



CIENCIAS BIOMÉDICAS

Artículo Original de Investigación

Resultados fundamentales del Programa de Protección del Neurodesarrollo Infantil del Centro de Neurociencias de Cuba

Nancy Estévez Pérez ^{1*} <https://orcid.org/0000-0002-4806-9678>
María del Rosario Torres Díaz ¹ <https://orcid.org/0000-0003-1070-7176>
Vivian Reigosa Crespo ^{2,3} <https://orcid.org/0000-0003-2647-7766>
Elsa Santos Febles ¹ <https://orcid.org/0000-0003-4743-2997>
José Antonio Gaya Vázquez ¹ <https://orcid.org/0000-0002-7292-3707>
Raysil Mosquera Suárez ¹ <https://orcid.org/0000-0001-6723-8011>
Valeska Amor Díaz ¹ <https://orcid.org/0000-0002-7443-1765>
Yuniel Romero Quintana ¹ <https://orcid.org/0000-0002-5071-3944>
Danilka Castro Cañizares ^{4,5} <https://orcid.org/0000-0002-1930-6291>
Miladys Orraca Castillo ⁶ <https://orcid.org/0000-0002-6049-9419>
Gretel Sanabria Díaz ⁷ <https://orcid.org/0000-0002-1595-7943>
Aymée Álvarez Rivero ⁸ <https://orcid.org/0000-0002-0489-5708>
María del Carmen Machado Lubián ¹ <https://orcid.org/0000-0003-1007-4989>
Mitchell Valdés Sosa ¹ <https://orcid.org/0000-0002-1580-8374>

¹ Centro de Neurociencias de Cuba. La Habana, Cuba

² Universidad Católica del Uruguay Dámaso Antonio Larrañaga. Uruguay

³ Colegio Stella Maris. Uruguay

⁴ Universidad Mayor. Chile

⁵ Universidad de Chile. Chile

⁶ Sociedad Cubana para el Desarrollo de la Familia, Ministerio de Salud Pública (MINSAP). La Habana, Cuba

⁷ University Hospital Basel and University of Basel. Basel, Switzerland

⁸ Western University. Canada

*Autor de correspondencia: nancy.estevez@cneuro.edu.cu

Revisores^a

Fernando Domínguez Dieppa
Facultad de Ciencias Médicas Manuel
Fajardo UCM de La Habana. La Habana,
Cuba

Editor

Amanda Gómez Bahamonde
Academia de Ciencias de Cuba.
La Habana, Cuba

^a N. del E.: En este apartado figuran los nombres de los árbitros que accedieron a revelar su identidad, como expresión de apertura progresiva del proceso de revisión por pares. No aparecen aquellos que optaron por el anonimato

RESUMEN

Introducción. La relevancia de las evidencias provenientes de las neurociencias para potenciar el desarrollo infantil y el rendimiento académico ha sido reconocida por formuladores de políticas, maestros y padres de todo el mundo. Sin embargo, ha sido indispensable que este conocimiento altamente especializado sea interpretado y traducido en estrategias e instrumentos concretos a aplicar en la escuela, el hogar y los escenarios de atención especializada de los niños que presentan trastornos del neurodesarrollo (TND). **Métodos.** Se presenta una selección de los principales resultados de la línea de neurodesarrollo publicados por el Centro de Neurociencias de Cuba (CNEURO) en revistas arbitradas por pares. **Resultados y Discusión.** Los estudios conductuales y de neuroimagen de las bases neuro-cognitivas de los procesos de aprendizaje y el rendimiento académico permitieron identificar indicadores de riesgo de TND y fundamentar el diseño de instrumentos para la detección temprana, caracterización del perfil cognitivo y la atención individualizada de los niños. Se concluyó que los resultados demostraron el proceso de traducción y aplicación de las evidencias científicas



en instrumentos y estrategias para la protección del capital mental de la nación y su integración a los programas nacionales de salud y educación, dedicados a la atención temprana del desarrollo infantil.

