spanish children at school age are similar to those in the United States.

This study also presents several notable strengths. This study collected a sample of school-aged children from the general population that was randomly selected in order to preserve the representativeness of data. This project will allow not only the detailed description of sensory profile in representative sample of Spanish children, but also the exploration of different associations between child and parental sociodemographic, health and lifestyle features and child sensory processing outcomes. We believe that the research methodology and tools we propose will yield accurate and use information to provide more convincing evidence. Nevertheless, we are aware that the potential results should be corroborated in other larger samples.

4. Conclusions

This study provides an epidemiological approach to the study of sensory processing difficulties in school-aged children from the general population. A considerable proportion of children without disabilities may be affected by these health problems, although it is unknown whether or not sensory processing difficulties are significant factors that have a negative impact on child's development. In this study, we propose an objective and reliable methodology using statistical and research procedures to describe and determine associations with sensory processing outcomes. In this respect, this research proposal attempts to fill the gap in epidemiological research on sensory processing in typically developing children. Thus, we hope that our findings can constitute a suitable rationale for replicating in further samples using a prospective study design.

Author Contributions: Conceptualization, E.-M.N.-M. and D.V.-G.; Methodology, E.-M.N.-M. and D.V.-G.; Formal analysis, E.-M.N.-M. and D.V.-G.; Resources, E.-M.N.-M.; Data curation, E.-M.N.-M.; Writing—original draft preparation, P.F.-P. and D.V.-G.; Writing—review and editing, E.-M.N.-M., P.F.-P., D.V.-G., A.S.-P., M.H.-P., P.P.-G., C.E.-S., I.J.-L.; Visualization, E.-M.N.-M. and D.V.-G.; Supervision, E.-M.N.-M.; Project administration, E.-M.N.-M., P.F.-P. and D.V.-G. All authors have read and agree to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding. The Department of Pathology and Surgery at Miguel Hernández University partially covered the work field. The funders had no role in the design or conduct of the study; collection, management, analysis, and interpretation of the data; or preparation, review, and approval of the manuscript.

Acknowledgments: The authors would like to thank all the anonymous participants included in the InProS project and also to Silvia Navarro Amat, María Pilar Ruiz, Tayza El Toro, Neus de la Fuente, Alicia López, María Dolores Diago, Laura Compañ, and Macarena Pérez for collaborating in the collection of the data. This paper partially meets the requirements for the PhD program of Paula Fernández-Pires at the Miguel Hernández University (Alicante, Spain).

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest. E.-M. N.-M. and D.V.-G. belong to Editorial Board for this Special Issue in the International Journal of Environmental Research and Public Health and declare that they had no role in the peer review process of the manuscript.

References

1. De Paula Machado, A.C.C.; de Castro Magalhães, L.; de Oliveira, S.R.; Bouzada, M.C.F. Is sensory processing associated with prematurity, motor and cognitive development at 12 months of age? *Early Hum. Dev.* **2019**, *139*, 104852. [[CrossRef](#)]
2. Miller, L.J.; Nielsen, D.M.; Schoen, S.A.; Brett-Green, B.A. Perspectives on sensory processing disorder: A call for translational research. *Front. Integr. Neurosci.* **2009**, *3*, 22. [[CrossRef](#)]
3. Jorquera-Cabrera, S.; Romero-Ayuso, D.; Rodríguez-Gil, G.; Triviño-Juárez, J.-M. Assessment of Sensory Processing Characteristics in Children between 3 and 11 Years Old: A Systematic Review. *Front. Pediatr.* **2017**, *5*, 57. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
4. Miller, L.J.; Schoen, S.A.; Mulligan, S.; Sullivan, J. Identification of Sensory Processing and Integration Symptom Clusters: A Preliminary Study. *Occup. Ther. Int.* **2017**, *2017*. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

5. Delgado-Lobete, L.; Montes-Montes, R.; Rodríguez-Seoane, S. Prevalencia de Trastorno del Procesamiento Sensorial en niños españoles. Resultados preliminares y comparación entre herramientas de diagnóstico. *TOG* **2016**, *13*, 1–19.
6. Engel-Yeger, B. The applicability of the short sensory profile for screening sensory processing disorders among Israeli children. *Int. J. Rehabil. Res.* **2010**, *33*, 311–318. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
7. Gándara-Gafo, B.; Santos-del Riego, S.; Muñoz, J. Reference Values for the Adolescent/Adult Sensory Profile in Spain. *Am. J. Occup. Ther.* **2019**, *73*, 7305205040p1–7305205040p8. [[CrossRef](#)]
8. Román-Oyola, R.; Reynolds, S. Prevalence of Sensory Modulation Disorder among Puerto Rican Preschoolers: An Analysis Focused on Socioeconomic Status Variables. *Occup. Ther. Int.* **2013**, *220*, 144–154. [[CrossRef](#)]
9. Ahn, R.R.; Miller, L.J.; Milberger, S.; McIntosh, D.N. Prevalence of Parents' Perceptions of Sensory Processing Disorders Among Kindergarten Children. *Am. J. Occup. Ther.* **2004**, *58*, 287–293. [[CrossRef](#)]
10. Tirosh, E.; Bettesh Bendrian, S.; Golan, G.; Tamir, A.; Cohen Dar, M. Regulatory disorders in Israeli infants: Epidemiologic perspective. *J. Child Neurol.* **2003**, *18*, 748–754. [[CrossRef](#)]
11. Vukojević, M.; Zovko, A.; Talić, I.; Tanović, M.; Rešić, B.; Vrdoljak, I.; Splavski, B. Parental Socioeconomic Status as a Predictor of Physical and Mental Health Outcomes in Children—Literature Review. *Acta. Clin. Croat.* **2017**, *56*, 742–748. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
12. Bernier, A.; Beauchamp, M.H.; Bouvette-Turcot, A.-A.; Carlson, S.M.; Carrier, J. Sleep and cognition in preschool years: Specific links to executive functioning. *Child. Dev.* **2013**, *84*, 1542–1553. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
13. Astill, R.G.; Van der Heijden, K.B.; Van Ijzendoorn, M.H.; Van Someren, E.J.W. Sleep, cognition, and behavioral problems in school-age children: A century of research meta-analyzed. *Psychol. Bull.* **2012**, *138*, 1109–1138. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
14. Carson, V.; Kuzik, N.; Hunter, S.; Wiebe, S.A.; Spence, J.C.; Friedman, A.; Tremblay, M.S.; Slater, L.G.; Hinkley, T. Systematic review of sedentary behavior and cognitive development in early childhood. *Prev. Med.* **2015**, *78*, 115–122. [[CrossRef](#)]
15. Hillman, C.H.; Kamijo, K.; Scudder, M. A review of chronic and acute physical activity participation on neuroelectric measures of brain health and cognition during childhood. *Prev. Med.* **2011**, *52* (Suppl. 1), S21–S28. [[CrossRef](#)]
16. Tomás Vila, M.; Miralles Torres, A.; Beseler Soto, B. [Spanish version of the Pediatric Sleep Questionnaire (PSQ). A useful instrument in investigation of sleep disturbances in childhood. Reliability analysis]. *Anales de pediatría* **2007**, *66*, 121–128. [[CrossRef](#)]
17. Serra-Majem, L.; Ribas, L.; Ngo, J.; Ortega, R.M.; García, A.; Pérez-Rodrigo, C.; Aranceta, J. Food, youth and the Mediterranean diet in Spain. Development of KIDMED, Mediterranean Diet Quality Index in children and adolescents. *Public Health Nutr.* **2004**, *7*, 931–935. [[CrossRef](#)]
18. Oronoz, B.; Alonso-Arbiol, I.; Balluerka, N. A Spanish adaptation of the Parental Stress Scale. *Psicothema* **2007**, *19*, 687–692.
19. Dunn, W. *The Short Sensory Profile*; The Psychological Corporation: New York, NY, USA, 1999.
20. Beaudry-Bellefeuille, I.; Lane, S.J. Cultural Adaptation for Spain of the Spanish version of the short sensory profile using cognitive interviews. *Austin. J. Autism. Relat. Disabil.* **2015**, *1*, 1002.
21. Román-Oyola, R.; Reynolds, S.E. Validating the Response Process of the Spanish Version of the Short Sensory Profile: A Pilot Study Using Cognitive Interviews. *J. Occup. Ther. Sch. Early Interv.* **2010**, *3*, 197–206. [[CrossRef](#)]
22. Guxens, M.; Ballester, F.; Espada, M.; Fernández, M.F.; Grimalt, J.O.; Ibarluzea, J.; Olea, N.; Rebagliato, M.; Tardón, A.; Torrent, M.; et al. Cohort Profile: The INMA—Infancia y Medio Ambiente—(Environment and Childhood) Project. *Int. J. Epidemiol.* **2012**, *41*, 930–940. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
23. Critz, C.; Blake, K.; Nogueira, E. Sensory Processing Challenges in Children. *J. Nurse Pract.* **2015**, *11*, 710–716. [[CrossRef](#)]
24. Gouze, K.R.; Hopkins, J.; LeBailly, S.A.; Lavigne, J.V. Re-examining the epidemiology of sensory regulation dysfunction and comorbid psychopathology. *J. Abnorm Child Psychol.* **2009**, *37*, 1077–1087. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
25. Espelt, A.; Marí-Dell'Olmo, M.; Penelo, E.; Bosque-Prous, M. Applied Prevalence Ratio estimation with different Regression models: An example from a cross-national study on substance use research. *Adicciones* **2016**, *29*, 105–112. [[CrossRef](#)]

26. Barros, A.J.D.; Hirakata, V.N. Alternatives for logistic regression in cross-sectional studies: An empirical comparison of models that directly estimate the prevalence ratio. *BMC Med. Res. Methodol.* **2003**, *3*, 21. [CrossRef]
27. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). *Principles of Epidemiology in Public Health Practice. An Introduction to Applied Epidemiology and Biostatistics..* Available online: <https://www.cdc.gov/csels/dsepd/ss1978/index.html> (accessed on 8 January 2020).
28. Hodapp, R.M.; Urbano, R.C.; So, S.A. Using an epidemiological approach to examine outcomes affecting young children with Down syndrome and their families. *Downs Syndr. Res. Pract.* **2006**, *10*, 83–93. [CrossRef]









© 2020 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

ANEXO 3

Artículo científico correspondiente a la publicación II

Article

Association between Adherence to the Antioxidant-Rich Mediterranean Diet and Sensory Processing Profile in School-Aged Children: The Spanish Cross-Sectional InProS Project

Eva-María Navarrete-Muñoz ^{1,2,3,4,†} , Paula Fernández-Pires ^{1,†} , Silvia Navarro-Amat ¹,
Miriam Hurtado-Pomares ¹, Paula Peral-Gómez ¹ , Iris Juárez-Leal ¹ ,
Cristina Espinosa-Sempere ¹ , Alicia Sánchez-Pérez ^{1,*} and Desirée Valera-Gran ^{1,4,*} 

¹ Occupational Therapy Area, Department of Surgery and Pathology, Universidad Miguel Hernandez, 03550 Alicante, Spain; enavarrete@umh.es (E.-M.N.-M.); paula.fernandezp@umh.es (P.F.-P.); snavarro@umh.es (S.N.-A.); mhurtado@umh.es (M.H.-P.); pperal@umh.es (P.P.-G.); ijuarez@umh.es (I.J.-L.); c.espinosa@goumh.umh.es (C.E.-S.)

² Centro de Investigación Biomédica en Red de Epidemiología y Salud Pública (CIBERESP), 28029 Madrid, Spain

³ Unit of Nutritional Epidemiology, Department of Public Health, Universidad Miguel Hernandez, 03550 Alicante, Spain

⁴ Alicante Institute for Health and Biomedical Research (ISABIAL-FISABIO Foundation), 03550 Alicante, Spain

* Correspondence: alicia.sanchez@umh.es (A.S.-P.); dvalera@umh.es (D.V.-G.); Tel.: +34-965-919-579 (A.S.-P.); +34-965-233-705 (D.V.-G.)

† Both authors contributed equally.

Received: 29 March 2019; Accepted: 1 May 2019; Published: 2 May 2019



Abstract: We assessed the association between adherence to the Mediterranean diet (MD) and sensory processing in 583 Spanish children aged 3–7 years from the InProS project in Alicante, Spain. Child sensory processing was measured using the short sensory profile (SSP); atypical sensory performance was defined as SSP total score <155; tactile sensitivity <30; taste/smell sensitivity <15; movement sensitivity <13; under-responsive/seeking sensation <27; auditory filtering <23; low energy/weak <26; and visual/auditory sensitivity <19 scores. Adherence to the MD was measured using the Mediterranean diet quality index KIDMED. Multiple Poisson regression models with robust variance, based on the Huber sandwich estimate, were used to obtain prevalence ratios (PR). Our findings suggested that a lower prevalence of atypical tactile and taste/smell sensitivity were associated with having medium (PR = 0.50, 95% CI: 0.25; 0.99; PR = 0.57, 95% CI: 0.33; 0.99, respectively) and high adherence to the MD (PR = 0.58, 95% CI: 0.34; 0.99; PR = 0.33, 95% CI: 0.19; 0.60, respectively), and of atypical low energy/weak with having medium adherence to the MD (PR = 0.37, 95% CI: 0.16; 0.83). A two-point increase in adherence to the MD showed a general positive effect against atypical sensory performance, although it was statistically significant on taste/smell sensitivity (PR = 0.71, 95% CI: 0.59; 0.85) and low energy/weak (PR = 0.80, 95% CI: 0.64; 0.99) subscales. To our knowledge, this is the first study that shows a protective effect of adherence to the MD against prevalence of atypical sensory processing in school-aged children. Further research from longitudinal studies is required to confirm these findings.

Keywords: Mediterranean diet; sensory processing; short sensory profile; tactile sensitivity; taste/smell sensitivity; low energy/weak

1. Introduction

The Mediterranean diet (MD) is a dietary pattern characterized by a high intake of foods and fat with important antioxidant properties, such as fruits and vegetables, olive oil, and nuts [1]. Consistent evidence has reported that a higher adherence to the MD has a beneficial effect on multiple health outcomes in adults [2], such as cardiovascular disease [3,4], cancer [5,6], mortality [7], and cognitive health [8], among others. However, research on the relationship between the adherence to the MD and childhood health outcomes remains scant [9], especially in early childhood.

Preschool to early school age is a critical window for establishing food preferences and developing sensory food aversion, such as neophobia and picky eating (i.e., acceptance of a limited variety of foods), which can lead to refuse to eat specific foods with particular tastes, textures, smells, or appearances [10]. Existing literature has documented that feeding difficulties are associated with less healthy food choices reducing the consumption of fruits, vegetables, and protein foods [11–15]. An unbalanced diet during childhood can have an important impact on children's health and development, resulting in detrimental consequences on several metabolic outcomes and a higher risk of developing neurological diseases in later adult life if not treated properly [16–19].

Child feeding difficulties may be linked to sensory processing disturbances. Sensory processing is the ability that our brain has to integrate information received from our sensory organs to produce an appropriate and efficient behavioral response [20]. As such, it involves the external and internal senses. Smell, taste, touch, proprioception, vision, hearing, and sound filtering provide information to the brain that has to process and analyze during the eating experience [21,22]; an over or under response to a particular sensory input may indicate sensory processing difficulties. Several studies conducted in children with autism disorders or chronic disease have suggested that sensory processing difficulties may be related to malnutrition and poor diets [21,23–25]. In this sense, apart from the likely grave consequences on a child's health resulting from an unbalanced diet, it should be noted that sensory processing difficulties may have a negative effect on mood, the ability to perform daily functions, and learning [20]. In specific populations, the prevalence rates may range between 80% and 100%, although current research suggest that about one in six children from the general population may be identified with sensory processing difficulties [20].

To our knowledge, there is no previous evidence about the relationship between sensory processing difficulties and dietary quality as measured by the adherence to the MD in children from the general population. Since sensory interventions can help to avoid sensory food aversion and increase the intake of some foods such as fruit and vegetables in preschool children [26–28], the understanding of this relationship may yield helpful information to improve the design of interventions aimed at correcting deviations to prevent unhealthy consequences in child's health and many long-term health problems in later life. Therefore, the purpose of the present study was to assess the association between the adherence to the MD (as well as its components) and sensory processing in a population-based sample of children aged 3–7 years.

2. Materials and Methods

2.1. Design and Procedure

The InProS (Infancia y Procesamiento Sensorial (Childhood and Sensory Processing)) project is a population-based cross-sectional study of children aged 3–7 years recruited from a random selection of 21 schools located in the Alicante province, Spain. Recruitment took place between February and May 2016. After getting the permission from the principal of each school, approximately 1700 eligible children were invited to participate in this study through an invitation letter addressed to their parents that contained a participant information sheet outlining the project details, a booklet with several questionnaires, and the instructions on how to complete them. All children were asked to return the informed written parental consent and the questionnaires filled out. A total sample of 620 children returned the documentation required, rendering a response rate of approximately 37%. After excluding

participants with missing data for outcome and exposure variables, a sample consisted of 583 (94%) was finally included in the present analysis. All participants provided informed consent and had no incentive to take part in this study. Ethical approval for this research was obtained from Miguel Hernández University and the research was performed in accordance with the Declaration of Helsinki.

2.2. Study Variables

Child sensory processing was measured by the short sensory profile (SSP), a screening tool used to identify children with sensory processing difficulties. The SSP is a parent report measure that consists of a 38-item questionnaire divided into seven different sections or subscales: tactile sensitivity, taste/smell sensitivity, movement sensitivity, under-responsive/seeking sensation, auditory filtering, low energy/weak, and visual/auditory sensitivity. All items are scored on a one-point to five-point scale (i.e., ranging from 1–always to 5–never). The SSP was based on the sensory profile, the questionnaire created by Dunn (1999) [29], which was cross-culturally adapted and validated in Spanish children [30,31]. We obtained the SSP total score and the score on each subscale by summing up the respective values to classify children's level of sensory abnormality (typical, probable difference, or definite difference) according to the cut-points proposed by Dunn [29]. Children with an atypical sensory performance were defined as follows: SSP total score <155; tactile sensitivity <30; taste/smell sensitivity <15; movement sensitivity <13; under-responsive/seeking sensation <27; auditory filtering <23; low energy/weak <26; and visual/auditory sensitivity <19 subscales. In our sample, the SSP has a good internal consistency (Cronbach's $\alpha = 0.72$ – 0.76 across scales).

The adherence to the MD was assessed using the Mediterranean diet quality index for children and adolescents (KIDMED) [32]. The KIDMED index is a 16-item questionnaire developed to evaluate dietary habits in children and youths aged 2–24 years. It ranges from 0 to 12 points; the scoring was computed as follows: the items denoting a negative connotation as regards the MD were assigned a value of -1 , and a value of $+1$ was applied to those illustrating a positive aspect. To evaluate the adherence to the MD, the sum of the values of the KIDMED index were divided into tertiles: first tertile (0–7 points), low adherence; second tertile (8 points), medium adherence; third tertile (9–12 points), high adherence.

In this study, other information about children and parental characteristics was also collected. To the best of our knowledge, there is no evidence on determinants affecting sensory processing in typically developing children, although previous research has suggested that sensory processing impairment is common across children with neurodevelopmental disorders [33,34]. For the present analysis, based on prior knowledge about socio-demographic and lifestyle factors related to child neurodevelopmental outcomes from mother–child longitudinal studies, the following variables were considered as a priori potential confounding factors because of their possible associations with exposure and outcome: maternal and paternal characteristics such as age (in years), country of birth (Spain, other country), level of education (primary or less; secondary; university studies) and employment (yes; no), and child characteristics such as age (in years); sex (female; male); body mass index (calculated as parent-reported weight in kilograms divided by parent-reported height in meters squared), sleep duration (in hours per day), sleep quality (good; poor) as measured by the Spanish version of the pediatric sleep questionnaire [35], TV watching (hours per day), and parent-reported physical activity (not active; moderately active; active/very active).

2.3. Statistical Analysis

Descriptive analysis of sociodemographic and lifestyle of parents and their children participants in the study was performed using frequencies and percentages for categorical variables, and median and interquartile range for continuous variables. To compare these characteristics between those children classified as a typical sensory profile (i.e., ≥ 155 points) and those with an atypical sensory profile (i.e., < 155 points), we used Chi-square or Fisher's exact for categorical variables, and U de Mann Whitney test for continuous variables.

The association between the adherence to the MD, using total score and score categories (i.e., low, medium and high), and sensory profile (i.e., typical vs atypical performance), using the SSP total score and the score of each subscale, was analyzed by multiple Poisson regression models with robust variance based on the Huber sandwich estimate to obtain prevalence ratios (PR) and their 95% confidence interval (CI) [36,37]. Furthermore, we replicated the same analysis for each component of the KIDMED index. A robust Poisson regression model was used instead of the log-binomial regression model due to it not converging [38].

Models were adjusted for potential confounders based on those factors previously identified in literature. Moreover, those variables with p -values <0.20 in the bivariate analysis and those whose magnitude of the effect for the exposure of interest changed by $>10\%$ following a backward elimination procedure were also included. We did not adjust for paternal variables and child body mass index due to the large number of missing values, although we conducted a further sensitivity analysis to explore the possible influence of these variables as potential confounders. Finally, all models were adjusted for the following child's characteristics: sex, age, sleep quality, and television watching; and for maternal age, educational level, and country of birth.

To assess the possible effect of dose-response in the categories of the adherence to the MD, linear tests were applied for the KIDMED score as continuous variable (low, medium, and high, coded 1–3).

Several sensitivity analyses were also conducted to evaluate the robustness of the main findings. First, to examine the likely influence of sex and age, we performed stratified analyses by the child's sex and age group. Moreover, taking into account the potential role of several conditions in sensory performance, we observed the effect of the complete model after excluding those children born preterm (<37 weeks of gestation; $n = 66$), with low birthweight (<2500 g; $n = 56$), and children with some diseases ($n = 45$). The father's education level and country of origin and the child's body mass index were also added to the complete model to weigh their possible effect on the findings obtained. Regarding the atypical sensory processing, stratified models by those children classified under probable difference and by those under definite difference for the analyzed SSP subscales were carried out. According to the sensory profile categories defined by Dunn [29], children with probable difference in sensory processing were classified as follows: tactile sensitivity 29–27; taste/smell sensitivity 14–12; and low energy/weak 25–24. Children with a definite difference in sensory processing were considered as follows: tactile sensitivity ≤ 26 ; taste/smell sensitivity ≤ 11 ; and low energy/weak ≤ 23 . Statistical analyses were conducted with software R, version 3.5.1 (R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria; <http://www.r-project.org>). The applied statistical tests were bilateral and significance was established at 0.05.