Palabras clave: trastornos del neurodesarrollo; pesquisa; diagnóstico; niños

Main results of the Program for Protection of Children's Neurodevelopment by the Cuban Neurosciences Center

ABSTRACT

Introduction. The relevance of neurosciences research for promoting child development is recognized worldwide by policy makers, teachers and parents. However, it is essential that this highly specialized knowledge be interpreted and translated into concrete strategies and instruments to be applied at school, at home, and in specialized care settings for children with neurodevelopmental disorders (TND). **Methods.** A selection of the main results of neurodevelopment research is presented, published by the Cuban Neurosciences Center (CNEURO) in peer-reviewed journals. **Results and Discussion.** Behavioral and neuroimaging studies of the neurocognitive foundations of learning processes and academic achievement allowed for identifying risk indicators for TND and supporting the design of instruments for early detection, cognitive profiling and individualized attention of children. It is concluded that the results demonstrate the process of translation and application of scientific evidence into instruments and strategies for the protection of the nation's mental capital and its integration into national health and education programs dedicated to early child care and education.

Keywords: neurodevelopmental disorders; screening; diagnosis; children

INTRODUCCIÓN

La relevancia de los hallazgos de la neurociencia para potenciar el desarrollo infantil ha sido reconocida por formuladores de políticas, docentes y padres a nivel internacional. ⁽¹⁻⁶⁾ La neurociencia se ha encaminado a estudiar los mecanismos subyacentes a las formas en que el cerebro selecciona, retiene, almacena, recupera y relaciona información; igualmente se ha encargado de crear representaciones sobre el entorno y las utiliza para regular las emociones y el comportamiento y resolver problemas de gran variedad y complejidad. Además, ha permitido describir las trayectorias de desarrollo de las redes cerebrales y los procesos cognitivos y emocionales que ha contribuido a la adecuada integración del niño a la sociedad y a su calidad de vida e identificar a niños en riesgo de presentar TND. Asimismo, ha establecido un marco de evidencia que ha permitido pautar y monitorear la intervención de estos trastornos.

Los TND han representado un gran desafío para los sistemas de salud y educación y han tenido un importante impacto económico y social. ⁽⁷⁻⁹⁾ Los TND se han clasificado entre los siguientes trastornos: las discapacidades intelectuales,

trastornos de la comunicación, trastorno del espectro autista, trastorno por déficit de atención / hiperactividad, trastornos específicos del aprendizaje, trastornos motores y otros trastornos del neurodesarrollo (no especificados). ⁽¹⁰⁾ La prevención y reducción de los impactos negativos de los TND en la calidad de vida de los niños es un problema aún no resuelto.

Alrededor de 12 millones de niños presentan TND en todo el mundo, sin contar aquellos que sufren solamente déficits sensoriales. ⁽⁸⁾ El 50 % de los TND pueden ser atribuidos a factores de riesgo pre- y perinatales como el parto prematuro, la presencia de lesiones cerebrales neonatales o la necesidad de cuidados intensivos por enfermedades graves; sin embargo, el restante 50 % de los niños que han mostrado TND no entran en estas categorías de riesgo. ⁽⁸⁾

Generalmente los niños con signos de riesgo menos severos de TND son detectados a partir del inicio de la escolarización. Cuando no logran cumplir con las demandas académicas y sociales de este contexto se procede al proceso de evaluación y diagnóstico de la presencia de trastornos específicos del aprendizaje (TEA). Los TEA se han caracterizado por dificultades significativas y persistentes en el aprendizaje de

habilidades académicas instrumentales, incluyendo la lectura, la escritura o la aritmética. Cuando el desempeño académico se presenta marcadamente por debajo de lo esperado para la edad y la capacidad intelectual y no está asociado a déficits sensoriales, trastornos intelectuales, neurológicos o motores, falta de oportunidades educativas, pobre dominio del lenguaje de instrucción académica o adversidad psicosocial. ⁽¹⁰⁾

En Cuba, el CNEURO orientó sus acciones de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) de las pasadas décadas en apoyar el retorno de la inversión del estado en la atención a la salud y la educación en aras de lograr mayores niveles de desarrollo social y económico. Esta inversión ha estado alineada con la Estrategia Mundial para la Salud de la Mujer, el Niño y el Adolescente (2016-2030) y con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas, entre los que ha destacado: garantizar una vida sana y promover el bienestar de todos a todas las edades, garantizar una educación inclusiva y equitativa de calidad y promover oportunidades de aprendizaje permanente para todos.