3. Results

3.1. Demographic and Lifestyle of Maternal, Paternal, and Child's Characteristics

In our study, the prevalence of atypical sensory performance in children aged 3–7 was 29.8% (SSP total score <155); 11.5% (tactile sensitivity <30); 15.3% (taste/smell sensitivity <15); 22.8% (movement sensitivity <13); 49.1% (under-responsive/seeks sensation <27); 44.4% (auditory filtering <23); 12.3% (low energy/weak <26); and 26.1% (visual/auditory sensitivity <19). The characteristics of the participants included in the study were described in Table 1. With respect to parental features, the median age was around 40 years (38 for the mothers, and 40 for the fathers). More than 80% of parents were Spanish and slightly higher than a third (40.8% of the mothers and 33.1% of the fathers) had university studies. Almost 90% of the fathers reported to be employed while around 30% of the mothers were unemployed. However, mother's age and employment, and the country of origin and education level of both parents showed statistically significant differences according to the sensory profile of their children. Compared to children with typical sensory performance, children classified as

having atypical sensory processing were more likely to have a younger mother and be unemployed, have parents from a foreign country and with non-university studies. Regarding children's traits, the median age was 5 years and the distribution of boys (50.6%) and girls (49.4%) was almost equal in proportion. Overall, children slept a median of 10 h/day, 10.3% had poor sleep quality, spent a median of 2 h/day watching TV, and 61.4% were physically active/very active. However, sex, sleep quality, TV watching, and physical activity indicated statistically significant differences between sensory processing groups. Children with atypical sensory performance were more likely to be male, have a poor sleep quality, spend more time watching TV, and be physically active or very active, in comparison to those children presenting typical sensory performance.

Table 1. Demographic and lifestyle of maternal, paternal, and child characteristics according to sensory profile (typical or atypical) of children aged 3–7 from the InProS Project, Alicante, Spain ($n = 583$).

	Total	Sensory Profile ³		<i>p</i> -Value ⁴
		Typical: <i>n</i> ; %	Atypical: <i>n</i> ; %	
		409; 70.2	174; 29.8	
Maternal characteristics				
Age (years), median (IR)	38 (35, 41)	38 (35, 41)	37 (33, 41)	0.169×10^{-2}
Country of birth (Spain), %	84.7	89.2	74.1	0.349×10^{-5}
Education (university studies), %	40.8	43.8	33.9	0.054
Employment (yes), %	69.3	73.8	59.2	0.563×10^{-3}
Paternal characteristics ¹				
Age (years), median (IR)	40 (37, 43)	40 (37, 43)	40 (36, 43)	0.149
Country of birth (Spain), %	83.3	87.6	73.0	0.936×10^{-4}
Education (university studies), %	33.1	36.8	24.2	0.017
Employment (yes), %	89.5	89.8	88.8	0.743
Child characteristics				
Age (years), median (IR)	5 (4, 6)	5 (4, 6)	5 (4, 6)	0.342
Sex (female), %	49.4	54.0	38.5	0.785×10^{-3}
Body mass index ² , median (IR)	16.0 (14.5, 17.4)	15.7 (14.3, 17.4)	16.0 (15.0, 17.4)	0.096
Sleep (h/day), median (IR)	10.0 (9.3, 10.3)	10.0 (9.4, 10.3)	10.0 (9.3, 10.4)	0.401
Sleep quality (poor), %	10.3	4.4	24.1	0.115×10^{-11}
TV watching (h/day), median (IR)	2.0 (1.3, 2.6)	1.9 (1.3, 2.3)	2.2 (1.6, 3.0)	0.291×10^{-4}
Physical activity (active/very active), %	61.4	58.7	67.8	0.041

IR: Interquartile range. ¹ Paternal information is available for 523 parents; ² Body mass index is available for 460 children; ³ Sensory profile of children was determined by the short sensory profile to classify children's level of sensory abnormality as typical (≥ 155 points) and atypical (< 155 points); ⁴ From the Chi-square test or Fisher's exact test (categorical variables) and U de Mann-Whitney (continuous variables).

3.2. Association Between Adherence to Mediterranean Diet and Prevalence of Atypical Sensory Processing

The median adherence to the MD was 8 points, 276 (47.3%), 117 (20.1%), and 190 (32.6%) of children were classified as having low, medium, and high adherence, respectively. Table 2 presents prevalence rates of atypical sensory processing for SSP total and subscale scores, as well as the results of the association between the adherence to the MD and the prevalence of atypical sensory processing after adjusting for potential confounders. In general, children who had low adherence to the MD presented the higher rates of atypical sensory processing for SSP total and subscale scores, although children who had medium or high adherence to the MD displayed very similar prevalence rates. Compared with children who had low adherence to the MD, we observed that children who had a medium or high adherence to the MD presented a statistically significant lower prevalence ratio (PR) of atypical tactile sensitivity (PR = 0.50, 95% CI: 0.25; 0.99; PR = 0.58, 95% CI: 0.34; 0.99, respectively), although the association did not show a linear trend effect (p -trend = 0.122). A statistically significant lower PR of atypical taste/smell sensitivity was also observed in children who had medium (PR = 0.57, 95% CI: 0.33; 0.99) or high (PR = 0.33, 95% CI: 0.19; 0.60) adherence to the MD, in comparison with those who had low adherence. This association was verified as a strong dose-response relationship (p -trend = 0.372×10^{-3}). Among the remaining SSP subscales, only children who had medium adherence to the MD were less likely to present low energy/weak difficulties (PR = 0.37; 95% CI: 0.16; 0.83), compared with those having low adherence. Moreover, when we explored the association per two-point increase

in KIDMED score, the protective effect against the prevalence of atypical sensory processing remained statistically significant for taste/smell sensitivity (PR = 0.71, 95% CI: 0.59; 0.85) and low energy and weak (PR = 0.80, 95% CI: 0.64; 0.99) subscales. Although the association was not statistically significant, a clear positive tendency was also observed between an increment in the adherence to the MD and the SSP total score (PR = 0.90, 95% CI: 0.80; 1.02) and tactile sensitivity (PR = 0.81, 95% CI: 0.64; 1.02). Nevertheless, a positive effect of a higher adherence to the MD on the rest of the SSP subscales was generally evident, although the statistical significance was not reached.

3.3. Association between Components of KIDMED Index and Atypical Sensory Processing

Table 3 shows the findings of the association between each component of adherence to the MD as measured by the KIDMED index and the prevalence of atypical sensory processing in the SSP tactile sensitivity, taste/smell sensitivity, and low energy and weak subscales. The estimates showed that children with atypical tactile sensitivity were less likely to have vegetables regularly once a day (PR = 1.61, 95% CI: 1.03; 2.53), have cereals or grains for breakfast (PR = 1.98, 95% CI: 1.29; 3.05), and use olive oil at home (PR = 2.00, 95% CI: 1.02; 3.93). Moreover, although a statistically significant association was not reached, a negative tendency was also observed in these children with respect to eating more than a fruit every day (PR = 1.54, 95% CI: 0.98; 2.44). Children classified as having atypical taste/smell sensitivity were identified as those who mainly did not take a fruit or fruit juice every day (PR = 2.53, 95% CI: 1.69; 3.80), did not have fresh or cooked vegetables regularly once a day (PR = 1.60, 95% CI: 1.08; 2.36), did not consume fish regularly (at least 2–3 times per week), (PR = 1.68, 95% CI: 1.14; 2.48), did not like pulses or eat them more than once a week (PR = 1.87, 95% CI: 1.28; 2.73), not use olive oil at home (PR = 2.21, 95% CI: 1.31; 3.73), although they did consume nuts regularly, at least 2–3 times per week (PR = 0.64, 95% CI: 0.44; 0.93), compared with those children having typical sensory processing. Moreover, children classified as having atypical sensory processing in the low energy/weak subscale were less likely to have fresh or cooked vegetables regularly once a day (PR = 1.64, 95% CI: 1.09; 2.46) and use olive oil at home (PR = 1.97, 95% CI: 1.06; 3.63), compared with those children who presented a typical sensory performance.

3.4. Sensitivity Analyses

Several sensitivity analyses were carried out in order to appraise the robustness of our findings (Table 4). The estimates for tactile sensitivity did not notably change, excepting when we explored the effect only in girls (PR = 0.51, 95% CI: 0.32; 0.80) and, to a lesser extent, when children with poor sleep quality (PR = 0.74, 95% CI: 0.58; 0.94) were excluded from the analysis. The association observed between a two-point increase in adherence to the MD and lower PR of atypical taste/smell sensitivity remained significant and similar in all sensitivity analyses, except when only children aged 5 (PR = 0.84, 95% CI: 0.62; 1.14) and those aged 6–7 (PR = 0.78, 95% CI: 0.55; 1.11) were included, and when those who had poor sleep quality (PR = 0.98, 95% CI: 0.66; 1.46) were excluded, as well as when we only accounted for those children who were classified as having definite atypical sensory processing (PR = 0.87, 95% CI: 0.70; 1.09). By contrast, we observed that the magnitude of the positive effect was higher and statistically significant when including only children aged 3–4 (PR = 0.54, 95% CI: 0.40; 0.73) and those identified as having probable atypical sensory processing (PR = 0.48, 95% CI: 0.37; 0.61). The analyses for low energy/weak subscale did not indicate any substantial change overall, although the estimates did not reach statistical significance. However, we observed a notable attenuation of the main effect, but not significant, when including only children aged 3–4 (PR = 1.02, 95% CI: 0.69; 1.50), as well as those children who were classified as having definite atypical sensory processing (PR = 1.04, 95% CI: 0.74; 1.46). On the contrary, the association observed was positively reinforced when including only children aged 6–7 (PR = 0.63, 95% CI: 0.46; 0.86) and those identified as having probable atypical sensory processing (PR = 0.63, 95% CI: 0.47; 0.83).

Table 2. Association between adherence to the Mediterranean diet (MD) and prevalence of atypical sensory processing using total and subscales scores of short sensory profile (SSP) in children aged 3–7 years from InProS Project, Alicante, Spain (*n* = 583).

	Adherence to Mediterranean Diet (KIDMED)										
	Low (0–7 Points)		Medium (8 Points)		High (9–12 Points)		<i>p</i> -Trend ¹	Two-Point Increase			
	<i>n</i> Cases	<i>n</i> Cases	PR ² (95% CI)	<i>p</i> -Value	<i>n</i> Cases	PR ² (95% CI)		<i>p</i> -Value	<i>n</i> Cases	PR ² (95% CI)	<i>p</i> -Value
SSP total score (atypical; <155 points)	100	27	0.77 (0.54; 1.12)	0.175	47	0.83 (0.62; 1.10)	0.187	0.236	174	0.90 (0.80; 1.02)	0.097
Tactile sensitivity (atypical; <30 points)	44	8	0.50 (0.25; 0.99)	0.049	15	0.58 (0.34; 0.99)	0.049	0.122	67	0.81 (0.64; 1.02)	0.079
Taste/smell sensitivity (atypical; <15 points)	64	13	0.57 (0.33; 0.99)	0.048	12	0.33 (0.19; 0.60)	0.257 × 10 ^{−3}	0.372 × 10 ^{−3}	89	0.71 (0.59; 0.85)	0.201 × 10 ^{−3}
Movement sensitivity (atypical; <13 points)	73	22	0.77 (0.51; 1.17)	0.225	38	0.84 (0.60; 1.18)	0.323	0.359	133	0.91 (0.78; 1.06)	0.221
Underresponsive/seek sensation (atypical; <26 points)	148	56	1.03 (0.83; 1.27)	0.822	82	0.90 (0.75; 1.09)	0.291	0.520	286	0.99 (0.92; 1.08)	0.894
Auditory filtering (atypical; <23 points)	131	56	1.11 (0.89; 1.39)	0.357	72	0.88 (0.71; 1.09)	0.254	0.476	259	1.02 (0.93; 1.11)	0.723
Low energy/weak (atypical; <26 points)	47	6	0.37 (0.16; 0.83)	0.015	19	0.79 (0.48; 1.29)	0.344	0.282	72	0.80 (0.64; 0.99)	0.049
Visual/auditory sensitivity (atypical; <19 points)	75	25	0.88 (0.59; 1.30)	0.513	52	1.16 (0.86; 1.56)	0.330	0.358	152	0.96 (0.83; 1.11)	0.578

¹ To calculate P-trend, the values 0, 1, and 2 were assigned to low, medium, and high categories of the adherence to the MD in order to enter the variable into the model as a continuous term. ² PR: Prevalence Ratio adjusted for children: sex (female; male), age (in years), sleep quality (good; poor) and TV watching (in hours/day), and for mother’s characteristics: age (in years), educational level (primary or less; secondary; university studies), country of birth (Spain; other country); CI: Confidence interval; SSP: Short sensory profile.

Table 3. Association between components of KIDMED index and atypical sensory processing in the SSP taste/smell sensitivity and low energy/weak subscales in children aged 3–7 years from the InProS Project, Alicante, Spain ($n = 583$).

Accomplishment vs. No Accomplishment	Atypical Sensory Processing					
	Tactile Sensitivity		Taste/Smell Sensitivity		Low Energy/Weak	
	(<30 Points)		(<15 Points)		(<26 Points)	
	PR ¹ (CI 95%)	<i>p</i> -Value	PR ¹ (CI 95%)	<i>p</i> -Value	PR ¹ (CI 95%)	<i>p</i> -Value
Takes a fruit or fruit juice every day	1.66 (0.94; 2.94)	0.081	2.53 (1.69; 3.80)	0.712×10^{-5}	0.55 (0.25; 1.21)	0.134
Has a second fruit every day	1.54 (0.98; 2.44)	0.062	1.42 (0.94; 2.15)	0.094	0.87 (0.57; 1.33)	0.515
Has fresh or cooked vegetables regularly once a day	1.61 (1.03; 2.53)	0.038	1.60 (1.08; 2.36)	0.018	1.64 (1.09; 2.46)	0.018
Has fresh or cooked vegetables more than once a day	1.17 (0.72; 1.89)	0.526	1.49 (0.96; 2.31)	0.072	1.17 (0.74; 1.83)	0.502
Consumes fish regularly (at least 2–3 times per week)	0.94 (0.56; 1.60)	0.829	1.68 (1.14; 2.48)	0.009	1.19 (0.77; 1.85)	0.430
Goes more than once a week to a fast-food restaurant ²	0.72 (0.40; 1.28)	0.259	0.95 (0.54; 1.69)	0.869	0.71 (0.41; 1.23)	0.224
Likes pulses and eats them more than once a week	1.05 (0.63; 1.74)	0.853	1.87 (1.28; 2.73)	0.001	1.17 (0.75; 1.84)	0.488
Consumes pasta or rice almost every day (≥ 5 times per week)	0.91 (0.57; 1.44)	0.682	1.03 (0.70; 1.53)	0.868	1.20 (0.77; 1.85)	0.421
Has cereals or grains (bread, etc.) for breakfast	1.98 (1.29; 3.05)	0.002	1.37 (0.93; 2.02)	0.110	1.19 (0.74; 1.90)	0.470
Consumes nuts regularly (at least 2–3 times per week)	0.95 (0.60; 1.51)	0.830	0.64 (0.44; 0.93)	0.020	1.13 (0.74; 1.74)	0.565
Uses olive oil at home	2.00 (1.02; 3.93)	0.043	2.21 (1.31; 3.73)	0.003	1.97 (1.06; 3.63)	0.031
Skips breakfast ²	0.69 (0.30; 1.60)	0.391	0.69 (0.35; 1.37)	0.285	0.92 (0.39; 2.18)	0.844
Has a dairy product for breakfast (yoghurt, milk, etc.)	0.70 (0.27; 1.85)	0.478	0.40 (0.13; 1.26)	0.117	0.49 (0.19; 1.28)	0.144
Has commercially baked goods or pastries for breakfast ²	1.73 (0.86; 3.49)	0.125	1.24 (0.71; 2.17)	0.449	0.59 (0.34; 1.02)	0.058
Takes two yoghurts and/or some cheese (40 g) daily	0.81 (0.51; 1.31)	0.390	1.08 (0.73; 1.61)	0.687	1.38 (0.90; 2.11)	0.139
Takes sweets and candy several times every day ²	1.15 (0.65; 2.06)	0.628	0.82 (0.50; 1.34)	0.430	1.01 (0.63; 1.64)	0.954

¹ PR: Prevalence ratios were adjusted for child's characteristics: sex (female; male), age (in years), sleep quality (good; poor) and TV watching (in hours/day); and for mother's characteristics: age (in years), educational level (primary or less; secondary; university studies), country of birth (Spain; other country); CI: Confidence Interval; ² "no accomplishment" was the reference category used for these components of the KIDMED index due to these items that were negatively scored with respect to the Mediterranean diet.

Table 4. Sensitivity analyses of the multiple-adjusted prevalence ratios for the association between two-point increase of the adherence to the MD and atypical sensory processing in the SSP tactile sensitivity, taste/smell sensitivity, and low energy and weak subscales in children aged 3–7 from InProS Project, Alicante, Spain.

	<i>n</i>	Atypical Sensory Processing								
		Tactile Sensitivity			Taste/Smell Sensitivity			Low Energy/Weak		
		<30 Points			<15 Points			<26 Points		
		<i>n</i>	PR ¹ (CI 95%)	<i>p</i> -Value	<i>n</i>	PR ¹ (CI 95%)	<i>p</i> -Value	<i>n</i>	PR ¹ (CI 95%)	<i>p</i> -Value
Complete model	583	67	0.81 (0.64; 1.02)	0.079	89	0.71 (0.59; 0.85)	0.201 × 10 ⁻³	72	0.80 (0.64; 0.99)	0.049
Including only boys	295	43	1.07 (0.81; 1.41)	0.620	48	0.71 (0.56; 0.90)	0.004	35	0.85 (0.66; 1.09)	0.209
Including only girls	288	24	0.51 (0.32; 0.80)	0.003	41	0.74 (0.55; 1.00)	0.048	37	0.75 (0.53; 1.06)	0.103
Including only children aged 3–4	182	27	0.73 (0.48; 1.11)	0.142	32	0.54 (0.40; 0.73)	0.734 × 10 ⁻⁴	24	1.02 (0.69; 1.50)	0.936
Including only children aged 5	196	22	0.81 (0.59; 1.11)	0.183	29	0.84 (0.62; 1.14)	0.267	21	0.84 (0.54; 1.29)	0.428
Including only children aged 6–7	205	18	0.78 (0.46; 1.33)	0.366	28	0.78 (0.55; 1.11)	0.164	27	0.63 (0.46; 0.86)	0.004
Excluding poor sleep quality	461	55	0.74 (0.58; 0.94)	0.014	69	0.68 (0.56; 0.82)	0.838 × 10 ⁻⁴	55	0.78 (0.62; 0.99)	0.042
Excluding preterm children	505	53	0.83 (0.64; 1.09)	0.185	75	0.77 (0.63; 0.93)	0.006	56	0.83 (0.64; 1.08)	0.169
Excluding low weight at birth	537	59	0.80 (0.62; 1.02)	0.067	77	0.71 (0.59; 0.86)	0.483 × 10 ⁻³	62	0.84 (0.66; 1.06)	0.132
Excluding children with some diseases	523	62	0.78 (0.61; 0.99)	0.049	76	0.72 (0.58; 0.88)	0.002	66	0.83 (0.67; 1.03)	0.097
Adjusted for child body mass index	460	53	0.83 (0.65; 1.06)	0.143	67	0.72 (0.60; 0.87)	0.554 × 10 ⁻³	58	0.83 (0.66; 1.05)	0.118
Adjusted for father’s education and country of birth	523	57	0.87 (0.68; 1.12)	0.274	81	0.70 (0.58; 0.85)	0.394 × 10 ⁻³	64	0.79 (0.61; 1.02)	0.073
Including only probable atypical sensory processing	531	34	0.83 (0.60; 1.15)	0.261	52	0.48 (0.37; 0.61)	0.619 × 10 ⁻⁸	28	0.63 (0.47; 0.83)	0.001
Including only definitive atypical sensory processing	546	33	0.79 (0.58; 1.08)	0.145	37	0.87 (0.70; 1.09)	0.236	44	1.04 (0.74; 1.46)	0.809

¹ PR: Prevalence ratios were adjusted for child’s characteristics: sex (female; male), age (in years), sleep quality (good; poor), and TV watching (in hours/day); and for mother’s characteristics: age (in years), educational level (primary or less; secondary; university studies), country of birth (Spain; other country); CI: Confidence Interval.

4. Discussion

In this study, including Spanish children aged 3–7 years, we observed that around a third of children were identified as having atypical sensory performance according to the SSP total score. Although the prevalence of atypical sensory performance differed between the SSP subscales, it should be noted that at least one in nine children presented some difficulty in sensory processing, affecting almost half of children with respect to certain sensory domains. After adjusting for potential confounding factors, our findings showed that a higher adherence to the MD was significantly associated with a lower prevalence of atypical performance in SSP tactile and taste/smell sensitivity and low energy/weak subscales. A lower intake of vegetables and no use of olive oil at home were associated with sensory difficulties as measured by these three SSP subscales. A lower consumption of cereals or grains for breakfast was also related to atypical tactile sensitivity. A lower intake of fruit or fruit juice, fish, pulses, but regular eating of nuts was associated with having atypical taste/smell sensitivity. To our knowledge, this is the first general population-based study that shows that a greater adherence to the MD may be linked to a lower prevalence of sensory processing difficulties in school-aged children.

Our preliminary hypothesis was that children with atypical sensory processing would present a lower adherence to the MD, compared to children with typical sensory profile. Indeed, we found that the larger rates of prevalence of atypical sensory performance in the SSP total score and nearly all the SSP subscales were observed in children classified as having low adherence to the MD. Since the quality of children's diet in developed countries constitutes a serious health concern [39], it is important to identify factors that may have an influence on eating behaviors in early life. Previous research has reported that feeding difficulties are very common problems in childhood and are associated with negative effects on dietary intake and dietary variety [14]. Thus, in order to have a better understanding of these early feeding difficulties, and tailor strategies accordingly, alternative approaches based on sensory evaluation have gained broad acceptance among researchers. The interest in sensory processing problems stems for the fact that the process of eating involves integration of sensory domains, differing between individuals with respect to sensitivity to the different properties of food, such as its taste or texture [40,41]. Currently, there is incipient evidence suggesting a connection between sensory processing difficulties and poor eating behaviors [42].

Consistent with our findings, few studies showed that eating less fruits and vegetables was associated with sensitivity in tactile and taste/smell domains [22,40,43], but not in the domain of low energy/weak. Although evidence is still insufficient, this later finding may be of particular interest to open new lines of research. The likely explanations accepted so far about the relationship between sensory processing and problematic eating behaviors have been given in terms of acceptance or rejection of foods. In this sense, sensory processing has been postulated as an important contributor to food acceptance [42] due to sensory properties of foods such as tactile, visual, taste, and olfactory characteristics. As far as we know, two previous studies conducted in Spanish children have reported that food neophobia, i.e., reluctance to eat, or avoidance of new foods, was associated with a lower adherence to the MD [44,45], indicating that these children had a poorer dietary quality and less balanced diets. Thus, in connection with the main hypothesis, it may be assumed that a lower adherence to the MD could be related to a poorer health status. As such, the results observed in the domain of low energy/weak draw the attention to the potential impact of the dietary quality on sensory processing. However, the cross-sectional design of this study does not allow us to establish a cause–effect relationship, although it should be noted that our sample population is representative of the general population and the results obtained may be helpful to generate hypothesis that can be further tested via prospective study designs.

To date, there has been no research that has explored the association between sensory processing and dietary quality. In the present study, we aimed at determining the dietary quality as measured by the adherence to the MD in children in order to assess its effect on the prevalence of atypical sensory performance. Extensive literature has documented that the MD is a dietary pattern that plays a substantial role in the prevention against a wide range of health outcomes, largely due to its antioxidant

and anti-inflammatory capacity derived from a great intake of plant foods, fish, and higher use of olive oil [1]. In this regard, our results also supported that the potential protective effect of the MD on sensory processing problems could mainly be attributed to specific foods such as fruits, vegetables, fish, cereals, pulses, and use of olive oil. Nevertheless, strong evidence has reported that the more beneficial effects of the MD lie in the synergistic combination of dietary components of this pattern considered as a whole, resulting in a balanced ratio of n-6 and n-3 essential fatty acids, high oleic acid content, and great amounts of dietary fiber, antioxidants, and polyphenols [46]. Importantly, this may be of particular interest to define strategies to improve the dietary quality in children, suggesting that nutritional interventions based on a MD pattern may be a more suitable option than interventions focused on the increment of only certain foods. In this study, we observed a positive effect of the global diet as measured by adherence to the MD on child sensory outcomes. An increase in the adherence to the MD was significantly associated with a lower prevalence of sensory difficulties in taste/smell sensitivity and low energy/weak domain. In general, a protection against the prevalence of atypical sensory processing as measured by the SSP total score and some SSP subscale scores was also shown, although the statistical association was not significant because of, to a large extent, the lack of statistical power.

This study has several shortcomings that should be considered for the interpretation of the findings. Since all data were self-reported, there could be some misclassification, although any inaccuracy in reporting should be non-differential. In addition, the questionnaires used to collect information from the study participants were valid and reliable instruments employed in previous research. The cross-sectional analysis of our data prevents us from establishing a causal link between adherence to the MD and sensory processing; however, they do constitute a suitable rationale for replicating in other samples using a prospective study design. Moreover, it should be noted that our sample was collected from the general population and randomly selected in order to preserve the representativeness of data. Nevertheless, the results obtained require corroborating in larger samples.

We are aware that our data are far from being able to provide a possible explanation by which higher adherence to the MD may protect against the prevalence of sensory processing difficulties in school-aged children. We adjusted for a wide range of potential confounding factors, although the effect of unknown factors, residual confounding, or bias due to information not collected cannot be disregarded. Finally, we evaluated the robustness of the findings accounting for specific conditions that could interfere or be related to child sensory processing performing several sensitivity analyses.

5. Conclusions

This study shows the potential positive effect of a higher adherence to the MD on sensory performance (i.e., SSP total score and almost all SSP scale scores) in children aged 3–7 years. These findings add to other evidence supporting the possible beneficial effect of the MD on child health outcomes. The positive association between a higher adherence to the MD and sensory performance was observed in SSP tactile and taste/smell sensitivity and low energy/weak subscales. This was more evident in taste/smell sensitivity and low energy/weak subscales when exploring the effect as a linear relationship and was notably stronger in taste/smell sensitivity, unlike the rest of SSP subscales. Compared to children with typical sensory performance, children with difficulties in tactile and taste/smell sensitivity and low energy/weak domain presented lower intakes of Mediterranean foods such as vegetables, fruits, fish, pulses, cereals, and olive oil. Nevertheless, our results should be confirmed in further prospective studies; in the meantime, efforts to improve dietary quality in early childhood should incorporate, in line with the whole diet approach for the MD, intervention strategies aimed at promoting the MD food pattern.

Author Contributions: Conceptualization, E.-M.N.-M., S.N.-A., and D.V.-G.; Data curation, E.-M.N.-M.; Formal analysis, E.-M.N.-M. and D.V.-G.; Methodology, E.-M.N.-M. and D.V.-G.; Project administration, E.-M.N.-M., P.F.-P., and D.V.-G.; Supervision, E.-M.N.-M., P.F.-P., S.N.-A., M.H.-P., P.P.-G., and D.V.-G.; Writing—original draft,

E.-M.N.-M., P.F.-P., and D.V.-G.; Writing—review and editing, E.-M.N.-M., P.F.-P., S.N.-A., M.H.-P., P.P.-G., I.J.-L., C.E.-S., A.S.-P., and D.V.-G.

Funding: This research received funding from the Department of Pathology and Surgery at Miguel Hernández University to partially cover the work field. The funders had no role in the design or conduct of the study; collection, management, analysis, and interpretation of the data; or preparation, review, and approval of the manuscript.

Acknowledgments: The authors would like to thank all the anonymous participants included in the InProS project and also to María Pilar Ruiz, Tayza El Toro, Neus de la Fuente, Alicia López, María Dolores Diago, Laura Compañ, and Macarena Pérez for collaborating in the collection of the data. This paper partially meets the requirements for the PhD program of Paula Fernández-Pires at the Miguel Hernández University (Alicante, Spain).

Conflicts of Interest: None of the authors have any financial or non-financial competing interests to disclose.

References

1. Bulló, M.; Lamuela-Raventós, R.; Salas-Salvadó, J. Mediterranean diet and oxidation: Nuts and olive oil as important sources of fat and antioxidants. *Curr. Top. Med. Chem.* **2011**, *11*, 1797–1810. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
2. Dinu, M.; Pagliai, G.; Casini, A.; Sofi, F. Mediterranean diet and multiple health outcomes: An umbrella review of meta-analyses of observational studies and randomised trials. *Eur. J. Clin. Nutr.* **2018**, *72*, 30–43. [[CrossRef](#)]
3. Estruch, R.; Ros, E.; Salas-Salvadó, J.; Covas, M.-I.; Corella, D.; Arós, F.; Gómez-Gracia, E.; Ruiz-Gutiérrez, V.; Fiol, M.; Lapetra, J.; et al. Primary prevention of cardiovascular disease with a Mediterranean diet supplemented with extra-virgin olive oil or nuts. *N. Engl. J. Med.* **2018**. [[CrossRef](#)]
4. Martínez-González, M.A.; Bes-Rastrollo, M. Dietary patterns, Mediterranean diet, and cardiovascular disease. *Curr. Opin. Lipidol.* **2014**, *25*, 20–26. [[CrossRef](#)]
5. Barak, Y.; Fridman, D. Impact of Mediterranean diet on cancer: Focused literature review. *Cancer Genomics Proteomics* **2017**, *14*, 403–408.
6. Schwingshackl, L.; Schwedhelm, C.; Galbete, C.; Hoffmann, G. Adherence to Mediterranean diet and risk of cancer: An updated systematic review and meta-analysis. *Nutrients* **2017**, *9*, 1063. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
7. Sofi, F.; Macchi, C.; Abbate, R.; Gensini, G.F.; Casini, A. Mediterranean diet and health status: An updated meta-analysis and a proposal for a literature-based adherence score. *Public Health Nutr.* **2014**, *17*, 2769–2782. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
8. Aridi, Y.S.; Walker, J.L.; Wright, O.R.L. The Association between the Mediterranean dietary pattern and cognitive health: A systematic review. *Nutrients* **2017**, *9*, 674. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
9. Iaccarino Idelson, P.; Scalfi, L.; Valerio, G. Adherence to the Mediterranean Diet in children and adolescents: A systematic review. *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis. NMCD* **2017**, *27*, 283–299. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
10. Yang, H.R. How to approach feeding difficulties in young children. *Korean J. Pediatr.* **2017**, *60*, 379–384. [[CrossRef](#)]
11. Cooke, L.; Wardle, J.; Gibson, E.L. Relationship between parental report of food neophobia and everyday food consumption in 2–6-year-old children. *Appetite* **2003**, *41*, 205–206. [[CrossRef](#)]
12. Dubois, L.; Farmer, A.P.; Girard, M.; Peterson, K. Preschool children's eating behaviours are related to dietary adequacy and body weight. *Eur. J. Clin. Nutr.* **2007**, *61*, 846–855. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
13. Falciglia, G.A.; Couch, S.C.; Gribble, L.S.; Pabst, S.M.; Frank, R. Food neophobia in childhood affects dietary variety. *J. Am. Diet. Assoc.* **2000**, *100*, 1474–1481. [[CrossRef](#)]
14. Oliveira, A.; Jones, L.; de Lauzon-Guillain, B.; Emmett, P.; Moreira, P.; Charles, M.A.; Lopes, C. Early problematic eating behaviours are associated with lower fruit and vegetable intake and less dietary variety at 4–5 years of age. A prospective analysis of three European birth cohorts. *Br. J. Nutr.* **2015**, *114*, 763–771. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
15. Rodríguez-Tadeo, A.; Patiño Villena, B.; Urquidez-Romero, R.; Vidaña-Gaytán, M.E.; Periago Caston, M.J.; Ros Berrueto, G.; González Martínez-Lacuesta, E. Food neophobia: Impact on food habits and acceptance of healthy foods in schoolchildren. *Nutr. Hosp.* **2014**, *31*, 260–268. [[PubMed](#)]
16. Lucas, A. Programming by early nutrition in man. *Ciba Found. Symp.* **1991**, *156*, 38–50.
17. Singhal, A. The global epidemic of noncommunicable disease: The role of early-life factors. *Nestle Nutr. Inst. Workshop Ser.* **2014**, *78*, 123–132.
18. Langley-Evans, S.C. Nutrition in early life and the programming of adult disease: A review. *J. Hum. Nutr. Diet. Off. J. Br. Diet. Assoc.* **2015**, *28*, 1–14. [[CrossRef](#)]

19. Koletzko, B.; Brands, B.; Grote, V.; Kirchberg, F.F.; Prell, C.; Rzehak, P.; Uhl, O.; Weber, M. Early nutrition programming project long-term health impact of early nutrition: The power of programming. *Ann. Nutr. Metab.* **2017**, *70*, 161–169. [[CrossRef](#)]
20. Kong, M.; Moreno, M.A. Sensory processing in children. *JAMA Pediatr.* **2018**, *172*, 1208. [[CrossRef](#)]
21. Davis, A.M.; Bruce, A.S.; Khasawneh, R.; Schulz, T.; Fox, C.; Dunn, W. Sensory processing issues in young children presenting to an outpatient feeding clinic. *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr.* **2013**, *56*, 156–160. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
22. Farrow, C.V.; Coulthard, H. Relationships between sensory sensitivity, anxiety and selective eating in children. *Appetite* **2012**, *58*, 842–846. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
23. Chistol, L.T.; Bandini, L.G.; Must, A.; Phillips, S.; Cermak, S.A.; Curtin, C. sensory sensitivity and food selectivity in children with autism spectrum disorder. *J. Autism Dev. Disord.* **2018**, *48*, 583–591. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
24. Shmaya, Y.; Eilat-Adar, S.; Leitner, Y.; Reif, S.; Gabis, L.V. Meal time behavior difficulties but not nutritional deficiencies correlate with sensory processing in children with autism spectrum disorder. *Res. Dev. Disabil.* **2017**, *66*, 27–33. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
25. Zangen, T.; Ciarla, C.; Zangen, S.; Di Lorenzo, C.; Flores, A.F.; Cocjin, J.; Reddy, S.N.; Rowhani, A.; Schwankovsky, L.; Hyman, P.E. Gastrointestinal motility and sensory abnormalities may contribute to food refusal in medically fragile toddlers. *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr.* **2003**, *37*, 287–293. [[CrossRef](#)]
26. Coulthard, H.; Williamson, I.; Palfreyman, Z.; Lyttle, S. Evaluation of a pilot sensory play intervention to increase fruit acceptance in preschool children. *Appetite* **2018**, *120*, 609–615. [[CrossRef](#)]
27. Coulthard, H.; Sealy, A. Play with your food! Sensory play is associated with tasting of fruits and vegetables in preschool children. *Appetite* **2017**, *113*, 84–90. [[CrossRef](#)]
28. Coulthard, H.; Thakker, D. Enjoyment of tactile play is associated with lower food neophobia in preschool children. *J. Acad. Nutr. Diet.* **2015**, *115*, 1134–1140. [[CrossRef](#)]
29. Dunn, W. *The Short Sensory Profile*; The Psychological Corporation: New York, NY, USA, 1999.
30. Beaudry-Bellefeuille, I.; Lane, S.J. Cultural Adaptation for Spain of the Spanish version of the short sensory profile using cognitive interviews. *Austin J. Autism Relat. Disabil.* **2015**, *1*, 1004.
31. Román-Oyola, R.; Reynolds, S.E. Validating the response process of the spanish version of the short sensory profile: A pilot study using cognitive interviews. *J. Occup. Ther. Sch. Early Interv.* **2010**, *3*, 197–206. [[CrossRef](#)]
32. Serra-Majem, L.; Ribas, L.; Ngo, J.; Ortega, R.M.; García, A.; Pérez-Rodrigo, C.; Aranceta, J. Food, youth and the Mediterranean diet in Spain. Development of KIDMED, Mediterranean Diet Quality Index in children and adolescents. *Public Health Nutr.* **2004**, *7*, 931–935. [[CrossRef](#)]
33. Van Hulle, C.; Lemery-Chalfant, K.; Goldsmith, H.H. Trajectories of sensory over-responsivity from early to middle childhood: Birth and temperament risk factors. *PLoS ONE* **2015**. [[CrossRef](#)]
34. Tavassoli, T.; Brandes-Aitken, A.; Chu, R.; Porter, L.; Schoen, S.; Miller, L.J.; Gerdes, M.R.; Owen, J.; Mukherjee, P.; Marco, E.J. Sensory over-responsivity: Parent report, direct assessment measures, and neural architecture. *Mol. Autism* **2019**. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
35. Tomás Vila, M.; Miralles Torres, A.; Beseler Soto, B. Spanish version of the Pediatric Sleep Questionnaire (PSQ). A useful instrument in investigation of sleep disturbances in childhood. Reliability analysis. *Anales Pediatría (Barcelona Spain 2003)* **2007**, *66*, 121–128.
36. Espelt, A.; Marí-Dell'Olmo, M.; Penelo, E.; Bosque-Prous, M. Applied Prevalence Ratio estimation with different Regression models: An example from a cross-national study on substance use research. *Adicciones* **2016**, *29*, 105–112. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
37. Barros, A.J.D.; Hirakata, V.N. Alternatives for logistic regression in cross-sectional studies: An empirical comparison of models that directly estimate the prevalence ratio. *BMC Med. Res. Methodol.* **2003**, *3*, 21. [[CrossRef](#)]
38. Diddens, J.A.; Petersen, M.R. Approaches for estimating prevalence ratios. *Occup. Environ. Med.* **2008**, *65*, 501–506. [[CrossRef](#)]
39. Jones, L.; Moschonis, G.; Oliveira, A.; de Lauzon-Guillain, B.; Manios, Y.; Xepapadaki, P.; Lopes, C.; Moreira, P.; Charles, M.A.; Emmett, P. The influence of early feeding practices on healthy diet variety score among pre-school children in four European birth cohorts. *Public Health Nutr.* **2015**, *18*, 1774–1784. [[CrossRef](#)]
40. Coulthard, H.; Blissett, J. Fruit and vegetable consumption in children and their mothers. Moderating effects of child sensory sensitivity. *Appetite* **2009**, *52*, 410–415. [[CrossRef](#)]

41. Naish, K.R.; Harris, G. Food Intake Is Influenced by Sensory Sensitivity. *PLoS ONE* **2012**. [[CrossRef](#)]
42. Coulthard, H.; Palfreyman, Z.; Morizet, D. Sensory evaluation of a novel vegetable in school age children. *Appetite* **2016**, *100*, 64–69. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
43. Coulthard, H.; Harris, G.; Fogel, A. Association between tactile over-responsivity and vegetable consumption early in the introduction of solid foods and its variation with age. *Matern. Child. Nutr.* **2016**, *12*, 848–859. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
44. Maiz, E.; Balluerka, N. Nutritional status and Mediterranean diet quality among Spanish children and adolescents with food neophobia. *Food Qual. Prefer.* **2016**, *52*, 133–142. [[CrossRef](#)]
45. Rodríguez-Tadeo, A.; Patiño-Villena, B.; González Martínez-La Cuesta, E.; Urquidez-Romero, R.; Ros-Berrueto, G. Food neophobia, Mediterranean diet adherence and acceptance of healthy foods prepared in gastronomic workshops by Spanish students. *Nutr. Hosp.* **2018**, *35*, 642–649.
46. Donini, L.M.; Serra-Majem, L.; Bulló, M.; Gil, Á.; Salas-Salvadó, J. The Mediterranean diet: Culture, health and science. *Br. J. Nutr.* **2015**, *113* (Suppl. 2), S1–S3. [[CrossRef](#)]










© 2019 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

ANEXO 4

Artículo científico correspondiente a la publicación III

Article

Association between Body Mass Index and Sensory Processing in Childhood: InProS Study

Eva-María Navarrete-Muñoz ^{1,2,†}, Paula Fernández-Pires ^{2,†}, Carmela Mubarak-García ²,
Cristina Espinosa-Sempere ^{1,2}, Paula Peral-Gómez ^{1,2}, Iris Juárez-Leal ^{1,2},
Alicia Sánchez-Pérez ^{1,2}, María-Teresa Pérez-Vázquez ^{2,3},
Miriam Hurtado-Pomares ^{1,2,3,*} and Desirée Valera-Gran ^{1,2,*}

¹ Grupo de Investigación en Terapia Ocupacional (InTeO), Miguel Hernández University, 03550 Alicante, Spain; enavarrete@umh.es (E.-M.N.-M.); c.espinosa@umh.es (C.E.-S.); pperal@umh.es (P.P.-G.); ijuarez@umh.es (I.J.-L.); alicia.sanchez@umh.es (A.S.-P.)

² Department of Pathology and Surgery, Miguel Hernández University, 03550 Alicante, Spain; paula.fernandezp@umh.es (P.F.-P.); cmubarak@umh.es (C.M.-G.); mt.perez@umh.es (M.-T.P.-V.)

³ Vicerrectorado de Relaciones Institucionales de la Universidad Miguel Hernández, 03202 Elche, Spain

* Correspondence: mhurtado@umh.es (M.H.-P.); dvalera@umh.es (D.V.-G.);
Tel.: +34-965-919-521 (M.H.-P.); +34-965-233-705 (D.V.-G.)

† Both authors contributed equally to this work.

Received: 25 September 2020; Accepted: 26 November 2020; Published: 29 November 2020



Abstract: We assessed the association between body mass index (BMI) and sensory processing in 445 Spanish children aged 3–7 from the InProS project. Child sensory processing was measured using the short sensory profile (SSP); an atypical sensory performance was defined as an SSP total score <155 and scores of tactile sensitivity <30; taste/smell sensitivity <15; movement sensitivity <13; under-responsive/seeking sensation <27; auditory filtering <23; low energy/weak <26; and visual/auditory sensitivity <19. The BMI was calculated according to the cutoffs by the World Health Organization for children aged 0–5 and 5–19 years. We used multiple Poisson regression models with robust variance to obtain prevalence ratios (PR). No associations between children’s overweight and obesity and the prevalence of atypical sensory outcomes were observed. A one-point increase in BMI was significantly associated with a higher prevalence of atypical tactile sensitivity (PR = 1.07, 95% CI: 1.02; 1.12). A statistically marginal association was also observed for atypical total SSP (PR = 1.03, 95% CI: 1.00; 1.07) and atypical movement sensitivity (PR = 1.05, 95% CI: 1.00; 1.10). To our knowledge, this is the first time the association between children’s BMI and sensory processing has been reported. Our findings suggest that sensory processing issues may play a part in the complex context of childhood obesity. Further research is required to confirm these findings.

Keywords: atypical movement sensitivity; atypical tactile sensitivity; body mass index; childhood obesity; sensory processing

1. Introduction

Sensory processing problems may manifest themselves in an impairment of responses to, processing of, and/or organization of sensory information. These health problems may bring about potential detrimental effects on the normal development in children by compromising their participation in functional daily life routines and activities [1,2]. Although sensory processing problems are particularly frequent among children with disabilities, the existing literature has suggested that estimates of prevalence rates for children from the general population may range from about 10% up to 55% [2–5]. Despite the fact that documented evidence for typically developing children is still notably

insufficient, growing concerns about whether or not sensory processing issues may be potential factors that could adversely affect child's health and development have opened a promising line of research based on an epidemiological approach [6].