Varias generaciones de investigadores del CNEURO han desarrollado un conjunto articulado de estudios para identificar los patrones y regularidades de déficits sensoriales y en procesos neuro-cognitivos que han contribuido al aprendizaje y la regulación de la conducta, tanto en la población escolar general como en niños con TND (relacionados o no con factores de riesgo genético), así mismo estudiar la asociación entre la variabilidad de medidas morfométricas de regiones cerebrales y los patrones de déficits neuro-cognitivos implicados en los procesos del aprendizaje en los niños con TND y evaluar el impacto a largo plazo de los TND en medidas de salud, estatus socioeconómico y calidad de vida de las muestras estudiadas. Adicionalmente, considerando estas investigaciones como pruebas de concepto, investigadores del CNEURO diseñaron e implementaron 2 sistemas de herramientas para la detección temprana y activa de la presencia de riesgo de TND, la caracterización del perfil cognitivo de los niños y la propuesta de estrategias de estimulación individualizadas. A continuación, se presentan los resultados fundamentales de estos esfuerzos.

MÉTODOS

Se presenta una revisión de los resultados fundamentales publicados en revistas arbitradas por pares, por investigadores de la línea de neurodesarrollo del CNEURO en los últimos 15 años. Todos los estudios fueron aprobados por el comité de ética del CNEURO e incluyeron la solicitud de consentimiento informado a los padres o tutores de los niños participantes, así como el consentimiento verbal de los niños para la realización de las evaluaciones.

RESULTADOS

Investigación básica

Estudios de prevalencia

El CNEURO en colaboración con el Ministerio de Salud Pública participó en la implementación de programas para la atención de discapacidades sensoriales: Programa Cubano de Pesquisa Auditiva (considerado pionero a nivel mundial) y Programa Cubano de Implante Coclear, asumiendo el desarrollo de equipamiento propio para garantizar la introducción a nivel nacional. ^(11,12) Además, se realizaron estudios de prevalencia de la discapacidad auditiva y sensorial múltiple (sordoceguera) en el marco del Estudio Psicosocial sobre Discapacidades realizado en Cuba ⁽¹³⁾ La tasa reportada de pérdidas auditivas fue de 2,1 y la de sordoceguera de 0,02 por 1000 habitantes.

Adicionalmente, el CNEURO realizó 2 grandes estudios en Cuba, de prevalencia de los TEA de las matemáticas o discalculia del desarrollo (DD) y la lectura o dislexia del desarrollo (DL). El primer estudio incluyó el universo en edad escolar del municipio Centro Habana, La Habana (11 652 estudiantes de segundo grado a noveno grado de educación básica general). ⁽¹⁴⁾ El segundo estudio incluyó niños de tercer y sexto grados que participaron en el Segundo Estudio Regional de Calidad de la Educación (SERCE), de 270 escuelas de todo el país (16 097 niños de tercer y sexto grado de educación básica general). ⁽¹⁵⁾

Siguiendo el estado del arte en el tema se consideraron como criterios diagnósticos de los TEA, el rendimiento significativamente bajo en procesos neuro-cognitivos implicados en el aprendizaje de la lectoescritura (conciencia fonológica y procesamiento lexical) ^(16,17) y la matemática (estimación instantánea y precisa de pequeñas cantidades (o subitización), el conteo de números, la comparación de dígitos y el cálculo mental). ⁽¹⁸⁻²¹⁾ Para realizar esta evaluación se emplearon pruebas computarizadas con control de tiempo de reacción desarrolladas por el CNEURO. Además, se emplearon pruebas *ad hoc* de matemática y lecto-escritura basadas en el *currículum* diseñado por el Instituto Central de Ciencias Pedagógicas del Ministerio de Educación (MINED) con el propósito de evaluar los objetivos académicos por grado de enseñanza.