As far as we know, several studies have suggested a likely relationship between sensory processing problems and poor dietary factors and eating behaviors during childhood [3,7–11]. The interest in exploring this relationship has gained considerable importance because of two main aspects: first, the process of eating involves integrating sensory domains that trigger individual sensitivity responses to food characteristics [9,12]; and second, early childhood is a critical period of life for establishing food preferences and developing sensory food aversion, which can prompt one to reject certain foods with particular tastes, textures, smells, or appearances [13]. In this regard, there is evidence that child feeding problems such as neophobia, picky eating, and/or other problematic eating behaviors have been associated with less healthy food choices that include a reduced intake of fruits, vegetables, and protein foods [7,14–17]. From the perspective of potential health consequences, it is known that an unbalanced diet during childhood can have short-term and long-term effects on children's health and development, leading to detrimental metabolic outcomes and chronic diseases such as obesity [18–23].

Childhood obesity is one of the most serious public health challenges in the present century [22–24]. According to latest global estimates published by Non-Communicable Disease Risk Factor Collaboration (NCD-RisC) in 2016, the trends in the mean body mass index (BMI) and obesity prevalence in children remains at higher levels worldwide [25]. Indeed, Spain is currently among the European countries that are the most affected by the highest rates of childhood obesity, with a prevalence of 10.5% for obesity and 33.7% for overweight in children and adolescents aged 5–19 years [26]. Although childhood obesity has a multifactorial etiology resulting from an interaction of set of factors, including the environment, genetics, and ecological effects such as the family, community, and school [23], lifestyle choices such as diet, physical activity, and sedentary behaviors seem to be the main contributors to the high prevalence of this health problem [21–23,27]. However, the evidence is still lacking, and research findings are not fully consistent. In fact, there is currently a lack of knowledge about many factors that may potentially contribute to the development of childhood obesity. In this respect, a poor diet during childhood seems to be a health problem that has been separately associated with sensory processing problems and with childhood obesity; however, to the best of our knowledge, no previous studies have explored the relationship between these two factors. Notably, it should be noted that research findings about the association between sensory processing problems and obesity in children could provide helpful knowledge to prevent unhealthy consequences in children's health and mitigate the onset of many chronic problems in later adult life. Hence, the present study aimed to examine the association between the body mass index and sensory processing in a population of Spanish children between the ages of 3 and 7.

2. Materials and Methods

2.1. Study Design, Participants, and Procedure

The present study is based on data from the InProS (Infancia y Procesamiento Sensorial [Childhood and Sensory Processing]) project (<http://inteo.edu.umh.es/en/inpros/>), a population-based cross-sectional study of preschool and school-age children between 3 and 7 years of age. Further details about the study protocol of this research project have been described elsewhere [6], and the booklet with the questionnaire used in this study is available at: <http://inteo.edu.umh.es/wp-content/uploads/sites/1447/2020/01/CUESTIONARIO-final1.pdf>. Briefly, the recruitment of participants was carried out during the months of February and May 2016. The study sample was chosen from a systematic random selection of 21 schools registered at the office of the Consellería de Educación, Cultura y Deporte de la Generalitat Valenciana (Education, Culture and Sport Council of the Provincial Government, <http://www.ceice.gva.es>), located in the Alicante province (Spain). To obtain an optimal sample of 570 children, assuming a mean of 25–30 children per school, 21 educational institutions were

required for the basic premise of this study, according to which the prevalence of sensory problems in children without disabilities was 18%. Approximately 1700 eligible children were invited to participate in this study through an invitation letter addressed to their parents. The parents received an envelope containing all the information about the study: a participant information sheet outlining the project details, a booklet with several questionnaires, and the instructions on how to complete them. After a 2–3-week period, all children were asked to return the informed written parental consent and the filled-out questionnaires. A total sample of 620 children returned the required documentation, rendering a response rate of approximately 37%. For the present study, we excluded participants with missing data for outcome and exposure variables, totaling a sample of 445 (71.8%). All participants provided informed consent and had no incentive to take part in this study. Ethical approval for this research was obtained from Miguel Hernández University (DPC.ASP.02.16), and the research was performed in accordance with the Declaration of Helsinki.

2.2. Study Variables

2.2.1. Sensory Processing

The Spanish version of the Short Sensory Profile (SSP) was used to assess children's sensory processing [28,29]. The SSP is a screening tool designed to detect the presence of sensory processing difficulties. This tool is a parent-report questionnaire that is comprised of 38 items organized into different sections/scales according to the seven sensory systems: tactile sensitivity (i.e., tactile system), taste/smell sensitivity (i.e., olfactory and gustatory systems), movement sensitivity (i.e., vestibular and proprioception systems), under-responsive/seeking sensation (i.e., including multisensory processing), auditory filtering (i.e., hearing), low energy/weak (i.e., vestibular and proprioception systems), and visual/auditory sensitivity (i.e., visual and auditory systems). Each item is scored on a one-point to five-point scale, ranging from 1—always to 5—never. Further details about the SSP items are available in the (supplementary materials Table S1). The scores for the SSP total and SSP scales can be obtained by calculating the sum of the respective values of each item. Moreover, the SSP scoring can be used to determine children's sensory profile (typical performance, probable difference, or definite difference) according to the cut-points proposed by Dunn [30]. Children were classified as having an atypical sensory performance according to the following scoring: SSP total score <155; and tactile sensitivity <30; taste/smell sensitivity <15; movement sensitivity <13; under-responsive/seeking sensation <27; auditory filtering <23; low energy/weak <26; and visual/auditory sensitivity <19 subscales. The internal consistency of the SSP was good (Cronbach's $\alpha = 0.72$ – 0.76 across scales).

2.2.2. Body Mass Index

The body weight and height of children were reported by parents. Children's BMI was calculated as the weight in kilograms divided by the square of the height in meters, and we calculated the BMI z-score according to the specific cutoffs standardized by age and sex proposed by the World Health Organization (WHO) for individuals aged 0–5 years [31] and 5–19 years [32,33]. Overweight was defined as a BMI z-score >1 standard deviation (SD), i.e., equivalent to BMI 25 kg/m² at 19 years, and obesity as a BMI z-score >2 SD, i.e., equivalent to BMI 30 kg/m² at 19 years.

2.2.3. Other Variables

Information about children and parental sociodemographic and lifestyle factors was collected using different ad hoc questionnaires and several standardized tests that were reported by the parents [6]. In the present study, the following variables were collected: parental characteristics (age (in years), country of birth (Spain, Other), education (primary or less, secondary, university), working situation (employed, unemployed) and BMI (continuous variable)); child characteristics (age (in years), sex (boy, girl), adherence to a Mediterranean diet as measured by KIDMED index (continuous variable), sleep quantity (in hours per day), sleep quality (good, poor), TV watching

(in hours per day), global physical activity (not active/moderately active; active/very active), and medical condition (yes, no)); and birth characteristics (weeks of gestation (continuous variable) and birth weight (continuous variable)). For the statistical analysis, some of these variables were categorized as follows: preterm (<37 weeks, ≥37 weeks), low birthweight (<2500 g, ≥2500 g), sleep quantity (<10, 10, >10 h per day), watching TV (≤2, >2 h per day), and adherence to a Mediterranean diet (KIDMED ≤7, >7 points).

2.3. Statistical Analysis

R software, version R 4.0.0 (R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria; <http://www.R-project.org>) was used to perform the statistical analyses. All the applied statistical tests were bilateral, and the significance level was established at 0.05. The normality of the continuous variables was checked using the Kolmogorov–Smirnov test.

The sociodemographic and lifestyle characteristics of parents and their children were described according to the children's BMI using frequencies and percentages for categorical variables, and the median and interquartile range for continuous variables due to them not being normally distributed. A Chi-square test for categorical variables and Kruskal–Wallis test for continuous variables were applied to examine differences in these characteristics by BMI. The association between the BMI as a categorical variable (i.e., normal weight, overweight, obesity) and as a continuous variable (i.e., one-point increase), and the sensory profile (i.e., typical vs. atypical performance), was assessed by multiple Poisson regression models using the cutoffs proposed for the SSP total score and the score of each SSP scale. The robust variance based on the Huber sandwich was estimated to obtain prevalence ratios (PR) and their 95% confidence interval (CI) [34,35]. Due to the log-binomial regression model not converging, a robust Poisson regression model was used instead [36]. The estimates obtained with p values between 0.05 and 0.10 were interpreted as marginally significant. Potential confounders were included in the analysis, based on factors previously identified in the literature. Moreover, the models were also adjusted for variables with p-values <0.20 in the bivariate analysis and for those whose magnitude of the effect for the exposure of interest changed by >10% following a backward elimination procedure [37]. We did not adjust for the father's country of origin and BMI due to the large number of missing values, although we conducted a further sensitivity analysis to explore their possible influence as potential confounders. Furthermore, to assess the possible effect of the dose response in the categories of the children's BMI, linear tests were applied for the BMI as a continuous variable (normal weight, overweight, and obesity, coded 1–3).

Several sensitivity analyses were also performed to examine the robustness of the main findings. First, the father's country of origin and BMI (n = 383) were added to the complete model to evaluate their possible effect on the findings obtained. Second, several stratified analyses by the child's sex and age group were performed to explore their likely influence. Moreover, based on previous evidence on the potential relationship of several conditions with children's sensory performance or BMI, the effect of the complete model was checked after excluding children with the following features: preterm (<37 weeks of gestation; n = 50), low birthweight (<2500 g; n = 48), medical conditions (n = 37), sleeping <10 h/day (n = 120), watching TV >2 h/day (n = 187), and a low adherence to a Mediterranean diet (KIDMED ≤ 7 points; n = 216). According to the cutoffs to classify the children's sensory profile [30], we also excluded children from the analysis who classified under probable difference and under definite difference for the SSP total and SSP scales.

3. Results

3.1. General Characteristics of Study Participants

In the present study, the prevalence of an atypical sensory performance in preschool and school-aged children was 29.4% (SSP total score <155); 11.6% (tactile sensitivity <30); 14.6% (taste/smell

sensitivity <15); 21.1% (movement sensitivity <13); 47.4% (under-responsive/seeks sensation <27); 41.3% (auditory filtering <23); 12.8% (low energy/weak <26); and 27.2% (visual/auditory sensitivity <19). According to the BMI-for-age cutoffs recommended by the WHO, 68.3% of children had normal weight, 18.4% had overweight, and 13.2% were classified as having obesity.

Table 1 shows the sociodemographic and lifestyle characteristics of the participants according to the children's BMI. As observed, few differences were found between children with normal weight, overweight, and obesity. Overall, children with obesity had a lower proportion of Spanish parents, and their mothers presented a higher median BMI and slept <10 h per day at a greater percentage than children with normal weight and/or overweight.

Table 1. Demographic and lifestyle characteristics according to the child body mass index categories of the participants in the InProS Project ($n = 445$).

	Total	Body Mass Index ¹			p^3
		Normal Weight ($n = 304$)	Overweight ($n = 82$)	Obesity ($n = 59$)	
Maternal characteristics					
Age (years), median (IR)	38 (35; 41)	38 (35; 42)	38 (35; 41)	37 (35; 40)	0.369
Country of birth (Spanish), %	85.6	88.2	82.9	76.3	0.044
Education (University studies), %	44.5	46.1	46.3	33.9	0.269
Working situation (yes), %	70.6	73.0	65.9	64.4	0.241
BMI, median (IR)	22.8 (20.7; 25.4)	22.5 (20.4; 25.0)	22.7 (21.0; 25.7)	24.5 (21.6; 26.5)	0.010
Paternal characteristics ²					
Age (years), median (IR)	39.0 (37.0; 43.0)	39.0 (37.0; 43.0)	40.0 (37.5; 43.0)	40.0 (37.5; 42.0)	0.584
Country of birth (Spanish), %	84.3	86.4	85.1	72.5	0.050
Education (University studies), %	35.5	35.8	37.3	31.4	0.429
Working situation (yes), %	90.3	91.7	88.1	86.3	0.382
BMI, median (IR)	25.6 (23.8; 27.7)	25.6 (23.5; 27.5)	25.3 (24.3; 27.7)	25.9 (24.3; 29.2)	0.346
Child characteristics					
Age (years), median (IR)	5 (4; 6)	5 (4; 6)	5 (4; 6)	6 (5; 6)	0.581
Sex (female), %	47.6	49.3	48.8	37.3	0.231
Adherence to MD, median (IR)	8 (6; 9)	8 (7; 9)	7 (6; 9)	7 (6; 9)	0.473
Sleep (<10h/day), %	27.0	25.0	24.4	40.7	0.013
Sleep quality (poor); %	9.4	9.5	7.3	11.9	0.656
TV (h/day), median (IR)	2.0 (1.3; 2.6)	2.0 (1.3; 2.6)	1.9 (1.3; 2.3)	2.3 (1.4; 2.6)	0.210
Physical activity (very active/active), %	59.9	58.9	57.3	67.8	0.389

IR: Interquartile range; MD, Mediterranean diet; ¹ The categories of the body mass index were obtained using the cutoffs proposed by the World Health Organization, adjusted by age and sex; ² Paternal information is available for 383 parents; ³ P-value from the Chi-square test (categorical variables) and Kruskal–Wallis (continuous variables).

3.2. Association between Child's Body Mass Index and Prevalence of Atypical Sensory Performance

The results of the association between children's BMI, assessed as a categorical and continuous variable, and the prevalence of atypical sensory processing are displayed in Table 2. The analyses

of BMI categories showed no statistically significant associations with atypical sensory outcomes. However, despite the lack of statistical significance, a substantial negative effect of having a higher prevalence of tactile and movement sensitivity problems was observed for children with overweight and obesity. When assessing the associations with a one-point increase in the BMI, the negative effect of having an atypical sensory performance was evident in almost all of the SSP scales, although it was only statistically significant for atypical tactile sensitivity (PR = 1.07, 95% CI: 1.02; 1.12). In addition, we observed a statistically marginal association with having an atypical sensory performance for total SSP (PR = 1.03, 95% CI: 1.00; 1.07) and movement sensitivity (PR = 1.05, 95% CI: 1.00; 1.10).

3.3. Sensitivity Analyses

A set of parental and child characteristics that could be related to children's BMI or sensory performance were examined to determine the extent to which the main results could be affected by changes in the magnitude of the effect. Table 3 presents the findings from the sensitivity analysis conducted for the associations between a one-point increase in BMI and atypical sensory outcomes in the total, tactile sensitivity, and movement sensitivity SSP scales. With a few exceptions, overall no remarkable changes were observed in the estimates found for the analyzed SSP scales. Regarding the total SSP, the magnitude of the effect substantially increased and became statistically significant when only including children aged 5 (PR = 1.10, 95% CI: 1.01; 1.20), as well as when excluding children with a low adherence to a Mediterranean diet (PR = 1.09, 95% CI: 1.01; 1.17). By contrast, the effect on the prevalence of atypical tactile sensitivity dropped considerably when excluding those children with a low Mediterranean diet (PR = 1.01, 95% CI: 0.85; 1.19). The same reduced effect on the prevalence of atypical movement sensitivity was observed when only considering children aged 3–4 (PR = 1.01, 95% CI: 0.84; 1.21), as well as when excluding children watching TV >2 h per day (PR = 1.00, 95% CI: 0.91; 1.10). However, in both cases, i.e., tactile and movement sensitivity outcomes, the associations did not reach a statistical significance.

Table 2. Association between the body mass index (as a categorical and continuous variable) and the prevalence of atypical sensory processing using the total and subscales scores of SSP in children aged 3–7 years from InProS Project (*n* = 445).

Atypical Sensory Performance	Normal Weight (n = 304)		Overweight (n = 82)		Obesity (n = 59)		P-Trend ¹	One-Point Increase			
	n	n	PR ² (95% CI)	P	N	PR ² (95% CI)		P	n	PR ² (95% CI)	<i>p</i>
SSP total score (<155 points)	90	21	0.84 (0.56; 1.27)	0.415	20	1.01 (0.68; 1.48)	0.974	0.815	131	1.03 (1.00; 1.07)	0.072
Tactile sensitivity (<30 points)	29	13	1.52 (0.82; 2.84)	0.187	10	1.40 (0.70; 2.81)	0.340	0.528	52	1.07 (1.02; 1.12)	0.004
Taste/smell sensitivity (<15 points)	47	9	0.66 (0.34; 1.29)	0.228	9	0.81 (0.43; 1.52)	0.517	0.575	65	1.02 (0.95; 1.09)	0.666
Movement sensitivity (<13 points)	58	20	1.20 (0.76; 1.88)	0.433	16	1.27 (0.79; 2.04)	0.330	0.276	94	1.05 (1.00; 1.10)	0.073
Under-responsive/seeking sensation (<26 points)	141	37	0.96 (0.73; 1.26)	0.775	33	1.12 (0.86; 1.46)	0.398	0.698	211	1.02 (0.99; 1.05)	0.267
Auditory filtering (<23 points)	127	30	0.86 (0.63; 1.19)	0.372	27	1.02 (0.75; 1.39)	0.907	0.863	184	1.02 (0.98; 1.05)	0.366
Low energy/weak (<26 points)	42	6	0.52 (0.22; 1.23)	0.134	9	0.93 (0.50; 1.73)	0.812	0.756	57	1.01 (0.93; 1.09)	0.795
Visual/auditory sensitivity (<19 points)	84	22	0.93 (0.62; 1.40)	0.742	15	0.79 (0.51; 1.23)	0.294	0.436	121	0.99 (0.95; 1.04)	0.742

CI: Confidence Interval; SSP: Short sensory profile; ¹ To calculate the P-trend, the values 0, 1, and 2 were assigned to the normal weight, overweight, and obesity categories of the body mass index in order to enter the variable into the model as a continuous term. ² PR: Prevalence Ratio adjusted for children’s sleep quantity (<10; 10; >10 h/day), mother’s country of birth (Spain; other country), and mother’s body mass index.

Table 3. Sensitivity analysis of the association between the body mass index (in categories and continuously) and the prevalence of atypical tactile sensitivity as measured by the SSP in children aged 3 to 7 years from InProS Project, Alicante, Spain ($n = 445$).

	Body Mass Index (One-Point Increase)								
	SSP Total Score (<155 Points)			Tactile Sensitivity (<30 Points)			Movement Sensitivity (<13 Points)		
	Cases/Total	PR (95% CI)	P	Cases/Total	PR (95% CI)	P	Cases/Total	PR (95% CI)	<i>p</i>
Complete model ¹	131/445	1.03 (1.00; 1.07)	0.072	52/445	1.07 (1.02; 1.12)	0.004	94/445	1.05 (1.00; 1.10)	0.073
Adjusted by father's body mass index	110/383	1.03 (0.99; 1.07)	0.149	45/383	1.06 (1.01; 1.12)	0.031	80/383	1.06 (1.00; 1.12)	0.035
Only boys	83/233	1.03 (0.99; 1.07)	0.157	33/233	1.06 (1.01; 1.12)	0.017	56/233	1.03 (0.97; 1.10)	0.353
Only girls	48/212	1.04 (0.97; 1.12)	0.263	19/212	1.06 (0.94; 1.19)	0.345	38/212	1.06 (0.97; 1.17)	0.214
Only children aged 3–4	48/134	1.02 (0.93; 1.12)	0.663	23/134	1.09 (0.92; 1.28)	0.311	26/134	1.01 (0.84; 1.21)	0.940
Only children aged 5	42/151	1.10 (1.01; 1.20)	0.030	17/151	1.08 (0.95; 1.24)	0.247	31/151	1.05 (0.95; 1.16)	0.366
Only children aged 6–7	41/161	1.03 (0.98; 1.08)	0.317	12/161	1.09 (1.03; 1.17)	0.007	37/161	1.05 (0.98; 1.12)	0.202
Excluding preterm	102/356	1.04 (0.99; 1.09)	0.090	44/356	1.06 (0.98; 1.15)	0.168	76/356	1.08 (1.02; 1.14)	0.013
Excluding low birthweight	112/382	1.04 (0.99; 1.09)	0.097	45/382	1.08 (1.00; 1.17)	0.049	84/382	1.06 (1.00; 1.13)	0.038
Excluding children with some medical conditions	115/407	1.04 (1.00; 1.07)	0.043	48/407	1.08 (1.02; 1.13)	0.005	83/407	1.05 (0.99; 1.11)	0.087
Excluding children sleeping <10 h/day	91/325	1.03 (0.96; 1.10)	0.432	37/325	1.07 (0.96; 1.18)	0.221	68/325	1.03 (0.96; 1.11)	0.391
Excluding children watching TV >2 h/day	63/258	1.03 (0.95; 1.12)	0.517	23/258	1.05 (0.93; 1.18)	0.465	43/258	1.00 (0.91; 1.10)	0.999
Excluding children with low adherence to MD	56/224	1.09 (1.01; 1.17)	0.020	17/224	1.01 (0.85; 1.19)	0.937	41/224	1.06 (0.97; 1.17)	0.200
Excluding children with probable atypical SP	55/369	1.03 (0.99; 1.07)	0.145	27/420	1.08 (1.02; 1.15)	0.008	46/397	1.08 (1.01; 1.15)	0.024
Excluding children with definite atypical SP	76/390	1.04 (0.97; 1.12)	0.299	25/418	1.06 (0.95; 1.17)	0.319	48/399	1.02 (0.94; 1.10)	0.679

Abbreviations: PR, Prevalence Ratio; CI, Confidence Interval; SSP, Short sensory profile; MD, Mediterranean Diet; SP, sensory processing. ¹ Model adjusted for child's sleep quantity (<10; 10; >10 h/day), mother's country of birth (Spain; other country), and body mass index.

4. Discussion

This work shows that almost a third of Spanish preschool and school-age children participants in this study presented an atypical sensory performance according to the SSP total score. In parallel, it is also observed that a similar proportion of children, although slightly higher, had an excess of weight, i.e., including overweight and obesity. Despite the associations between children's overweight and obesity and the prevalence of atypical sensory outcomes being hampered by a lack of statistical power, the main findings clearly indicated that an increase in BMI was significantly associated with a higher prevalence of atypical tactile sensitivity in children aged from 3 to 7. Moreover, after performing the sensitivity analyses, our results suggested that an increase in BMI could in all likelihood also be associated with a higher prevalence of sensory problems as measured by the total SSP score and SSP movement sensitivity scale in children in this age range. To the best of our knowledge, this is the first time the association between BMI and sensory processing has been reported in a population-based sample of children. In this regard, these estimates should raise serious concerns about factors that could affect children's development and health, as well as serving to emphasize how little is still known about these factors.