El primer estudio reportó una prevalencia de 3,4 % de la DD y de 4,7 % de la DL. Además, se encontró que el 9,3 % de la población escolar mostró un bajo rendimiento en matemática y el 6,4 % mostró un bajo rendimiento lector, en ausencia de déficits en los procesos neuro-cognitivos básicos evaluados (figura 1). ⁽¹⁴⁾ El estudio nacional de prevalencia mostró un 5,9 % de DD y un 2,57 % de DL en la muestra evaluada. Además, el 8,15 % mostró bajo rendimiento en matemática y el 14,8 %, bajo rendimiento en lectura y comprensión (figura 1). ⁽¹⁵⁾

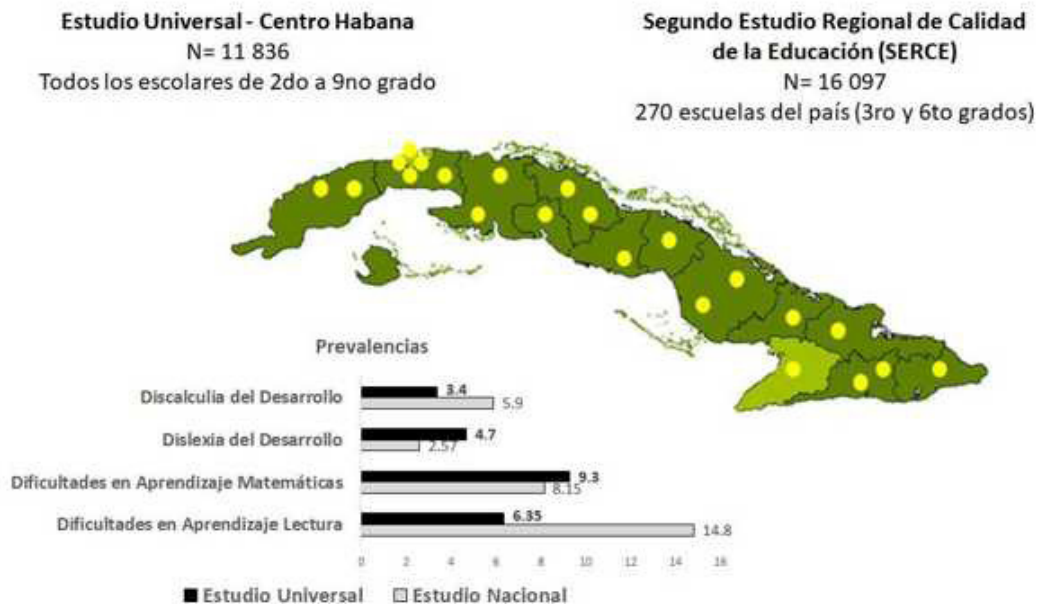


Fig. 1. Estudios de Prevalencia de los Trastornos en el Aprendizaje realizados en Cuba por el CNEURO. ^(11,18)

Adicionalmente, se realizó un estudio para determinar la prevalencia de TEA en población con riesgo genético, en particular en niños con Neurofibromatosis tipo 1 (NF1).⁽²²⁾ La NF1 es una enfermedad autosómica dominante causada por mutaciones del gen NF1, un gen supresor tumoral ubicado en el cromosoma 17. Además de un perfil clínico muy variable, los trastornos del aprendizaje, la discapacidad intelectual y otros TND han sido altamente prevalentes en esta condición genética.⁽²³⁾ Como trastorno monogenético, la NF1 ha proporcionado un modelo único para identificar y analizar las bases moleculares y celulares que subyacen a la disfunción cognitiva. Así, este trastorno ha recibido la total atención de la comunidad científica dedicada a la traducción de la ciencia básica a la práctica clínica o la difusión a intervenciones comunitarias de base poblacional.⁽²³⁾

Fueron evaluados 32 niños con NF1 (de 7 a 14 años) mediante las mismas tareas cognitivas empleadas para evaluar las capacidades básicas involucradas en la lectura y el rendimiento matemático en los estudios realizados en la población escolar general.⁽²²⁾ La DD y DL fueron definidas con los mismos criterios operacionales utilizados en los estudios de prevalencia descritos con anterioridad). La prevalencia de DD fue del 18,8 % y la relación masculino-femenino en la muestra fue de 5: 1. Sin embargo, no se encontraron déficits en las capacidades numéricas básicas en la muestra, lo que ha sugerido que esa no ha sido la causa de los trastornos en el aprendizaje encontrados. Por otro lado, la prevalencia de DL fue casi 3 veces mayor (50 %) y no se encontraron diferencias de género (razón masculino-femenino = 1:1). Los déficits en las estrategias lexicales y fonológicas fueron ambos subyacentes al

trastorno de la lectura. Además, las eficiencias en las estrategias lexicales y fonológicas y la aritmética mental fueron predictores significativos del desempeño individual en las pruebas de rendimiento académico de lectura y matemáticas.