To date, there is no prior evidence for the association between BMI and sensory processing outcomes in children from the general population that would allow a direct comparison with other studies. On the basis that lifestyle behaviors such as a poor diet seem to play a part in children's overweight/obesity [38] as well as in atypical sensory processing performance [8,12], a plausible explanation for our findings, however indirect, may be partly attributable to the fact that sensory processing difficulties have been linked to poor or less healthy eating behaviors in children [3,8]. Our findings about atypical tactile sensitivity are in line with those we obtained from an earlier study conducted with the same sample of Spanish children [3]. In this study, we found that children with atypical tactile sensitivity had a poorer dietary quality, measured as the adherence to a Mediterranean diet [3]. More specifically, we observed that children affected by atypical tactile sensitivity were less likely to have vegetables regularly, have cereals or grains for breakfast, and use olive oil at home [3]. These results are also consistent with previous studies that suggested that eating less fruits and vegetables was associated with tactile and taste/smell sensitivity problems [9,10,39]. In this regard, atypical tactile sensitivity as well as other sensory processing outcomes have been suggested as important contributors to food acceptance [8,12] because of sensory properties of foods such as tactile, visual, taste, and olfactory characteristics. Indeed, several studies have confirmed a close relationship between sensory processing difficulties and problematic eating behaviors [7–12]. Moreover, different studies have reported that problematic eating behaviors are related to poorer dietary choices and less balanced diets [14–19]. Importantly, the link between a poor diet and the risk of overweight/obesity has been documented by several studies conducted on Spanish children in the same age range [27,38,40]. In light of the findings, although atypical sensory processing could be seen as a proxy for a poor nutritional status, we are aware that we cannot draw a direct connection between an increase in BMI and atypical sensory outcomes due to the nature of our data. However, our results suggest that sensory processing issues should be included as a study factor that may play a part in the complex context of childhood obesity.

In our population, due to the lack of statistical power, we did not find a clear association between children's overweight/obesity or a one-point increase in BMI and an atypical SSP movement sensitivity. However, the observed magnitude of the effect should raise concerns about the potential relationship between both factors. The SSP movement sensitivity scale can be used to identify sensory processing difficulties derived from the vestibular and proprioception systems [30]. The information obtained from these sensory systems is required for a sense of balance and spatial orientation in order to coordinate an adequate movement with balance [41]. Children with vestibular and/or proprioception dysfunctions are more prone to having difficulties in gross motor skills such as running, jumping, climbing, etc. [39], thereby tending to avoid activities that require motor coordination and balance [42,43] such as exercise or physical activity. Thus, children with such sensory conditions would be most likely to gain weight.

In this regard, studies conducted in children with developmental disabilities that commonly present these sensory impairments showed that a higher BMI was associated with less participation in physical activities [44] and with a lower balance [43]. In normally developing children, several studies indicated that children with an excess of weight had a lower plantar sensitivity (which affected their motor coordination), presented a poor balance and postural control and, therefore, experienced higher difficulties in developing gross motor skills [39,42].

This study has several limitations that should be acknowledged for the interpretation of the findings. All the data collected in this study were self-reported, which could potentially result in some misclassification, although any inaccuracy in reporting should be nondifferential. In addition, the accuracy of the research data was ensured by using questionnaires that were valid and reliable instruments employed in previous research studies [6]. Regarding the sensory processing outcomes, it should be noted that SSP is not a diagnostic tool but a screening measure for identifying the presence of symptoms or diagnostic criteria. It only screens for indications that a comprehensive evaluation is needed. As such, the best professional for making an accurate diagnosis through a clinical assessment is an occupational therapist trained in sensory integration. In this respect, children classified as having a “probable difference” according to SSP scores may not necessarily have atypical sensory processing, whereby an overestimation of our findings cannot be dismissed. With respect to the BMI, another potential limitation might be that parents may misreport their child’s weight and height. However, our estimates for the BMI are very close to the rates reported by other previous studies conducted on Spanish children in the same age range [27,38,40], in which children’s weight and height were collected using standard measurements and protocols. Nevertheless, if any misclassification of the BMI occurred, it should be nondifferential. Another important limitation is directly related to the study design. In this respect, we must admit that the cross-sectional analysis of our data hinders us from establishing a causal link between a child’s BMI and the prevalence of atypical sensory processing outcomes. However, in the light of the findings obtained, this study can constitute a suitable rationale for replicating it in other larger samples by using a prospective study design. Notably, one strength of this study is that our sample was recruited from the general population and that, in order to preserve the representativeness of data, it was randomly selected. Nevertheless, we are aware that the response rate was moderately low (37%), suggesting that the yielded results must be corroborated by high-quality studies with larger samples. Moreover, it should be noted that we performed the analysis while adjusting the models for a wide range of potential confounding factors; however, the effect of unknown factors, residual confounding, or bias due to information not collected cannot be dismissed. More importantly, since many statistical tests were applied in this study, we must recognize the problem of multiple testing, which involves the fact that our results could be due to the likelihood of a chance finding. As such, the significant association that was observed between an increase in BMI and a higher prevalence of atypical tactile sensitivity should be interpreted with caution and confirmed by further population-based prospective studies. Finally, we conducted sensitivity analyses to check the robustness of the findings, considering specific conditions that could interfere or be related to the children’s BMI and sensory processing outcomes.

5. Conclusions

This is the first time that a population-based study provides epidemiological evidence of the potential association between overweight/obesity and the prevalence of an atypical sensory performance in children between the ages of 3 and 7. Our estimates confirm that childhood obesity remains a crucial public health challenge, although they also show that sensory processing issues may be a health concern affecting the lives of a considerable proportion of children from the general population. Despite the lack of statistical power, our findings suggest that a greater BMI may be associated with a higher prevalence of atypical tactile sensitivity. Moreover, in all probability, a higher BMI could be related to a higher presence of sensory problems, as measured by the total SSP score and SSP movement sensitivity scale in children in this age range. This study highlights that research on childhood obesity

should include information about potential factors, such as sensory processing issues, that could tend to coexist and/or interrelate with other factors affecting children's health. Further prospective research should corroborate our results in order to help develop interventions that tackle the determinants of childhood obesity within a wider complex health context.

Supplementary Materials: The following are available online at <http://www.mdpi.com/2072-6643/12/12/3684/s1>, Table S1: Summary of the Short Sensory Profile items.

Author Contributions: Conceptualization, E.-M.N.-M. and D.V.-G.; Methodology, E.-M.N.-M. and D.V.-G.; Formal analysis, E.-M.N.-M. and D.V.-G.; Resources, E.-M.N.-M.; Data curation, E.-M.N.-M.; Writing—original draft preparation, E.-M.N.-M., P.F.-P. and D.V.-G.; Writing—review and editing, E.-M.N.-M., P.F.-P., D.V.-G., C.M.-G., C.E.-S., P.P.-G., I.J.-L., A.S.-P., M.-T.P.-V., M.H.-P.; Visualization, E.-M.N.-M. and D.V.-G.; Supervision, E.-M.N.-M.; Project administration, E.-M.N.-M., P.F.-P. and D.V.-G. All authors have read and agree to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding. The Department of Pathology and Surgery at Miguel Hernández University partially covered the work field. The funders had no role in the design or conduct of the study; collection, management, analysis, and interpretation of the data; or preparation, review, and approval of the manuscript.

Acknowledgments: The authors would like to thank all the anonymous participants included in the InProS project and also Silvia Navarro Amat, María Pilar Ruiz, Tayza El Toro, Neus de la Fuente, Alicia López, María Dolores Diago, Laura Compañ, and Macarena Pérez for collaborating in the collection of the data. This paper partially meets the requirements for the PhD program of Paula Fernández-Pires at the Miguel Hernández University (Alicante, Spain).

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest. E.-M.N.-M. belongs to the Editorial Board for this Special Issue in Nutrients and declares that she had no role in the peer review process of the manuscript.

References

1. Miller, L.J.; Nielsen, D.M.; Schoen, S.A.; Brett-Green, B.A. Perspectives on sensory processing disorder: A call for translational research. *Front. Integr. Neurosci.* **2009**, *3*, 22. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
2. Jorquera-Cabrera, S.; Romero-Ayuso, D.; Rodríguez-Gil, G.; Triviño-Juárez, J.-M. Assessment of Sensory Processing Characteristics in Children between 3 and 11 Years Old: A Systematic Review. *Front. Pediatr.* **2017**, *5*, 57. [[CrossRef](#)]
3. Navarrete-Muñoz, E.-M.; Fernández-Pires, P.; Navarro-Amat, S.; Hurtado-Pomares, M.; Peral-Gómez, P.; Juárez-Leal, I.; Espinosa-Sempere, C.; Sánchez-Pérez, A.; Valera-Gran, D. Association between Adherence to the Antioxidant-Rich Mediterranean Diet and Sensory Processing Profile in School-Aged Children: The Spanish Cross-Sectional InProS Project. *Nutrients* **2019**, *11*, 1107. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
4. Kong, M.; Moreno, M.A. Sensory Processing in Children. *JAMA Pediatr.* **2018**, *172*, 1208. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
5. Critz, C.; Blake, K.; Nogueira, E. Sensory Processing Challenges in Children. *J. Nurse Pract.* **2015**, *11*, 710–716. [[CrossRef](#)]
6. Fernández-Pires, P.; Valera-Gran, D.; Sánchez-Pérez, A.; Hurtado-Pomares, M.; Peral-Gómez, P.; Espinosa-Sempere, C.; Juárez-Leal, I.; Navarrete-Muñoz, E.-M. The Infancia y Procesamiento Sensorial (InProS-Childhood and Sensory Processing) Project: Study Protocol for a Cross-Sectional Analysis of Parental and Children's Sociodemographic and Lifestyle Features and Children's Sensory Processing. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2020**, *17*, 1447. [[CrossRef](#)]
7. Moding, K.J.; Bellows, L.L.; Grimm, K.J.; Johnson, S.L. A longitudinal examination of the role of sensory exploratory behaviors in young children's acceptance of new foods. *Physiol. Behav.* **2020**, *218*, 112821. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
8. Coulthard, H.; Palfreyman, Z.; Morizet, D. Sensory evaluation of a novel vegetable in school age children. *Appetite* **2016**, *100*, 64–69. [[CrossRef](#)]
9. Coulthard, H.; Blissett, J. Fruit and vegetable consumption in children and their mothers. Moderating effects of child sensory sensitivity. *Appetite* **2009**, *52*, 410–415. [[CrossRef](#)]
10. Coulthard, H.; Harris, G.; Fogel, A. Association between tactile over-responsivity and vegetable consumption early in the introduction of solid foods and its variation with age. *Matern. Child. Nutr.* **2016**, *12*, 848–859. [[CrossRef](#)]

11. Suarez, M.A. Laboratory Food Acceptance in Children With Autism Spectrum Disorder Compared With Children With Typical Development. *Am. J. Occup. Ther.* **2017**, *71*, 7106220020. [CrossRef] [PubMed]
12. Naish, K.R.; Harris, G. Food intake is influenced by sensory sensitivity. *PLoS ONE* **2012**, *7*, e43622. [CrossRef] [PubMed]
13. Yang, H.R. How to approach feeding difficulties in young children. *Korean J. Pediatr* **2017**, *60*, 379–384. [CrossRef] [PubMed]
14. Rodríguez-Tadeo, A.; Patiño Villena, B.; Urquidez-Romero, R.; Vidaña-Gaytán, M.E.; Periago Caston, M.J.; Ros Berruezo, G.; González Martínez-Lacuesta, E. Food neophobia: Impact on food habits and acceptance of healthy foods in schoolchildren. *Nutr. Hosp.* **2014**, *31*, 260–268. [CrossRef]
15. Faith, M.S.; Heo, M.; Keller, K.L.; Pietrobelli, A. Child food neophobia is heritable, associated with less compliant eating, and moderates familial resemblance for BMI. *Obesity* **2013**, *21*, 1650–1655. [CrossRef]
16. Russell, C.G.; Worsley, A. A population-based study of preschoolers' food neophobia and its associations with food preferences. *J. Nutr. Educ. Behav.* **2008**, *40*, 11–19. [CrossRef]
17. Rodriguez-Tadeo, A.; Patiño-Villena, B.; González Martínez-La Cuesta, E.; Urquidez-Romero, R.; Ros-Berruezo, G. Food neophobia, Mediterranean diet adherence and acceptance of healthy foods prepared in gastronomic workshops by Spanish students. *Nutr. Hosp.* **2018**, *35*, 642–649. [CrossRef]
18. Oliveira, A.; Jones, L.; de Lauzon-Guillain, B.; Emmett, P.; Moreira, P.; Charles, M.A.; Lopes, C. Early problematic eating behaviours are associated with lower fruit and vegetable intake and less dietary variety at 4–5 years of age. A prospective analysis of three European birth cohorts. *Br. J. Nutr.* **2015**, *114*, 763–771. [CrossRef]
19. Zonneveld, K.L.M.; Neidert, P.L.; Dozier, C.L.; Gureghian, D.L.; Bayles, M.W. Assessing factors that influence young children's food preferences and choices. *J. Appl. Behav. Anal.* **2019**, *52*, 240–257. [CrossRef]
20. Singhal, A. The Global Epidemic of Noncommunicable Disease: The Role of Early-Life Factors. In Proceedings of the 78th Nestlé Nutrition Institute Workshop, Muscat, Oman, 19–22 March 2013; Volume 78, pp. 123–132, ISBN 978-3-318-02530-9.
21. Agostoni, C.; Braegger, C.; Decsi, T.; Kolacek, S.; Koletzko, B.; Mihatsch, W.; Moreno, L.A.; Puntis, J.; Shamir, R.; Szajewska, H.; et al. Role of Dietary Factors and Food Habits in the Development of Childhood Obesity: A Commentary by the ESPGHAN Committee on Nutrition. *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr.* **2011**, *52*, 662–669. [CrossRef]
22. Han, J.C.; Lawlor, D.A.; Kimm, S.Y.S. Childhood obesity. *Lancet* **2010**, *375*, 1737–1748. [CrossRef]
23. Kumar, S.; Kelly, A.S. Review of Childhood Obesity: From Epidemiology, Etiology, and Comorbidities to Clinical Assessment and Treatment. *Mayo Clin. Proc.* **2017**, *92*, 251–265. [CrossRef] [PubMed]
24. World Health Organization. Childhood Overweight and Obesity. Available online: <http://www.who.int/dietphysicalactivity/childhood/en/> (accessed on 4 June 2020).
25. NCD Risk Factor Collaboration (NCD-RisC). Worldwide trends in body-mass index, underweight, overweight, and obesity from 1975 to 2016: A pooled analysis of 2416 population-based measurement studies in 128.9 million children, adolescents, and adults. *Lancet* **2017**, *390*, 2627–2642. [CrossRef]
26. BMI Data Visualisations. NCD-RisC. Available online: <http://ncdrisc.org/data-visualisations-adiposity-ado.html> (accessed on 5 June 2020).
27. Notario-Barandiaran, L.; Valera-Gran, D.; Gonzalez-Palacios, S.; Garcia-de-la-Hera, M.; Fernández-Barrés, S.; Pereda-Pereda, E.; Fernández-Somoano, A.; Guxens, M.; Iñiguez, C.; Romaguera, D.; et al. High adherence to a Mediterranean diet at age 4 reduces overweight, obesity and abdominal obesity incidence in children at the age of 8. *Int. J. Obes.* **2020**, *44*, 1906–1917. [CrossRef] [PubMed]
28. Beaudry-Bellefeuille, I.; Lane, S.J. Cultural Adaptation for Spain of the Spanish version of the short sensory profile using cognitive interviews. *Austin J. Autism Relat. Disabil.* **2015**, *1*, 1002.
29. Román-Oyola, R.; Reynolds, S.E. Validating the Response Process of the Spanish Version of the Short Sensory Profile: A Pilot Study Using Cognitive Interviews. *J. Occup. Ther. Sch. Early. Interv.* **2010**, *3*, 197–206. [CrossRef]
30. Dunn, W. *The Short Sensory Profile*; The Psychological Corporation: New York, NY, USA, 1999.
31. World Health Organization. BMI-For-Age (0–5 years). Available online: https://www.who.int/childgrowth/standards/bmi_for_age/en/ (accessed on 22 June 2020).
32. De Onis, M. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bull. World Health Organ.* **2007**, *85*, 660–667. [CrossRef]

33. World Health Organization. BMI-For-Age (5–19 years). Available online: http://www.who.int/growthref/who2007_bmi_for_age/en/ (accessed on 22 June 2020).
34. Espelt, A.; Mari-Dell’Olmo, M.; Penelo, E.; Bosque-Prous, M. Applied Prevalence Ratio estimation with different Regression models: An example from a cross-national study on substance use research. *Adicciones* **2016**, *29*, 105–112. [[CrossRef](#)]
35. Barros, A.J.D.; Hirakata, V.N. Alternatives for logistic regression in cross-sectional studies: An empirical comparison of models that directly estimate the prevalence ratio. *BMC Med. Res. Methodol.* **2003**, *3*, 21. [[CrossRef](#)]
36. Deddens, J.A.; Petersen, M.R. Approaches for estimating prevalence ratios. *Occup. Environ. Med.* **2008**, *65*, 501–506. [[CrossRef](#)]
37. Mickey, R.M.; Greenland, S. The impact of confounder selection criteria on effect estimation. *Am. J. Epidemiol.* **1989**, *129*, 125–137. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
38. Bawaked, R.A.; Fernández-Barrés, S.; Navarrete-Muñoz, E.M.; González-Palacios, S.; Guxens, M.; Irizar, A.; Lertxundi, A.; Sunyer, J.; Vioque, J.; Schröder, H.; et al. Impact of lifestyle behaviors in early childhood on obesity and cardiometabolic risk in children: Results from the Spanish INMA birth cohort study. *Pediatr. Obes.* **2020**, *15*, e12590. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
39. Marmeleira, J.; Veiga, G.; Cansado, H.; Raimundo, A. Relationship between motor proficiency and body composition in 6- to 10-year-old children. *J. Paediatr. Child. Health* **2017**, *53*, 348–353. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
40. Schröder, H.; Bawaked, R.A.; Ribas-Barba, L.; Izquierdo-Pulido, M.; Roman-Viñas, B.; Fito, M.; Serra-Majem, L. Cumulative Effect of Obesogenic Behaviours on Adiposity in Spanish Children and Adolescents. *Obes. Facts* **2017**, *10*, 584–596. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
41. Yoder, R.M.; Taube, J.S. The vestibular contribution to the head direction signal and navigation. *Front. Integr. Neurosci.* **2014**, *8*. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
42. D’Hondt, E.; Deforche, B.; De Bourdeaudhuij, I.; Gentier, I.; Tanghe, A.; Shultz, S.; Lenoir, M. Postural balance under normal and altered sensory conditions in normal-weight and overweight children. *Clin Biomech.* **2011**, *26*, 84–89. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
43. Goulardins, J.B.; Rigoli, D.; Piek, J.P.; Kane, R.; Palácio, S.G.; Casella, E.B.; Nascimento, R.O.; Hasue, R.H.; Oliveira, J.A. The relationship between motor skills, ADHD symptoms, and childhood body weight. *Res. Dev. Disabil.* **2016**, *55*, 279–286. [[CrossRef](#)]
44. Lawson, L.M.; Foster, L. Sensory Patterns, Obesity, and Physical Activity Participation of Children With Autism Spectrum Disorder. *Am. J. Occup. Ther.* **2016**, *70*, 7005180070. [[CrossRef](#)]

Publisher’s Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



© 2020 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

ANEXO 5

Artículo científico correspondiente a la publicación IV



Sleep Duration and Quality and Sensory Reactivity in School-Aged Children: The Spanish Cross-Sectional InProS Study

Paula Fernández-Pires^{1†}, Desirée Valera-Gran^{1,2*†}, Miriam Hurtado-Pomares^{1,2,3}, Cristina Espinosa-Sempere^{1,2}, Alicia Sánchez-Pérez^{1,2}, Iris Juárez-Leal^{1,2}, María-Pilar Ruiz-Carbonell^{1,4}, Paula Peral-Gómez^{1,2}, Irene Campos-Sánchez¹, María-Teresa Pérez-Vázquez^{1,3} and Eva-María Navarrete-Muñoz^{1,2}

OPEN ACCESS

Edited by:

Andrew M. H. Siu,
Hong Kong Polytechnic
University, China

Reviewed by:

Shelly Jerrine Lane,
Colorado State University,
United States
Roseann C. Schaaf,
Thomas Jefferson University,
United States

*Correspondence:

Desirée Valera-Gran
dvalera@umh.es

†These authors share first authorship

Specialty section:

This article was submitted to
Children and Health,
a section of the journal
Frontiers in Pediatrics

Received: 24 December 2020

Accepted: 04 June 2021

Published: 05 July 2021

Citation:

Fernández-Pires P, Valera-Gran D, Hurtado-Pomares M, Espinosa-Sempere C, Sánchez-Pérez A, Juárez-Leal I, Ruiz-Carbonell M-P, Peral-Gómez P, Campos-Sánchez I, Pérez-Vázquez M-T and Navarrete-Muñoz E-M (2021) Sleep Duration and Quality and Sensory Reactivity in School-Aged Children: The Spanish Cross-Sectional InProS Study. *Front. Pediatr.* 9:646011. doi: 10.3389/fped.2021.646011

¹ Department of Surgery and Pathology, Miguel Hernández University, Alicante, Spain, ² Occupational Therapy Research Group (InTeO, Investigación en Terapia Ocupacional), Miguel Hernández University, Alicante, Spain, ³ Miguel Hernández University-Vice Rectorate of Institutional Relations, Elche, Spain, ⁴ Centro de Desarrollo Infantil Sentits, Alicante, Spain

Background: The relationship between children's sleep and health has been widely examined; however, research focused on the link between sleep and sensory reactivity in children without medical conditions is relatively new and based on studies with small samples. Hence, we aimed at exploring the association between sleep duration and quality and prevalence of sensory reactivity in a population-based sample of children aged 3–7.

Methods: We examined data on 579 school-age children from the InProS project, a cross-sectional population-based study. Children's sleep duration was classified as <10 vs. ≥10 h/day, and sleep quality was measured using the Pediatric Sleep Questionnaire, defining poor quality sleep as a score of ≥0.33. The Short Sensory Profile (SSP) was used to classify children with or without sensory reactivity using the cut-off points proposed by W. Dunn for SSP total score and each SSP subscale. Prevalence ratios (PR) using Poisson multiple regression models with robust variance were estimated to examine main associations.