Estudios de bases cerebrales

A partir de las muestras seleccionadas para el cálculo de la prevalencia, se realizaron estudios a pequeña escala para determinar la asociación entre la variabilidad individual de las propiedades morfométricas de regiones del cerebro implicadas en el aprendizaje y las capacidades neuro-cognitivas afectadas en niños con TEA con y sin signos de riesgo genético.

Los estudios de neuroimágenes en niños con síndromes genéticos que han presentado TEA han sido particularmente relevantes para la neurociencia traslacional. Han constituido experimentos naturales que han permitido probar modelos teóricos sobre los fundamentos genéticos, las bases cerebrales y los mecanismos cognitivos implicados en el desarrollo típico. Sus hallazgos han proporcionado fundamentos neuro-biológicos para el diseño de herramientas económicas de pesquiasaje conductual para la detección activa a gran escala de niños con riesgo de TND, pues han sustentado la inclusión de las medidas conductuales significativamente asociadas a las características anatómico-funcionales como indicadores de riesgo en las encuestas/herramientas de cribado. Sin embargo, estos estudios son costosos, tecnológicamente sofisticados e inaccesibles para la mayoría de los países de nuestro contexto latinoamericano. Por tanto, la mayor parte de la literatura ha provenido de países desarrollados con inversiones históricamente altas dedicadas a las ciencias básicas.

Investigadores del CNEURO realizaron 2 estudios con el objetivo de evaluar los correlatos cerebrales de los déficits neuro-cognitivos utilizados como criterio diagnóstico en los estudios de prevalencia, con el fin de fundamentar su inclusión en los protocolos de evaluación y diagnóstico utilizados en nuestro país.

El primer estudio exploró la asociación entre la longitud, profundidad, volumen y área de superficie del segmento horizontal del surco intraparietal (SIP) y las 3 habilidades numéricas básicas antes mencionadas: subitización, conteo y comparación de magnitud en niños con DD con déficits específicos en el proceso de subitización. Estudios previos realizados al síndrome de Turner (una condición genética causada por la delección completa o parcial de uno de los 2 cromosomas X en sujetos con un fenotipo femenino) que ha incluido DD en su perfil neuro-cognitivo) apoyaban la hipótesis de la existencia de cambios morfológicos en esta región cerebral, asociados a los déficits en la subitización medidos a través de la pendiente del tiempo de reacción por ítem cuando se estima exactamente la numerosidad de pequeños conjuntos de objetos: 1 a 4 elementos. ^(24,25)

Se realizó un estudio de morfometría sulcal en 5 niños con DD (4 niños y 1 niña, replicando la razón masculino-femenino hallada anteriormente ⁽¹⁴⁾ y 8 controles pareados por grado y género (1 niña). ⁽²⁶⁾ Se confirmaron correlaciones no paramétricas de rango de Spearman, estadísticamente significativas entre los 3 descriptores morfométricos medidos del segmento horizontal de IPS y el efecto de subitización en el hemisferio izquierdo (efecto subitización x profundidad: $r = .62$, $r^2 = .38$; efecto de subitización x volumen: $r = .79$, $r^2 = .62$ y efecto de subitización x área de superficie: $r = .81$). No se encontraron correlaciones significativas entre los descriptores morfométricos y las habilidades de conteo o comparación. En contraste con los resultados en ST, los niños con DD mostraron valores significativamente mayores de los 3 descriptores morfométricos comparados con los controles. Por otra parte, se encontraron valores significativamente mayores de área de superficie cortical en los niños con DD lo cual sugirió un déficit en la conectividad del IPS con el resto de la red involucrada en el proceso de subitización. Probablemente la DD, de forma similar a la DL ⁽²⁷⁾ puede ser en esencia un síndrome de desconexión ⁽²⁸⁾ lo cual ha planteado la necesidad de analizar la contribución de otras regiones del cerebro y de otros procesos cognitivos al perfil conductual de ambos trastornos.