Results: Around a third (32.6%; $n = 189$) slept <10 h/day and 10.4% presented poor sleep quality. The prevalence of sensory reactivity was 29.5% for total SSP (<155), 11.4% for tactile sensitivity (<30), 15% for taste/smell sensitivity (<15), 22.5% for movement sensitivity (<13), 49.1% for under-responsive/seeks sensation (<27), 44.4% for auditory filtering (<23), 12.4% for low energy/weak (<26), and 25.4% for visual/auditory sensitivity (<19). Main findings indicated that poor sleep quality was significantly associated with a greater prevalence of sensory reactivity for SSP total score (PR = 1.27; IC 95%: 1.18; 1.38), tactile sensitivity (PR = 1.09, IC95%: 1.00–1.19), taste/smell sensitivity (PR = 1.18, IC95%: 1.08–1.30), under-responsive/seeks sensation (PR = 1.28, IC95%: 1.20–1.37), auditory filtering (PR = 1.31, IC95%: 1.23–1.39), low energy/weak (PR = 1.14, IC95%: 1.04–1.25) and audiovisual sensitivity (PR = 1.15, IC95%: 1.05–1.26) scores after adjusting for potential confounders.

Conclusions: In this study, we observed that poor sleep quality was statistically significantly associated with a higher prevalence of sensory reactivity as measured by the total SSP and almost all SSP subscales. To our knowledge, this is the first time that this association has been explored and reported. Further research from prospective studies is required to confirm these findings.

Keywords: sleep duration, sleep quality, sensory processing, short sensory profile, childhood, sensory reactivity

INTRODUCTION

Sensory processing is the capacity of the central nervous system to process and give an adaptive response to environmental stimuli received from sensory systems (tactile, olfactory, gustatory, auditory, visual, proprioceptive, and vestibular) (1). However, when sensory processing does not trigger an efficient and/or appropriate response to registered stimuli, it could be indicative of the presence of sensory processing difficulties, including sensory sensitivity and/or sensory reactivity (2). Children with developmental problems such as autism spectrum disorder (ASD) or attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) are particularly vulnerable to sensory processing issues (1, 3), although, several previous studies reported that the prevalence of these problems may affect between 5 and 18 % of children from the general population (1, 3–6). Importantly, children suffering from such health problems are especially prone to experiencing significant difficulties that compromise their participation in social and family activities, school achievement, and/or development of their autonomy in the activities of daily life (4, 7–10). However, to the best of our knowledge, there is a general lack of understanding about sensory processing issues in typically developing children, or more specifically, which factors are associated with, or how sensory processing issues such as sensory reactivity can affect children's health and normal development.

Sleep is a complex and dynamic process regulated by the central nervous system through circadian rhythms and homeostasis that control sleep-wake needs (11). There are both exogenous and endogenous factors (e.g., light, social habits; or body temperature, hormone changes, respectively) that can affect sleep-wake cycle regulation (12–14). Although, the knowledge about the function and regulation of sleep is still limited, it is widely recognized that healthy sleep is crucial for good health and well-being (15) and includes achieving adequate sleep duration, good sleep quality, keeping appropriate sleep timing, and having no sleep disorders (16). Research on pediatric population indicates that sleep duration, timing, quality and variability are increasingly being associated with a wide range of health outcomes such as body composition, emotional regulation, growth, cognition, academic achievement, quality of life, or cardiometabolic outcomes (15, 17). Although, the relationship between children's sleep and health has been widely examined by a large body of literature (15, 17), as far as we know, research focused on the link between sleep and sensory reactivity in children without medical conditions is relatively new and based on study with small samples (18–23).

Briefly, Shochat and colleagues observed that specific sensory reactivity such as tactile sensitivity, movement sensitivity, auditory filtering as well as global sensory processing scores were negatively correlated with sleep in a study conducted with 56 children aged 8 in 2009 (20). More recently, several studies have suggested that sensory processing outcomes may be also negatively related to shorter sleep duration in children aged from 0 to 36 months ($n = 177$) (21) and to poor sleep habits in children from 6 months to 2.5 years of age ($n = 160$) (23) and in primary school children with ages between 7 and 8 and 12 ($n = 45$; $n = 231$) (19, 22). Consequently, in the light of the scant available results, however consistent, further, research is needed to provide more solid evidence about this health issue, most notably from large sample studies with high-quality epidemiological design. Hence, this study aimed at exploring the association between sleep (duration and quality) and sensory reactivity in a Spanish population-based sample of typically developing school-aged children.

MATERIALS AND METHODS

Study Design and Population

The Infancia y Procesamiento Sensorial (InProS [Sensory Processing and Childhood], www.inteo.edu.umh.es/inpros) project is a cross-sectional population-based study carried out in typically developing children aged 3–7 in Alicante, Spain. Detailed information on the study protocol has been published previously (24). Briefly, around 1,700 eligible children from 21 schools randomly selected in Alicante province. They were invited to participate in this study through an envelope with an invitation letter addressed to their parents. After approximately a 2/3-week period and once all the documentation was examined, children were excluded from the study if they presented any disability. As such, children who had allergic conditions ($n = 6$), atopic dermatitis ($n = 1$), asthma ($n = 1$), bronchopulmonary dysplasia ($n = 1$), tumor ($n = 1$), ASD ($n = 1$), ADHD ($n = 1$) were excluded from the study analysis. Finally, a total sample of 620 children was included, rendering a response rate of about 37%. Recruitment of the study participants was performed between February and May of 2016. All children that finally participated in this study provided an informed consent signed by their parents. The Ethical Committee of the Miguel Hernandez University of Elche gave authorization to conduct this research project (DPC.ASP.02.16). For the present analysis, we examined data on 579 children (93.4%) with complete information for the main study variables.

Study Variables

Sensory Reactivity

Child sensory processing was measured using the Short Sensory Profile (SSP) questionnaire validated and adapted for use in Spanish children population ranging in age from 3 to 10 (25). The SSP is an abbreviated version of the Sensory Profile created by W. Dunn (26) and specifically aimed at detecting sensory processing difficulties. This questionnaire is a parent report tool that measured child sensory reactions or behavioral responses to sensory stimuli and includes 38 items divided into seven different subscales: tactile sensitivity, taste/smell sensitivity, movement sensitivity, under-responsive/seeking sensation, auditory filtering, low energy/weak, and visual/auditory sensitivity. Each item can be rated on a Likert-type five-point scale ranging from 1 (always) to 5 (never). The scores for total SSP and subscales can be derived by summing the responses of all respective values of the items. The scoring of the SSP (total and subscales) allows the classification of children into three different sensory processing profiles (typical performance, probable difference or definite difference) according to the cut-off criteria proposed by Dunn (26). Briefly, based on a large normative sample of children without disabilities (27), the criteria used for classifying children with “typical performance” were children who got total scores at or below one standard deviation from the mean. The criteria used for defining children with “probable difference” were those children that showed total scores higher than one standard deviation and <2 standard deviations from the mean. Finally, the criteria used for classifying children with “definite difference” were children who had scores >2 standard deviations from the mean. On the SSP, children were classified into “typical performance,” “probable difference,” and “definite difference” categories according to the total score for the total SSP and each SSP subscale, as follows, respectively: total SSP (≥ 155 , 154–142, ≤ 141); tactile sensitivity (≥ 30 , 29–27, ≤ 26); taste/smell sensitivity (≥ 15 , 14–12, ≤ 11); movement sensitivity (≥ 15 , 12–11, ≤ 10); under-responsive/seeking sensation (≥ 27 , 26–24, ≤ 23); auditory filtering (≥ 23 , 22–20, ≤ 19); low energy/weak (≥ 26 , 25–24, ≤ 23); visual/audiovisual sensitivity (≥ 19 , 18–16, ≤ 15). A complete summary of the scores for the total SSP and total SSP subscales and classification of the child sensory profile was previously published elsewhere (23). In our study, the children with sensory reactivity were defined as those classified into “probable difference” and “definite difference” categories of sensory profile that were later merged into only one category (i.e., sensory reactivity). As such, the total SSP and total SSP subscales were analyzed in dichotomous terms (no sensory reactivity vs. sensory reactivity). To create these dichotomous variables, we used the following cut-off points: total SSP < 155; tactile sensitivity < 30; taste/smell sensitivity < 15; movement sensitivity < 13; under-responsive/seeking sensation < 27; auditory filtering < 23; low energy/weak < 26, visual/audiovisual sensitivity < 19.

Sleep Duration and Quality

To determine children’s sleep duration, we used the following questions: (1) How many hours per day does his son/her daughter sleep on weekdays? and (2) How many hours per

day does his son/her daughter sleep during the weekend? The responses to both questions allowed us to obtain the average daily hours that the children slept. Using the recommendations for amount of sleep for pediatric populations of the American Academy of Sleep Medicine (28), children were classified as those who regularly sleep <10 h/day and those regularly sleeping 10 or more hours per day.

To detect those children who had sleep disturbances, we used the adapted and validated short Spanish version of the Pediatric Sleep Questionnaire (PSQ) (29, 30). This version of the PSQ was found to be a suitable tool both for clinical examination and epidemiological research purposes (29). From a clinical perspective, the PSQ can serve as first screening to detect potential sleep disorders as well as to select those children who will require further more detailed medical examination to make an accurate diagnosis. From an epidemiological approach, the PSQ score can be interpreted in terms of group at risk (in this case, children with poor sleep quality) to examine associations that can provide an insight into the determinants and health-related outcomes or events that could be linked to the health problem of interest (in this case, sensory reactivity). This questionnaire is a parent report measure that was specifically designed for identifying sleep-related breathing disorders in children aged from 2 to 18. The PSQ consists of 22 questions grouped into three different sections: (A) questions concerning the children’s sleep behavior during the night [9 items]; (B) questions about children’s behavior and other possible problems during daytime (e.g., drowsiness, lack of attention, etc.) [7 items]; and (C) questions about ADHD-related behavior according to the DSM-4 criteria [6 items]. Each item from section A and B provides three response options (“yes,” “no,” and “don’t know”) that can be scored with the value of 1, 0, or “missing,” respectively. The items from section C can be answered by selecting one of the following response options: never, sometimes, many times, and almost always. To standardize the scoring of all the items, the answers “never” and “sometimes” were categorized as “no” and scored 0 points, and the answers “often” or “almost always” as “yes” and scored 1 point. To obtain the total PSQ score, the total sum of all affirmative responses (“yes”) was calculated and subsequently divided by the total sum of negative (“no”) and affirmative (“yes”) responses. The total score of 0.33 was the cut-off point (29, 30) below which children were categorized as presenting sleep disturbance and was used as a proxy for classifying children according to their sleep quality (i.e., good vs. poor sleep quality).

Study Covariates

Parental and child sociodemographic and lifestyle data were collected from the questionnaire reported by the parents. Based on previous solid evidence on the link between socio-demographic and lifestyle factors and child neurodevelopmental outcomes (31–35), and after statistical exploration of our data, we finally selected the following covariates: Parental characteristics, such as age (in years), country of origin (Spain, others), education level (primary or less, secondary, university), employment (yes, no), television watching (<2, ≥ 2 h/day) and sleep duration (in hours per day); and child characteristics, such as sex (male,

female), gestation weeks (<37, ≥37 weeks), birthweight (<2,500, ≥2,500 g), adherence to the Mediterranean diet as measured by the KIDMED index (low, medium, high) (36), parental-reported body mass index (BMI) calculated as weight in kilograms divided by the height in square meters, parental-reported global physical activity (sedentary/less active, active/very active), television watching (<2, ≥2 h/day). Moreover, since clinical or medical conditions may be potential factors that can be related to sensory outcomes, child medical condition (yes, no) was also taken into account. The information on child's health problems was collected asking the parents if their child had been diagnosed with any medical condition or disease. Given that we did not have access to medical records, this question could serve as a proxy for assessing whether a health condition can be related to sensory processing outcomes. Further details on covariates are available elsewhere (24).

Statistical Analysis

Statistical analyses were carried out using software R, version 4.0.2 (R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria; <http://www.R-project.org>). Bilateral statistical tests were applied with a significance level set at 0.05. Normal distribution of the continuous variables was checked using the Kolmogorov-Smirnov test.

General description of the characteristics of the parents and their children by child sensory profile (i.e., SSP < 155 vs. SSP ≥ 155) was performed using frequencies and percentages (%) for the categorical variables, and median and interquartile range (RI) for the continuous variables, given that they were not normally distributed. To evaluate if there were differences in the study characteristics between SSP groups, we applied the Chi-square test (χ^2) or Fisher's Exact test (categorical variables) and Mann-Whitney's *U*-test (continuous variables).

To assess the association between children's sleep (duration and quality) and prevalence of sensory reactivity, we estimated prevalence ratios (PR) and their respective confidence intervals (CI) at 95% using Poisson multiple regression models with robust variance based on the sandwich estimation of Huber (37, 38). Because of non-convergence, Poisson regression with robust variance was applied instead of the log-binomial regression (39).

To control potential confounding factors, all the models were adjusted for those variables that had shown a *p*-value <0.20 in the bivariate analysis and that produced changes >10% in the association when building the core model. Paternal variables and the child's BMI were not included in the models due to the large number of missing data in these variables, although, they were then allowed for the sensitivity analysis in order to evaluate their possible effect on the main association. Finally, the core model included the following variables: sex, global physical activity, television watching, adherence to a Mediterranean diet with regard to the children's characteristics; and age, education level, country of origin, employment and television watching with respect to the mother's features.

To evaluate the robustness of the findings in which significant associations were observed, we conducted several sensitivity analyses. We performed stratified models to assess the effect

of children's sex (boy, *n* = 292; girl, *n* = 287) and age (3–4 years, *n* = 179; 5 years, *n* = 194; 6–7 years, *n* = 206). Moreover, we checked if there were changes in the main effects after the exclusion of the following children's features: sleep duration (<10 h/day; *n* = 189), born preterm (<37 weeks of gestation; *n* = 223), low birthweight (<2,500 g; *n* = 78), medical condition (yes; *n* = 48). Regarding children classified as having sensory reactivity (including both total SSP and each SSP subscale), we also evaluated if there were differences in the effect of main associations between those children with sensory profile characterized as “probable difference” and those as “definite difference.” Finally, several models adjusted for the father's variables such as age, education level, employment and country of origin (*n* = 513) and for the children's BMI (*n* = 460) were also estimated.

RESULTS

In this study, the prevalence of children with sensory reactivity was 29.5% for total SSP (<155), 11.4% for tactile sensitivity (<30), 15% for taste/smell sensitivity (<15), 22.5% for movement sensitivity (<13), 49.1% for under-responsive/seeking sensation (<27), 44.4% for auditory filtering (<23), 12.4% for low energy/weak (<26), and 25.4% for visual/auditory sensitivity (<19). Regarding children's sleep, 10.4% presented poor sleep quality and around a third (32.6%; *n* = 189) slept <10 h/day.

Table 1 shows the general characteristics of the participants in the InProS study by the children's sensory profile according to whether they presented sensory reactivity (SSP < 155) or not (SSP ≥ 155). Compared to the children who had typical sensory performance, children classified as having sensory reactivity had younger mothers (median age 37 vs. 38), a greater percentage of parents born in a foreign country (mothers = 25.1 vs. 10.3%; fathers = 25.2 vs. 12.0%), a higher proportion of unemployed mothers (40.4 vs. 26.2%) and of fathers with secondary studies (39.5 vs. 30.9%). Regarding children's features, these children had a higher sedentary lifestyle (TV watching ≥ 2 h/day = 64.5 vs. 47.4%) and poor eating habits (i.e., lower median adherence to the Mediterranean diet = 7 vs. 8 points).

Table 2 displays the comparison of the children's sleep duration and quality according to the children's sensory profile (sensory reactivity vs. no sensory reactivity), both for the total SSP scoring and for the SSP subscales. In general, sleep duration did not show statistically significant differences in SSP scales. There were practically no differences in the rates of sensory reactivity between those children who slept a median of <10 h a day and those with a median of 10 or more hours a day. On the contrary, it was observed that, compared with those who had good sleep quality, children who presented poor sleep quality had a greater rates of sensory reactivity, both for total SSP as well as for all the SSP subscales, excepting movement sensitivity subscale. However, the percentage of children with poor sleep quality and sensory reactivity was notably higher in the total SSP (66.7%) and under-responsive/seeking sensation (86.7%) and auditory filtering (83.3%) were by far the SSP subscales.

TABLE 1 | Sociodemographic and lifestyle characteristics of the parents and their children's sensory profile (SR = SSP < 155) vs. (no SR = SSP ≥ 155) from the InProS project (n = 579).

Study variables	All	Sensory profile ^a		p ^b
	n (%)	no SR n (%)	SR n (%)	
	579 (100)	408 (70.5)	173 (29.5)	
Maternal characteristics				
Age (years), median (IQR)	38 (35–41)	38 (35–41)	37 (33–41)	0.002
Country of birth, n (%)				<0.001
Spain	494 (85.3)	366 (89.7)	128 (74.9)	
Others	85 (14.7)	42 (10.3)	43 (25.1)	
Education level, n (%)				0.053
Primary or less studies	135 (23.3)	87 (21.3)	48 (28.1)	
Secondary studies	195 (33.7)	133 (32.6)	62 (36.3)	
University studies	249 (43.0)	188 (46.1)	61 (35.7)	
Employment, n (%)				0.001
Yes	403 (69.6)	301 (73.8)	102 (59.6)	
No	176 (30.4)	107 (26.2)	69 (40.4)	
TV watching, n (%); (missing, n = 11)				0.052
<2 h/day	273 (48.1)	204 (50.7)	69 (41.6)	
≥2 h/day	295 (51.9)	198 (49.3)	97 (58.4)	
Sleep duration, median (IQR); (missing, n = 11)	7.6 (7–8)	7.6 (7–8)	7.6 (7–8)	0.370
Paternal characteristics^c				
Age (years), median (IQR)	40 (37–43)	40 (37–43)	40 (36–43)	0.159
Country of birth, n (%)				<0.001
Spain	432 (84.2)	322 (88)	110 (74.8)	
Other country	81 (15.8)	44 (12)	37 (25.2)	
Education level, n (%)				0.006
Primary or less	162 (31.6)	109 (29.8)	53 (36.1)	
Secondary	171 (33.3)	113 (30.9)	58 (39.5)	
University studies	180 (35.1)	144 (39.3)	36 (24.5)	
Employment, n (%)				0.528
Yes	458 (89.3)	329 (89.9)	129 (87.8)	
No	55 (10.7)	37 (10.1)	18 (12.2)	
TV watching, n (%); (missing, n = 28)				0.476
<2 h/day	208 (42.9)	153 (44.0)	55 (40.1)	
≥2 h/day	277 (57.1)	195 (56.0)	82 (59.9)	
Sleep duration, median (IQR); (missing, n = 28)	7.3 (7–8)	7.3 (7–8)	7.4 (7–8)	0.106
Child characteristics				
Sex, n (%)				0.002
Male	292 (50.4)	189 (46.3)	103 (60.2)	
Female	287 (49.6)	219 (53.7)	68 (39.8)	
Age (years), median (IQR)	5 (4–6)	5 (4–6)	5 (4–6)	0.425
TV watching, n (%); (missing, n = 12)				<0.001
<2 h/day	270 (47.6)	211 (52.6)	59 (35.5)	
≥2 h/day	297 (52.4)	190 (47.4)	107 (64.5)	
Adherence to MD, median (IQR); (missing, n = 7)	8 (6–9)	8 (7–9)	7 (6–9)	0.004
Body mass index, median (IQR); (missing, n = 119)	16 (14.5–17.4)	15.8 (14.4–17.4)	16 (14.9–17.3)	0.188
Physical activity, n (%); (missing, n = 7)				0.058
Sedentary/poor active	120 (21.0)	76 (18.9)	44 (26.0)	
Active/very active	452 (79.0)	327 (81.1)	125 (74.0)	

IQR, Interquartile range; SR, sensory reactivity; MD, Mediterranean Diet.

^aChildren's sensory profile was determined following the cut-off points proposed by W. Dunn for total SSP score to classify children's level of sensory processing performance as having SR (<155 points) or not having SR (≥155 points).

^bP-value was calculated by Chi-square test or Fisher's exact test for categorical variables and by U Mann-Whitney test for continuous variables.

^cPaternal information is available for 513 parents.

The association between the children's sleep duration and quality and prevalence of sensory reactivity, both for the total SSP and for the SSP subscales, is shown in **Table 3**. The results on the relationship between children's sleep duration and prevalence of sensory reactivity disclosed no statistically significant associations. In contrast, with the exception of the results for tactile sensitivity and movement sensitivity, total SSP and the rest of SSP subscales were statistically significantly associated with poor sleep quality, including both the crude analyses (i.e., model 1) and multiple analyses (i.e., model 2).

Sensitivity analyses of the main findings are presented in **Table 4**. Overall, no substantial changes in the main associations were observed when stratifying analysis by relevant children's characteristics or when adjusting the core model for important paternal variables or for the child's BMI. However, a significant drop in the effects and loss of statistical significance after applying several conditions were observed in the following SSP scales: taste/smell sensitivity, when including only children aged 6–7 (PR = 1.07; 95% CI, 0.91–1.26) and those with probable atypical sensory processing (PR = 1.07; 95% CI, 0.96–1.21); under-responsive/seeking sensation, when including only children aged 3–4; low energy/weak, when including only children aged 5 (PR = 1.01; 95% CI, 0.90–1.13) and 6–7 (PR = 1.04; 95% CI, 0.91–1.19) and after excluding preterm children (PR = 1.03; 95% CI, 0.94–1.14); and visual/auditory sensitivity, when including only girls (PR = 0.96; 95% CI, 0.81–1.13), children aged 3–4 (PR = 1.09; 95% CI, 0.92–1.28), those with probable atypical sensory processing (PR = 0.97; 95% CI, 0.87–1.09).

DISCUSSION

Main findings of this study showed that poor sleep quality in children aged 3–7 was significantly associated with greater prevalence of sensory reactivity as measured by total SSP, tactile sensitivity, taste/smell sensitivity, under-responsive/seeking sensation, auditory filtering, low energy/weak and visual/auditory sensitivity SSP subscales. However, no significant associations were observed between sleep duration and prevalence of sensory reactivity in children at this age range. To the best of our knowledge, this is the first time this association has been reported and explored in a population-based sample of school-age children.

Previous research has clearly documented that sensory processing issues and sleep disturbances are common symptoms in children with developmental disabilities such as ASD (40). However, the available evidence about the relationship between the children's sensory processing issues and sleep outcomes is very limited and based on preliminary results mainly obtained from descriptive analyses (18–23), which indicates that this health issue is still in its early stages of research. In this regard, it should be noted that an important point of marked difference between the present study and previous research lies in the fact that we applied an evident epidemiological approach to investigate this health issue. As such, to improve the understanding of and provide better consistency with the suggested relationship between children's sleep and sensory

TABLE 2 | Comparison of sleep duration and quality^a according to sensory processing profile categorized as SR and no SR for total SSP score and each SSP subscale scores in children aged 3–7 from the InProS Project (*n* = 579).

	All <i>n</i> (%)	Sleep duration		<i>P</i> -value ^b	Sleep quality ^a		<i>P</i> -value ^b
		<10 h/d <i>n</i> (%)	≥10 h/d <i>n</i> (%)		Poor <i>n</i> (%)	Good <i>n</i> (%)	
Sensory processing items, <i>n</i> (%)	579 (100)	189 (32.6)	390 (67.4)		60 (10.4)	519 (89.6)	
Total SSP (Items 1–38)				0.244			<0.001
no SR (155–190 points)	408 (70.5)	127 (67.2)	281 (72.1)		20 (33.3)	388 (74.8)	
SR (38–154 points)	171 (29.5)	62 (32.8)	109 (27.9)		40 (66.7)	131 (25.2)	
Tactile sensitivity (Items 1–7)				1.000			0.049
no SR (30–35 points)	513 (88.6)	168 (88.9)	345 (88.5)		48 (80.0)	465 (89.6)	
SR (7–29 points)	66 (11.4)	21 (11.1)	45 (11.5)		12 (20.0)	54 (10.4)	
Taste/smell sensitivity (Items 8–11)				0.063			<0.001
no SR (15–20 points)	492 (85.0)	153 (81.0)	339 (86.9)		40 (66.7)	452 (87.1)	
SR (4–14 points)	87 (15.0)	36 (19.0)	51 (13.1)		20 (33.3)	67 (12.9)	
Movement sensitivity (Items 12–14)				0.244			0.870
no SR (13–15 points)	449 (77.5)	141 (74.6)	308 (79.0)		46 (76.7)	403 (77.6)	
SR (3–12 points)	130 (22.5)	48 (25.4)	82 (21.0)		14 (23.3)	116 (22.4)	
Under-responsive/seeking sensation (Items 15–21)				0.051			<0.001
no SR (27–35 points)	295 (50.9)	85 (45.0)	210 (53.8)		8 (13.3)	287 (55.3)	
SR (7–26 points)	284 (49.1)	104 (55.0)	180 (46.2)		52 (86.7)	232 (44.7)	
Auditory filtering (Items 22–27)				0.154			<0.001
no SR (23–30 points)	322 (55.6)	97 (51.3)	225 (57.7)		10 (16.7)	312 (60.1)	
SR (6–22 points)	257 (44.4)	92 (48.7)	165 (42.3)		50 (83.3)	207 (39.9)	
Low energy/weak (Items 28–33)				0.229			0.001
no SR (26–30 points)	507 (87.6)	161 (85.2)	346 (88.7)		44 (73.3)	463 (89.2)	
SR (6–25 points)	72 (12.4)	28 (14.8)	44 (11.3)		16 (26.7)	56 (10.8)	
Visual/auditory sensitivity (Items 34–38)				0.223			0.004
no SR (19–25 points)	432 (74.6)	135 (71.4)	297 (76.2)		35 (58.3)	397 (76.5)	
SR (5–18 points)	147 (25.4)	54 (28.6)	93 (23.8)		25 (41.7)	122 (23.5)	

SSP, Short Sensory Profile; SR, sensory reactivity; h/d, hours per day.

^aChildren's sleep quality was determined by the Pediatric Sleep Questionnaire (PSQ).

^b*P*-value was calculated by Fisher's exact test.

processing, we quantified the strength of this association using adequate measures of the effect and determined its extent accounting for potential confounding factors. Notwithstanding that the epidemiological design of this study could prevent to some extent a direct comparison of our results with those from other previous studies, our approach should be understood as an important step forward in establishing a more clearly defined research pathway of this health issue. From this perspective, our results help to confirm research findings of prior studies, thus adding convincing evidence for suggesting a likely link between poor sleep quality and sensory reactivity during childhood.

Although, the cross-sectional design of this study does not allow inferring causality, there is preliminary evidence from neuroscientific research suggesting that sleep and sensory processing may be causally and reciprocally related *via* neurophysiological mechanisms (41–43). Hence, the potential interplay between sleep and sensory processing functioning could partly explain why we observed a global effect on sensory processing outcomes as indicated by total SSP and almost all SSP subscales. From this standpoint, our results should be interpreted

as a significant extension of initial evidence not only by the fact that these findings confirm that sleep-related problems are likely connected with sensory reactivity (18–23), and more specifically, with some specific sensory functions such as auditory filtering (23–25) and tactile sensitivity (20), but also by the fact that they quantified this relationship in epidemiological terms. Moreover, to evaluate the strength of the effect of the main findings, we did test with sensitivity analyses whether sensory reactivity could be related in part to other potential parental or child's characteristics. When applying the models based on a set of assumptions, the results remained largely similar to those shown for the main analyses. However, as displayed, child's age and sex and being preterm are factors that could play a role in sensory reactivity, but we must also consider that most of these estimates were based on low numbers. Although, pending additional confirmation from further research on how and to what extent sleep and sensory processing may be related, it can be postulated that children with poor sleep quality may be more likely to display sensory reactivity, thereby failing to selectively regulate their sensitivity to sensory stimuli.

TABLE 3 | Association between sleep duration and quality and prevalence of sensory reactivity for the total SSP score and SSP subscale scores in children aged 3–7 years from InProS project ($n = 579$).

	SR (%)	Children's sleep							
		Duration (<10 h/day)				Poor quality			
		<i>n</i> cases (%)	PR	95% CI	<i>P</i> -value	<i>n</i> cases (%)	PR	95% CI	<i>P</i> -value
SHORT SENSORY PROFILE ITEMS									
Total SSP score (SR < 155 points)	29.5	62 (32.8)				40 (66.7)			
Model 1			0.97	0.94–1.00	0.095		1.33	1.23–0.44	<0.001
Model 2			0.99	0.96–1.02	0.654		1.27	1.18–1.38	<0.001
Tactile sensitivity (SR < 30 points)	11.4	21 (11.1)				12 (20.0)			
Model 1			0.99	0.97–1.02	0.581		1.09	1.00–1.19	0.062
Model 2			1.00	0.98–1.03	0.790		1.05	0.97–1.14	0.239
Taste/smell sensitivity (SR < 15 points)	15.0	36 (19.0)				20 (33.3)			
Model 1			0.97	0.94–1.00	0.026		1.18	1.08–1.30	<0.001
Model 2			0.98	0.96–1.01	0.214		1.15	1.04–1.26	0.005
Movement sensitivity (SR < 13 points)	22.5	48 (25.4)				14 (23.3)			
Model 1			0.96	0.94–0.99	0.007		1.01	0.92–1.10	0.864
Model 2			0.98	0.95–1.00	0.082		0.97	0.88–1.07	0.550
Underresponsive/seek sensation (SR < 26 points)	49.0	104 (55.0)				52 (86.7)			
Model 1			0.97	0.94–1.00	0.050		1.28	1.20–1.37	<0.001
Model 2			0.99	0.96–1.02	0.474		1.21	1.13–1.30	<0.001
Auditory filtering (SR < 23 points)	44.4	92 (48.7)				50 (83.3)			
Model 1			0.99	0.96–1.02	0.406		1.31	1.23–1.39	<0.001
Model 2			1.00	0.97–1.03	0.862		1.26	1.18–1.35	<0.001
Low energy/weak (SR < 26 points)	12.4	28 (14.8)				16 (26.7)			
Model 1			0.99	0.97–1.02	0.583		1.14	1.04–1.25	0.004
Model 2			1.01	0.98–1.03	0.563		1.13	1.04–1.22	0.004
Visual/auditory sensitivity (SR < 19 points)	25.4	54 (28.6)				25 (41.7)			
Model 1			0.99	0.96–1.02	0.334		1.15	1.05–1.26	0.004
Model 2			0.99	0.96–1.02	0.472		1.14	1.04–1.24	0.004

SR, sensory reactivity; SSP, Short Sensory Profile; PR, Prevalence ratio; CI, Confidence interval. Model 1 is a crude model. Model 2 was adjusted for child's characteristics: sex (female; male), physical activity (sedentary/poor active; active/very active; missing), TV watching (<2 h/day; ≥2 h/day; missing), and adherence to Mediterranean diet (low; medium; high; missing); and for mother's characteristics: age (in years), educational level (primary or less; secondary; university studies), country of birth (Spain; other country), employment (no; yes) and TV watching (<2 h/day; ≥2 h/day; missing). Moreover, children's sleep quality (good; poor) was also included in model 2 when assessing the effect of children's sleep duration; and inversely, children's sleep duration (<10 h/day; ≥10 h/day) was added to model 2 when assessing children's sleep quality.

In the absence of a clear answer about the neural mechanisms whereby sleep and sensory processing may be connected (41–43), a plausible explanation for the potential relationship between poor children's sleep quality and sensory reactivity could initially lie in the fact that both factors have been separately associated with higher cortisol levels. Several studies observed that children with sensory processing sensitivity —hyper/over sensitivity—, who tend to be easily overwhelmed and agitated by stressors and adversity (1, 44), displayed increased physiological stress responses to sensory stimuli as indicated by elevated cortisol levels (45–47). Similarly, there is some evidence suggesting that poor sleep quality is associated with virtually the same behavioral effects and exaggerated cortisol stress responses in child populations (48–50). Thus, in line with that mentioned earlier, it would seem reasonable to propose an interesting working hypothesis on the basis that both impaired functions can share common neural pathways displaying equivalent neuroendocrine and psychological responses. Following this

line of research, early results indicated that alterations in the autonomic nervous system (ANS) and the hypothalamic-pituitary-adrenal (HPA) axis seem to play an important role in sensory processing functioning and sleep, hence, it is assumed that they could be responsible for sensory reactivity (44, 46, 51) as well as sleep disturbances (49) in childhood. Interestingly, a recent neural research study produced in parallel promising results suggesting that sensory processing and sleep may be linked *via* thalamic circuit mechanisms (41).

Contrary to that observed for sleep quality, we did not find statistically significant associations between sleep duration and prevalence of sensory reactivity in children aged 3–7. Although, consistent with prior findings (19, 21), this could be partly attributed to the fact that sleep duration was very homogenous overall; the daily average of hours of sleep was remarkably similar in children classified as those having or those not having sensory reactivity (9.8 and 9.9 h/day, respectively). Indeed, only five children included in this study slept an average of seven

TABLE 4 | Sensitivity analysis of the adjusted prevalence ratios between poor sleep quality and sensory reactivity as measured by the total SSP, taste/smell sensitivity, underresponsive/seek sensation, auditory filtering, low energy/weak, and visual/auditory sensitivity in children aged 3–7 from InPros Project (Alicante, Spain).

	SR/total cases	Sensory reactivity (SR)								
		Total SSP score (<155 points)			Taste/smell sensitivity (<15 points)			Underresponsive/seek sensation (<26 points)		
		SR/total cases ^d	PR (CI 95%)	P-value	SR/total cases ^d	PR (CI 95%)	P-value	SR/total cases ^d	PR (CI 95%)	P-value
Complete model ^a	171/579	40/60	1.27 (1.18–1.38)	<0.001	20/60	1.15 (1.04–1.26)	0.005	52/60	1.21 (1.13–1.30)	<0.001
Including only boys	103/292	30/41	1.32 (1.20–1.44)	<0.001	13/41	1.12 (1.00–1.25)	0.047	37/41	1.22 (1.13–1.31)	<0.001
Including only girls	68/287	10/19	1.18 (1.01–1.38)	0.042	7/19	1.18 (1.00–1.39)	0.050	15/19	1.23 (1.06–1.43)	0.007
Including only children aged 3–4	57/179	12/19	1.26 (1.10–1.44)	<0.001	7/19	1.18 (1.03–1.36)	0.020	15/19	1.09 (0.95–1.25)	0.225
Including only children aged 5	57/194	12/17	1.33 (1.17–1.51)	<0.001	6/17	1.18 (0.99–1.41)	0.072	16/17	1.26 (1.15–1.39)	<0.001
Including only children aged 6–7	57/206	16/24	1.25 (1.10–1.43)	<0.001	7/24	1.07 (0.91–1.26)	0.402	21/24	1.30 (1.16–1.47)	<0.001
Excluding sleep duration <10 h/day	109/390	23/33	1.33 (1.20–1.47)	<0.001	11/33	1.22 (1.08–1.38)	0.002	27/33	1.20 (1.08–1.33)	<0.001
Excluding preterm children	96/356	19/33	1.22 (1.09–1.37)	<0.001	12/33	1.18 (1.04–1.34)	0.008	27/33	1.16 (1.05–1.29)	0.005
Excluding low weight at birth	148/501	36/55	1.26 (1.16–1.37)	<0.001	19/55	1.15 (1.04–1.27)	0.005	48/55	1.21 (1.13–1.31)	<0.001
Excluding children with some diseases	150/531	27/41	1.26 (1.14–1.38)	<0.001	15/41	1.16 (1.04–1.30)	0.009	35/41	1.22 (1.12–1.32)	<0.001
Adjusted for child body mass index	135/460	31/44	1.29 (1.18–1.41)	<0.001	13/44	1.11 (0.99–1.23)	0.066	39/44	1.24 (1.15–1.33)	<0.001
Adjusted for father's age, education, employed, and country of birth	147/513	34/47	1.32 (1.21–1.43)	<0.001	17/47	1.16 (1.05–1.28)	0.004	43/47	1.27 (1.19–1.37)	<0.001
Including only probable atypical sensory processing ^b	99/507	12/32	1.13 (1.00–1.28)	0.059	6/32	1.07 (0.96–1.21)	0.225	24/32	1.14 (1.02–1.27)	0.024
Including only definitive atypical sensory processing ^c	72/480	28/48	1.36 (1.25–1.49)	<0.001	16/48	1.16 (1.04–1.29)	0.006	40/48	1.23 (1.13–1.34)	<0.001

	SR/total cases	Sensory reactivity (SR)								
		Auditory filtering (<23 points)			Low energy/weak (<26 points)			Visual/auditory sensitivity (<19 points)		
		SR/total cases ^d	PR (CI 95%)	P-value	SR/total cases ^d	PR (CI 95%)	P-value	SR/total cases ^d	PR (CI 95%)	P-value
Complete model ^a	171/579	50/60	1.26 (1.18–1.35)	<0.001	16/60	1.13 (1.04–1.22)	0.004	25/60	1.14 (1.04–1.24)	0.004
Including only boys	103/292	34/41	1.22 (1.13–1.32)	<0.001	9/41	1.09 (0.99–1.20)	0.069	21/41	1.25 (1.13–1.38)	<0.001
Including only girls	68/287	16/19	1.31 (1.17–1.46)	<0.001	7/19	1.20 (1.04–1.39)	0.013	4/19	0.96 (0.81–1.13)	0.605
Including only children aged 3–4	57/179	16/19	1.23 (1.09–1.38)	<0.001	9/19	1.29 (1.12–1.48)	<0.001	8/19	1.09 (0.92–1.28)	0.325
Including only children aged 5	57/194	14/17	1.35 (1.20–1.52)	<0.001	2/17	1.01 (0.90–1.13)	0.894	7/17	1.20 (1.02–1.42)	0.029
Including only children aged 6–7	57/206	20/24	1.22 (1.09–1.36)	<0.001	5/24	1.04 (0.91–1.19)	0.553	10/24	1.13 (0.98–1.30)	0.082
Excluding sleep duration <10 h/day	109/390	29/33	1.31 (1.21–1.42)	<0.001	10/33	1.16 (1.03–1.31)	0.015	11/33	1.10 (0.97–1.25)	0.150
Excluding preterm children	96/356	26/33	1.24 (1.13–1.36)	<0.001	5/33	1.03 (0.94–1.14)	0.503	13/33	1.12 (1.00–1.25)	0.043
Excluding low weight at birth	148/501	46/55	1.27 (1.19–1.36)	<0.001	14/55	1.11 (1.02–1.21)	0.020	22/55	1.13 (1.03–1.24)	0.011
Excluding children with some diseases	150/531	32/41	1.23 (1.13–1.34)	<0.001	12/41	1.12 (1.02–1.23)	0.016	20/41	1.18 (1.06–1.30)	0.002
Adjusted for child body mass index	135/460	35/44	1.28 (1.18–1.38)	<0.001	11/44	1.12 (1.02–1.23)	0.021	22/44	1.19 (1.07–1.31)	<0.001
Adjusted for father's age, education, employed and country of birth	147/513	39/47	1.29 (1.20–1.38)	<0.001	11/47	1.09 (1.00–1.19)	0.059	21/47	1.15 (1.04–1.26)	0.006
Including only children with probable difference ^b	99/507	23/32	1.23 (1.12–1.36)	<0.001	2/32	1.01 (0.95–1.08)	0.714	4/32	0.97 (0.87–1.09)	0.613
Including only children with definitive difference ^c	72/480	40/48	1.34 (1.24–1.44)	<0.001	33/48	1.18 (1.07–1.29)	<0.001	16/48	1.23 (1.12–1.35)	<0.001

SSP, Short Sensory Profile; SR, sensory reactivity.

^a Complete model was the model 2 used in **Table 3**.

^b Children with probable difference as measured by the SSP were classified as follows: Total SSP (<142), taste/smell sensitivity (<12), under-responsive/seek sensation (<24), auditory filtering (<20), low energy/weak (<24), and visual/auditory sensitivity (<16). These children were compared with their respective peers classified as having typical sensory performance (i.e., ≥155, ≥15, ≥27, ≥23, ≥26, ≥19, respectively).

^c Children with definite difference as measured by the SSP were classified as follows: Total SSP (≤141), taste/smell sensitivity (≤11), under-responsive/seek sensation (≤23), auditory filtering (≤19), low energy/weak (≤23), and visual/auditory sensitivity (≤15). These children were compared with their respective peers classified as having typical sensory performance (i.e., ≥155, ≥15, ≥27, ≥23, ≥26, ≥19, respectively).

^d Frequency of children with sensory reactivity (SR) and poor sleep quality.

or less hours per day, thus preventing us from assessing the effect of a shorter sleep duration on the prevalence of sensory reactivity. Nevertheless, although, the lack of association between

sleep duration and negative sensory processing outcomes can be considered as favorable, we are aware that these results must be interpreted with caution.

This study presents some limitations and strengths that should be taken into account. First, as mentioned above, the cross-sectional design of our study prevents us from establishing a cause-effect relationship from the results we obtained. However, it should be noted that the pioneering nature of our study does offer a comprehensive and accurate description of sensory reactivity in children from the general population using descriptive and analytical epidemiological methods of research that allows us to identify potentially relevant determinants of children's health and development. Moreover, the results of this study can serve as a basis for more detailed research provided by future longitudinal epidemiological studies that will contribute to a better understanding of sensory processing disturbances in childhood. Another significant advantage of this study arises from the fact that the study sample was randomly selected and recruited from the general population. Although, it could be argued that the sample size was not sufficiently large (response rate of 37%), the estimation of study sample size preserved to some extent the degree of representativeness (24). However, we are aware that the results obtained in this study must be corroborated by further high-quality studies with larger samples. In addition, one important limitation of this study that should be acknowledged is that all the information collected from the participants were parent-reported, thus potentially resulting in some misclassification. Nevertheless, if there were any inaccuracy in reporting, it should be considered as non-differential. To ensure the accuracy of the research data and control the possibility of bias, we used valid and reliable instruments employed in previous research studies (4, 5, 52, 53). Although, it may be argued that the PSQ is not the most suitable tool to assess sleep quality in children, because this questionnaire was specifically designed for detecting sleep-related breathing disorders, it is found to be a suitable tool for epidemiological research and can be useful for classifying children at risk of sleep disturbance. In this respect, the PSQ allowed us to identify children as a group at risk (i.e., children with sleep disturbances) to examine associations with sensory reactivity. Thus, in terms of research, the PSQ score can be seen as a good proxy for assessing sleep quality in children. Furthermore, we performed multiple statistical models adjusted for potential confounding factors to analyze data, although, the likelihood of residual confounding or bias due to missing information cannot be disregarded. Finally, we also checked the robustness of our results by conducting different sensitivity analyses to examine the effect of specific conditions that could be related to the children's sensory processing.

CONCLUSION

In this population-based study with children aged from 3 to 7, we observed that poor sleep quality was statistically significantly associated with a higher prevalence of sensory reactivity as measured by the total SSP and almost all SSP subscales. To our knowledge, this is the first time that this association has been explored and reported. Although, we did not find any significant

association between sleep duration and sensory reactivity, examining the relationship between sleep restriction and sensory processing outcomes should be clearly warranted because of their possible detrimental effects on children's well-being and health. Pending further research from prospective studies, our findings are consistent with early results of the potential link between sleep and sensory processing functioning and add convincing evidence on the basis of an epidemiological approach. Meanwhile, interventions specifically aimed at improving sleep disturbances or sensory processing issues in children should consider including the interplay of both factors as a potential negative determinant that may adversely affect children's health and normal development.

DATA AVAILABILITY STATEMENT

The raw data supporting the conclusions of this article will be made available by the authors, without undue reservation.

ETHICS STATEMENT

The studies involving human participants were reviewed and approved by Ethics Committee of Miguel Hernandez University of Elche (protocol code DPC.ASP.02.16 approved on 20th December 2016). Written informed consent to participate in this study was provided by the participants' legal guardian/next of kin.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

E-MN-M and DV-G: conceptualization, methodology, formal analysis, and visualization. E-MN-M: resources, data curation, and supervision. E-MN-M, PF-P, and DV-G: writing—original draft preparation and project administration. PF-P, DV-G, E-MN-M, M-PR-C, CE-S, PP-G, IJ-L, AS-P, IC-S, M-TP-V, and MH-P: writing—review and editing. All authors have read and agree to the published version of the manuscript.