En un segundo estudio se evaluaron 10 niños con NF1 con DD y DL y 7 controles con desarrollo típico, pareados en edad y sexo a través de un estudio de morfometría basada en vóxeles (MBV) para comparar la densidad de probabilidad de materia gris entre los grupos y de una comparación de los ma-

pas de anisotropía fraccional (AF) de los grupos. La AF es una medida indirecta de la integridad de la materia blanca, inferida de la dirección de difusión del agua. Valores altos (difusión anisotrópica) indican la presencia de fibras intactas y bien organizadas. Valores bajos indican pérdida de fibras nerviosas o desmielinización y sugieren una conducción axonal menos eficiente. ⁽²⁹⁾

La MBV mostró una reducción significativa de la sustancia gris del lóbulo temporal izquierdo en el hemisferio izquierdo, a nivel de la circunvolución temporal superior, en el lóbulo frontal izquierdo, a nivel de la circunvolución frontal superior y en el cerebelo izquierdo. El análisis de AF sugirió diferencias significativas entre los grupos NF1 y control en la arquitectura de la sustancia blanca del *Corpus Callosum* a nivel de la sección rostral, en el genu y en el *splenium* y también en el tracto corticoespinal a nivel del puente (en una región adyacente a través de las fibras que lo conectan con el cerebelo izquierdo). ⁽³⁰⁾ Los resultados del VBM coincidieron con los resultados de la evaluación neuro-cognitiva de los niños NF1_LD. Las regiones que presentaron diferencias significativas en la densidad de la materia gris en esta muestra se han asociado a funciones cognitivas alteradas: vocabulario (lóbulo temporal), memoria de trabajo y capacidad intelectual (lóbulos frontales y temporales). ⁽²⁹⁾ Asimismo, los hallazgos en la sustancia blanca estuvieron en línea con las atipicidades cerebrales reportadas sistemáticamente en la NF1: el cuerpo caloso, el cerebelo y el tallo cerebral (tracto corticoespinal). ⁽³¹⁾

Estudios de impacto de los TND

En 2013 los investigadores del CNEURO realizaron un estudio longitudinal de 1 año en escuelas primarias de Ciudad Escolar Libertad. A través de regresiones jerárquicas, se demostró que los procesos neuro-cognitivos relacionados con la subitización y la decodificación sublexical de la palabra escrita fueron predictores significativos y únicos de la variabilidad individual en el desempeño matemático y lector respectivamente. ^(32,33)

Un seguimiento longitudinal realizado por el CNEURO entre 2003 y 2013 constató que los niños con TEA identificados en el estudio de Centro Habana tuvieron más riesgo relativo (con relación a sus pares con desarrollo típico) de requerir atención especializada y consultas de orientación, abandono de estudios postsecundaria, adicción al alcohol y tabaco, maternidad/paternidad temprana, abortos, desempleo y conductas antisociales. ⁽³⁴⁾

Investigación aplicada

Diseño e implementación del Paquete para la Protección del Neurodesarrollo Infantil

El conocimiento altamente especializado producido por las neurociencias no ha sido directamente aplicable a los con-

textos concretos donde se han desarrollado los niños. ^(27,28) Es indispensable que este conocimiento sea interpretado y traducido en estrategias e instrumentos concretos a aplicar en la escuela, el hogar y los escenarios de atención especializada de los niños que presentan TND. Con este propósito, investigadores del CNEURO diseñaron e introdujeron en la práctica 2 sistemas de instrumentos para la protección del neurodesarrollo para la primera infancia y la edad escolar.

Herramientas para la primera infancia

Sistema NPED

El instrumento de pesquijaje del neurodesarrollo neuropediátrico (NPED) es una prueba clínica automatizada (programación para uso sobre diversas plataformas digitales) diseñada para aplicar a niños pequeños, de 3 meses hasta 6 años de edad por personal entrenado, no especializado en el nivel primario de salud (Registro CENDA, No.2738- 2007). El NPED explora los principales hitos del neurodesarrollo organizados en 3 esferas: desarrollo psicomotor (62 *items*), comunicación/lenguaje (42 *items*) y maduración sensorial (18 *items*). Cada hito es evaluado directamente por el explorador (no acreditado por reporte de los padres) y se ubica en el rango de edad donde el 100 % de la población posee la conducta medida. Adicionalmente, NPED incluye el TestAUD (Registro CENDA, No. 2174-2010) pruebas originales para la exploración conductual de la agudeza auditiva (basada en tonos modulados a diferentes intensidades, sonidos ambientales y palabras de uso frecuente en niños cubanos) y el TestVIS (Registro CENDA, No.2176- 2010) para la evaluación de la agudeza visual (basada en una versión de reflejo nistagmo- opto-cinético para la exploración de niños menores de 3 años y una prueba con opto tipo E como versión simplificada de Cartilla de Snellen, para los niños mayores). El sistema selecciona automáticamente el conjunto de ítems a evaluar en correspondencia con la edad del niño y cuenta con una base de datos asociada y facilidades de transferencia a PC para análisis estadístico (NPED-Desk, Registro CENDA, No. 636- 2012) con generación automática de reporte de resultados y la posibilidad de grabar un mensaje de voz con observaciones y comentarios. La evaluación toma menos de 10 minutos.

El NPED ha sido probado en Cuba (La Habana) y México (Toluca y Querétaro) con excelentes resultados, entre ellos: sensibilidad de entre 90 a 98 % y especificidad entre 90 a 94 %. ⁽³⁵⁾ Para su aplicación en México se contó con registros certificados (NPED: Registro INDAUTOR, No.03-2008-092512563000; NPED-Desk: Registro INDAUTOR, No. 03-2012-050212445700). Los niños que fallan la prueba NPED pueden ser considerados en riesgo de padecer un TND y deben ser remitidos para confirmación diagnóstica mediante evaluación especializada.

NPED estimulación. Guía para padres

NPED estimulación es una guía de estimulación para niños de hasta 5 años de edad, dirigida a padres, pero puede ser utilizada por educadores y otros especialistas (RegistroCENDA, No. 1941-12-2020). Fue implementada en sistema *android* para dispositivos móviles. Está organizada por rangos de edad (9 rangos de edad) y por área del desarrollo a estimular (desarrollo sensorial, motor, del lenguaje y personal-social). Al seleccionar el rango de edad y área deseada se muestra una breve descripción de las habilidades que típicamente exhiben los niños hacia el final de cada período en esa área y se recomiendan actividades adecuadas para estimular el área seleccionada. Esta aplicación fue validada a través de criterio de expertos, por especialistas de prestigiosas instituciones del MINSAP, MINED y MES, y Sociedades Científicas de la Salud cubanas.

Herramientas para la edad escolar

Investigadores del CNEURO desarrollaron el paquete OptimA, disponible en la red de Centros de Diagnóstico y Orientación del MINED encargados de coordinar la atención de los niños con necesidades educativas especiales en las escuelas de su municipio y garantizar la orientación de maestros y familias bajo su jurisdicción. Además de proporcionar las herramientas de evaluación, ha contribuido al desarrollo profesional de los especialistas y docentes a través de un entorno de *e-learning* para el entrenamiento de los maestros en el uso de las aplicaciones instaladas en dispositivos inteligentes y computadoras y para la formación en temas de neurociencias educacionales. ⁽³⁶⁾

OptimA pesquisa

Esta aplicación para dispositivo móvil (Registro CENDA, No. 2178-2010) para pesquisar a niños a partir de los 6 años de edad, incluye los siguientes cuestionarios y pruebas:

- Formulario de salud escolar. Calcula los percentiles de talla, peso, índice de masa corporal y presión arterial según las normas cubanas vigentes y ofrece la clasificación de otros parámetros clínicos en función de la edad.
- Test auditivo rápido. Permite pesquisar la audición en ambientes escolares naturales. Utiliza tonos puros de 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz y 4000 Hz calibrados a intensidad umbral, administrados a través de audífonos. Incluye una medición del ruido ambiental para determinar si las condiciones del local son apropiadas para la realización del test. Produce un resultado automático (riesgo/no riesgo) y reporta las frecuencias en las que el niño falla.
- Cuestionario de signos de riesgo de trastornos de aprendizaje (CSR-A). Evalúa 20 signos de riesgo de las áreas

de lectura, escritura y matemáticas. Produce un resultado automático (riesgo/no riesgo) teniendo en cuenta un punto de corte previamente establecido. La validación del instrumento se realizó con una muestra de 1137 niños y arrojó valores de sensibilidad de 0,94 y especificidad de 0,62.