FUNDING

This research was partially funded by the Vice-Rector for Research of Miguel Hernández University (Ayudas de difusión de la Ciencia). IC-S is supported by a fellowship *Iniciación a la Investigación* by Vice-Rector for Research of Miguel Hernández University.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank all the participants included in the InProS project and also Silvia Navarro Amat, María Pilar Ruiz, Tayza El Toro, Neus de la Fuente, Alicia López, María Dolores Diago, Laura Compañ, and Macarena Pérez for collaborating in the collection of the data. This paper partially meets the requirements for the PhD program of Paula Fernández-Pires at the Miguel Hernández University (Alicante, Spain).

REFERENCES

- Miller LJ, Schoen SA, Mulligan S, Sullivan J. Identification of sensory processing and integration symptom clusters: a preliminary study. *Occup Ther Int.* (2017) 2017:2876080. doi: 10.1155/2017/2876080
- Schulz S, Stevenson RA. Differentiating between sensory sensitivity and sensory reactivity in relation to restricted interests and repetitive behaviours. *Austism.* (2020) 24:121–34. doi: 10.1177/1362361319850402
- Jorquera-Cabrera S, Romero-Ayuso D, Rodríguez-Gil G, Triviño-Juárez JM. Assessment of sensory processing characteristics in children between 3 and 11 years old: a systematic review. *Front Pediatr.* (2017) 5:57. doi: 10.3389/fped.2017.00266
- Navarrete-Muñoz EM, Fernández-Pires P, Navarro-Amat S, Hurtado-Pomares M, Peral-Gómez P, Juárez-Leal I, et al. Association between adherence to the antioxidant-rich mediterranean diet and sensory processing profile in school-aged children: the Spanish cross-sectional InProS project. *Nutrients.* (2019) 11:1007. doi: 10.3390/nu11051007
- Engel-Yeger B. The applicability of the short sensory profile for screening sensory processing disorders among Israeli children. *Int J Rehabil Res.* (2010) 33:311–8. doi: 10.1097/MRR.0b013e32833abe59
- Román-Oyola R, Reynolds S. Prevalence of sensory modulation disorder among Puerto Rican preschoolers: an analysis focused on socioeconomic status variables. *Occup Ther Int.* (2013) 20:144–54. doi: 10.1002/oti.1353
- Miller LJ, Nielsen DM, Schoen, SA, Brett-Green BA. Perspectives on sensory processing disorder: a call for translational research. *Front Integr Neurosci.* (2009) 3:22. doi: 10.3389/neuro.07.022.2009
- Chien CW, Rodger S, Copley J, Branjerdporn G, Taggart C. Sensory processing and its relationship with children's daily life participation. *Phys Occup Ther Pediatr.* (2016) 36:73–87. doi: 10.3109/01942638.2015.1040573
- Roberts T, Stagnitti K, Brown T, Bhoopi A. Relationship between sensory processing and pretend play in typically developing children. *Am J Occup Ther.* (2018) 72:7201195050p1–8. doi: 10.5014/ajot.2018.027623
- Blanco-Martínez N, Delgado-Lobete L, Montes-Montes R, Ruiz-Pérez N, Ruiz-Pérez M, Santos-Del-Riego S. Participation in everyday activities of children with and without neurodevelopmental disorders: a cross-sectional study in Spain. *Children.* (2020) 7:157. doi: 10.3390/children7100157
- España RA, Scammell TE. Sleep neurobiology from a clinical perspective. *Sleep.* (2011) 34:845–58. doi: 10.5665/SLEEP.1112
- García-García F, Drucker-Colín R. Endogenous and exogenous factors on sleep-wake cycle regulation. *Prog Neurobiol.* (1999) 58:297–314. doi: 10.1016/S0301-0082(98)00086-0
- Yip T, Cheon YM, Wang Y, Deng WQ, Seligson AL. Sociodemographic and environmental factors associated with childhood sleep duration. *Sleep Health.* (2020) 6:767–77. doi: 10.1016/j.sleh.2020.05.007
- Simard V, Nielsen TA, Tremblay RE, Boivin M, Montplaisir JY. Longitudinal study of preschool sleep disturbance: the predictive role of maladaptive parental behaviors, early sleep problems, and child/mother psychological factors. *Arch Pediatr Adolesc Med.* (2008) 162:360–7. doi: 10.1001/archpedi.162.4.360
- Dutil C, Walsh JJ, Featherstone RB, Gunnell KE, Tremblay MS, Gruber R, et al. Influence of sleep on developing brain functions and structures in children and adolescents: A systematic review. *Sleep Med Rev.* (2018) 42:184–201. doi: 10.1016/j.smrv.2018.08.003
- Gruber R, Carrey N, Weiss SK, Frappier JY, Rourke L, Brouillette RT, et al. Position statement on pediatric sleep for psychiatrists. *J Can Acad Child Adolesc Psychiatry.* (2014) 23:174–95.
- Matricciani L, Paquet C, Galland B, Short M, Olds T. Children's sleep and health: a meta-review. *Sleep Med Rev.* (2019) 46:136–50. doi: 10.1016/j.smrv.2019.04.011
- McGeorge K, Milne L, Cotton L, Whelan T. Effects of infant and maternal sensory processing on infant fussing, crying, and sleep. *Infant Ment Health J.* (2015) 36:275–86. doi: 10.1002/imhj.21510
- Foitzik K, Brown T. Relationship between sensory processing and sleep in typically developing children. *Am J Occup Ther.* (2018) 72:7201195040p1–9. doi: 10.5014/ajot.2018.027524
- Shochat T, Tzischinsky O, Engel-Yeger B. Sensory hypersensitivity as a contributing factor in the relation between sleep and behavioral disorders in normal schoolchildren. *Behav Sleep Med.* (2009) 7:53–62. doi: 10.1080/15402000802577777
- Vasak M, Williamson J, Garden J, Zwicker JG. Sensory processing and sleep in typically developing infants and toddlers. *Am J Occup Ther.* (2015) 69:6904220040. doi: 10.5014/ajot.2015.015891
- Rajaei S, Kalantari M, Pashazadeh Azari Z, Tabatabaee SM, Dunn W. Sensory processing patterns and sleep quality in primary school children. *Iran J Child Neurol.* (2020) 14:57–68.
- Appleyard K, Schaughency E, Taylor B, Sayers R, Haszard J, Lawrence, et al. Sleep and sensory processing in infants and toddlers: a cross-sectional and longitudinal study. *Am J Occup Ther.* (2020) 74:7406205010p1–12. doi: 10.5014/ajot.2020.038182
- Fernández-Pires P, Valera-Gran D, Sánchez-Pérez A, Hurtado-Pomares M, Peral-Gómez P, Espinosa-Sempere C, et al. The Infancia y Procesamiento Sensorial (InProS-Childhood and Sensory Processing) project: study protocol for a cross-sectional analysis of parental and children's sociodemographic and lifestyle features and children's sensory processing. *Int J Environ Res Public Health.* (2020) 17:1447. doi: 10.3390/ijerph17041447
- Beaudry-Bellefeuille I, Lane SJ. Cultural Adaptation for Spain of the Spanish version of the short sensory profile using cognitive interviews. *Austin J Autism Relat Disabil.* (2015) 1:1004. Available online at: <https://austinpublishinggroup.com/autism/fulltext/autism-v1-id1004.php>
- Dunn W. *The Short Sensory Profile.* New York, NY: The Psychological Corporation (1999). doi: 10.1037/t15155-000
- McIntosh DN, Miller LJ, Shyu V, Dunn W. *Development and Validation of the Short Sensory Profile. Sensory Profile User's Manual.* San Antonio, TX (1999). p. 59–73.
- Paruthi S, Brooks LJ, D'Ambrosio C, Hall WA, Kotagal S, Lloyd RM, et al. Recommended amount of sleep for pediatric populations: a consensus statement of the American Academy of Sleep Medicine. *J Clin Sleep Med.* (2016) 12:785–6. doi: 10.5664/jcs.m.5866
- Tomás Vila M, Miralles Torres A, Beseler Soto B. [Spanish version of the Pediatric Sleep Questionnaire (PSQ). A useful instrument in investigation of sleep disturbances in childhood. Reliability analysis]. *An Pediatr.* (2007) 66:121–8. doi: 10.1157/13098928
- Chervin RD, Hedger K, Dillon JE, Pituch KJ. Pediatric sleep questionnaire (PSQ): validity and reliability of scales for sleep-disordered breathing, snoring, sleepiness, and behavioral problems. *Sleep Med.* (2000) 1:21–32. doi: 10.1016/S1389-9457(99)00009-X
- Vukojevic M, Zovko A, Talic I, Tanovic M, Rešić B, Vrdoljak I, et al. Parental socioeconomic status as a predictor of physical and mental health outcomes in children—literature review. *Acta Clin Croat.* (2017) 56:742–8. doi: 10.20471/acc.2017.56.04.23
- Bernier A, Beauchamp MH, Bouvette-Turcot AA, Carlson SM, Carrier J. Sleep and cognition in preschool years: specific links to executive functioning. *Child Dev.* (2013) 84:1542–53. doi: 10.1111/cdev.12063
- Astill RG, Van der Heijden KB, Van Ijzendoorn MH, Van Someren EJW. Sleep, cognition, and behavioral problems in school-age children: a century of research meta-analyzed. *Psychol Bull.* (2012) 138:1109–38. doi: 10.1037/a0028204
- Carson V, Kuzik N, Hunter S, Wiebe SA, Spence JC, Friedman A, et al. Systematic review of sedentary behavior and cognitive development in early childhood. *Prev Med.* (2015) 78:115–22. doi: 10.1016/j.ypmed.2015.07.016
- Hillman CH, Kamijo K, Scudder M. A review of chronic and acute physical activity participation on neuroelectric measures of brain health and cognition during childhood. *Prev Med.* (2011) 52:S21–8. doi: 10.1016/j.ypmed.2011.01.024
- Serra-Majem L, Ribas L, Ngo J, Ortega RM, García A, Pérez-Rodrigo C, et al. Food, youth and the Mediterranean diet in Spain. Development of KIDMED, Mediterranean Diet Quality Index in children and adolescents. *Public Health Nutr.* (2004) 7:931–5. doi: 10.1079/PHN2004556
- Espelt A, Mari-Dell'Olmo M, Penelo E, Bosque-Prous M. Applied prevalence ratio estimation with different regression models: an example from a cross-national study on substance use research. *Adicciones.* (2016) 29:105–12. doi: 10.20882/adicciones.823
- Barros AJD, Hirakata VN. Alternatives for logistic regression in cross-sectional studies: an empirical comparison of models that

- directly estimate the prevalence ratio. *BMC Med Res Methodol.* (2003) 3:21. doi: 10.1186/1471-2288-3-21
39. Deddens JA, Petersen MR. Approaches for estimating prevalence ratios. *Occup Environ Med.* (2008) 65:501–6. doi: 10.1136/oem.2007.034777
40. Manelis-Baram L, Meiri G, Ilan M, Faroy M, Michaelovski A, Flusser H et al. Sleep disturbances and sensory sensitivities co-vary in a longitudinal manner in pre-school children with autism spectrum disorders. *J Autism Dev Disord.* (2021) 1–15. doi: 10.1007/s10803-021-04973-2
41. Chen Z, Wimmer RD, Wilson MA, Halassa MM. Thalamic circuit mechanisms link sensory processing in sleep and attention. *Front Neural Circuits.* (2015) 9:83. doi: 10.3389/fncir.2015.00083
42. Milner CE, Cuthbert BP, Kertesz RS, Cote KA. Sensory gating impairments in poor sleepers during pre-sleep wakefulness. *Neuroreport.* (2009) 20:331–6. doi: 10.1097/WNR.0b013e328323284e
43. Hairston IS, Talbot LS, Eidelman P, Gruber J, Harvey AG. Sensory gating in primary insomnia. *Eur J Neurosci.* (2010) 31:2112–21. doi: 10.1111/j.1460-9568.2010.07237.x
44. Schaaf RC, Benevides T, Blanche EI, Brett-Green BA, Burke JP, Cohn ES, et al. Parasympathetic functions in children with sensory processing disorder. *Front Integr Neurosci.* (2010) 4:4. doi: 10.3389/fnint.2010.00004
45. Corbett BA, Muscatello RA, Blain SD. Impact of sensory sensitivity on physiological stress response and novel peer interaction in children with and without autism spectrum disorder. *Front Neurosci.* (2016) 10:278. doi: 10.3389/fnins.2016.00278
46. Christensen JS, Wild H, Kenzie ES, Wakeland W, Budding D, Lillas C. Diverse Autonomic Nervous System Stress Response Patterns in Childhood Sensory Modulation. *Front Integr Neurosci.* (2020) 14:6. doi: 10.3389/fnint.2020.00006
47. Lane SJ, Reynolds S, Thacker L. Sensory over-responsivity and ADHD: differentiating using electrodermal responses, cortisol, and anxiety. *Front Integr Neurosci.* (2010) 4:8. doi: 10.3389/fnint.2010.00008
48. Hatzinger M, Brand S, Perren S, Stadelmann S, von Wyl A, von Klitzing K, et al. Electroencephalographic sleep profiles and hypothalamic-pituitary-adrenocortical (HPA)-activity in kindergarten children: early indication of poor sleep quality associated with increased cortisol secretion. *J Psychiatr Res.* (2008) 42:532–43. doi: 10.1016/j.jpsychires.2007.05.010
49. Räikkönen K, Matthews KA, Pesonen AK, Pyhälä R, Paavonen EJ, Feldt K, et al. Poor sleep and altered hypothalamic-pituitary-adrenocortical and sympatho-adrenal-medullary system activity in children. *J Clin Endocrinol Metab.* (2010) 95:2254–61. doi: 10.1210/jc.2009-0943
50. Bassett SM, Lupis SB, Gianferante D, Rohleder N, Wolf JM. Sleep quality but not sleep quantity effects on cortisol responses to acute psychosocial stress. *Stress.* (2015) 18:638–44. doi: 10.3109/10253890.2015.1087503
51. Lane SJ, Mailloux Z, Schoen S, Bundy A, May-Benson TA, Parham LD, et al. Neural foundations of ayres sensory integration®. *Brain Sci.* (2019) 9:153. doi: 10.3390/brainsci9070153
52. Guxens M, Ballester F, Espada M, Fernández MF, Grimalt JO, Ibarluzea J, et al. Cohort profile: the INMA—Infancia y Medio Ambiente—(Environment and Childhood) project. *Int J Epidemiol.* (2012) 41:930–40. doi: 10.1093/ije/dyr054
53. Sauer C, Schlüter B, Hinz R, Gesch D. Childhood obstructive sleep apnea syndrome: an interdisciplinary approach: a prospective epidemiological study of 4,318 five-and-a-half-year-old children. *J Orofac Orthop.* (2012) 73:342–58. doi: 10.1007/s00056-012-0096-x

Conflict of Interest: The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Copyright © 2021 Fernández-Pires, Valera-Gran, Hurtado-Pomares, Espinosa-Sempere, Sánchez-Pérez, Juárez-Leal, Ruiz-Carbonell, Peral-Gómez, Campos-Sánchez, Pérez-Vázquez and Navarrete-Muñoz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) and the copyright owner(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

13. AGRADECIMIENTOS

Existe una cita de *Confucio* que dice “*El hombre que mueve montañas empieza apartando piedrecitas*”. Siempre me ha parecido muy acertada, pero, con el tiempo me he dado cuenta de que esta frase puede, si cabe, mejorarse añadiendo un “...*rodeado de todas las personas que confían en él*”. En estos años, yo no he movido ninguna montaña, pero he realizado una tesis doctoral con una pandemia mundial de por medio y reconozco que, por momentos, me ha parecido tan agotador como lograr el movimiento de la montaña.

Han sido tres años intensos, por partida doble. Convertirme en madre y doctoranda con apenas 8 días de diferencia es, cuanto menos intimidante, pero a la vez muy emocionante: una dualidad que me ha acompañado en todo el proceso. Una montaña rusa de emociones que ha combinado días en los que la motivación y la energía me desbordaba y otros muchos en los que las dudas, el cansancio y la culpa me amedrentaban. Sin embargo, superadas muchas tormentas y disfrutadas muchas “calmas” hoy estoy aquí, tecleando los últimos párrafos de esta tesis, satisfecha conmigo misma y muy agradecida. Agradecida por todo lo aprendido, tanto en lo profesional como en lo personal, durante este camino. Pero, sobre todo, agradecida a todas las personas que me han acompañado y confiado, desde el principio, en mí. Incluso cuando ni yo misma confiaba y me invadían los pensamientos de abandono. Sin todos/as vosotros/as esto no habría sido posible.

En primer lugar, quiero agradecer a mis directoras de tesis, Eva M^a Navarrete y Desirée Valera, la oportunidad brindada. Gracias por la confianza depositada, vuestra fortaleza, vuestra profesionalidad y todos los aprendizajes que habéis compartido conmigo; no solo en estos tres años, sino desde que nos conocemos. Eva, muchas gracias por tu paciencia, tu pasión y tu guía. Gracias por contagiarme las ganas de “comerme el mundo”. Gracias por tener siempre tu “saco de ideas” listo para compartir y gracias por tu energía y luz cuando las cosas se veían oscuras. Desi, tu claridad y coherencia han sido claves en este proceso. Gracias por tener siempre preparadas las palabras exactas en el momento adecuado. Gracias por tu seguridad y “escudo” cuando la inseguridad acechaba. Gracias por tu fuerza.

Agradezco al resto del equipo investigador del grupo InTeO su confianza, apoyo y soporte en este tiempo: Alicia Sánchez, Miriam Hurtado, Paula Peral, Iris Juárez y Cristina Espinosa. Gracias por cada oportunidad, por vuestros consejos y ánimos. Sin todas y cada una de vosotras, hoy no estaría cerrando esta etapa. Además, quiero hacer una mención especial a Paula Peral: gracias por cada uno de los cafés matutinos, entre carritos y chupetes, en los que tus consejos me han aportado tanta paz y tranquilidad; pasito a pasito.

No puedo olvidarme de mis compañeros/as, colaboradores de InTeO: Daniel Prieto (mi fiel compañero de batalla), Irene Campos y Rocío Muñoz. Gracias por vuestro apoyo incondicional y por cada uno de los momentos y las carcajadas compartidas. Estoy segura de

que quedan muchas más por venir, acompañadas de muchas cosas bonitas que, sin duda, os merecáis. Mientras tanto la COVID-19 nos ha pausado algunas celebraciones que deben tener lugar sin *Google Meet* de por medio.

Gracias también a Rober, Neus y Paula por permanecer a mi lado con la mejor sonrisa a pesar de haberos tenido un poco descuidado/as durante este tiempo, viéndonos y compartiendo muchos menos momentos de los que me hubiese gustado. Prometo recompensarlo.

Gracias a los directores/as y maestros/as de los colegios del estudio InProS por abrirnos sus puertas y facilitarnos el acceso a las familias participantes. Gracias a todos/as las madres, padres y niños/as que han aportado, desinteresadamente, su “granito de arena” a InProS. Sin todos/as vosotros/as esta tesis doctoral no existiría.

En este capítulo, he decidido dejar para el final los agradecimientos a las personas más importantes de mi vida. Aquellos/as que representan mis pilares “maestros”.

Gracias mamá, aunque ahora todo el mundo te llama “abu”. Gracias por confiar en mí siempre y apoyarme de todas las maneras posibles en mis decisiones y andaduras, aunque algunas te hayan gustado menos que otras. Gracias por tus lecciones y por ser esa madre-padre-amiga que todo hijo/a necesita navegando a su lado.

Gracias a mi hermana Laura por enseñarme, que no hace falta estar físicamente cerca para sentir el calor de los que quieres. A Bruno, mi hermano pequeño, aunque hoy por hoy me supere en talla: simplemente, gracias por existir. Por ser y estar. Llegaste al mundo enseñándome lo que significaba la palabra “prematuridad” y continuas enseñándome cada día. Que tu curiosidad, tu fuerza y tu constancia no decaigan nunca. Te admiro y sé que llegarás tan lejos como tú quieras. Además, quiero incluir en este párrafo tan fraternal a mi tercera hermana, Laura Vela. Hace tiempo que nuestra amistad nos hizo rozar la fraternidad. Gracias por acompañarme en el camino desde siempre, por aquellas conversaciones usando el teléfono fijo en las que fantaseábamos con nuestra vida de “adultas”. Gracias por fantasear hoy conmigo con nuestra vida de “viejecitas”. Esta tesis es, también, un poquito tuya.

Gracias a mis abuelos, Nany y Padrino que, aunque no entiendan muy bien por qué rozo los treinta y sigo estudiando y cargada de libros como cuando tenían quince años, siempre me apoyan. Gracias por ser mis referentes en la vida y transmitirme que el trabajo, la constancia y el esfuerzo siempre traen recompensas. Gracias a mis tíos, Suso y Fran por todo el cariño y soporte, aunque me haya desviado un poco del camión y el ajedrez. Gracias a Blanca y a Gus, por hacerme sentir tan querida, darme siempre el impulso necesario para despegar y, por confiar siempre en que llegaría a la meta.

Hacia ti no tengo suficientes palabras de agradecimiento, Edu. Gracias por ser el mejor compañero de vida. Por confiar en mí y soportar, de cerca, mi montaña rusa de emociones. Por empujarme a cumplir nuevos retos siempre. Por acompañarme en todos ellos. Por crecer a mi lado. Por escucharme una y otra vez cuando toda yo era un enredo. En estos últimos tres años hemos vivido mucho y muy intensamente. Sin ti, hoy no sería quién soy ni estaría donde estoy. Gracias infinitas.

Finalmente, gracias a la persona más pequeña y a la vez más grande e importante de mi vida: Luca. Gracias por enseñarme tanto sobre desarrollo infantil y procesamiento sensorial. Eres un pilar fundamental en mi vida, obviamente, pero en el desarrollo de esta tesis doctoral también. Eres magia. Eres luz. Eres verde esperanza.