- Cuestionario de signos de riesgo de trastornos de conducta (CSR-C). Evalúa 20 signos de riesgo relacionados con las áreas de atención y conducta (hiperactividad, agresividad, impulsividad, psicopatía). Permite establecer el riesgo (alto, moderado, no riesgo) teniendo en cuenta un punto de corte previamente establecido. La validación del instrumento se realizó con una muestra de 93 niños (incluyendo 40 niños con TDAH) y arrojó valores de sensibilidad de 0,85 y especificidad de 0,85.
- Cuestionario de riesgo de negligencia parental. Incluye 4 signos de riesgo negligencia parental. Produce un resultado automático (riesgo, no riesgo).

OptimA evaluación

Sistema de baterías de pruebas computarizadas para la evaluación de procesos implicados en los TEA (DL, DD y Digráfica) y trastornos de la conducta, atención, hiperactividad e impulsividad (Registro CENDA, No. 3706-11-2014). Incluye las siguientes pruebas: batería numérica, ⁽¹⁴⁾ batería de lectura, ⁽¹⁶⁾ batería de funciones ejecutivas, ⁽³¹⁾ batería rápida de capacidad intelectual, ^(37,38) batería de velocidad de procesamiento y batería psicopedagógica. ⁽³⁹⁾ Adicionalmente, OptimA evaluación incluye un manual de recomendaciones psicopedagógicas para abordar las diferencias individuales en el aula y para facilitar el acceso al currículo de los niños con TEA, trastornos de la conducta y comportamientos disruptivos.

Conclusiones

Las investigaciones presentadas han permitido perfeccionar los protocolos y estrategias de pesquiasaje, caracterización y atención temprana e individualizada de los niños en riesgo de TND en Cuba. El paquete de protección de neurodesarrollo infantil del CNEURO ha permitido el estudio de grandes poblaciones de niños, ha propuesto una estrategia estandarizada para disminuir la edad de detección e intervención de los niños con riesgo de TEA y ha permitido apoyar la formación de recursos humanos en temas de neurociencias. Los resultados han demostrado la factibilidad de integrar los resultados de la investigación en neurociencias a los programas e instituciones nacionales dedicadas a la atención al desarrollo infantil. Adicionalmente, las tecnologías introducidas en el país podrían permitir el estudio de la efectividad de las intervenciones aplicadas para diferentes TND y constituirán una fortaleza en el proceso de seguimiento de los impactos a largo plazo de los TND.

A mediano y largo plazo esta línea de investigación ha tenido el potencial de contribuir a identificar los factores y condiciones que deben ser incluidos en el diseño óptimo de los ambientes y experiencias de aprendizaje a los que se expone a los niños y sus hallazgos pueden informar los procesos de toma de decisión con respecto a la selección de diseños curriculares, programas de remediación/intervención y tecnologías que se introducirán a escala local y nacional, con el consecuente impacto en la protección del capital mental de la nación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bruer JT. Education and the brain: A bridge too far. *Educational Researcher*. 1997; 26: 4-16.
2. Bruer JT. Where Is Educational Neuroscience?. *Educational Neuroscience* [Internet]. 2016;1: 1-12. Doi: <http://dx.doi.org/10.1177/2377616115618036>
3. Wilcox G, Morett LM, Hawes Z, Dommett EJ. Why educational neuroscience needs educational and school psychology to effectively translate neuroscience to educational practice. *Front Psychol* [Internet]. 2020;11:618449. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2020.618449>
4. Bowers JS. The practical and principled problems with educational neuroscience. *Psychological Review*, 2016;123(5): 600-612. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26938449/>
5. Howard Jones P, Varma S, Ansari D, Butterworth B, De Smedt B, Goswami U, Thomas MSC. The principles and practices of educational neuroscience: Commentary on Bowers. *Psychological Review*, 2016;123(5), 620–627. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/276574417>
6. Thomas MSC, Ansari D, Knowland VCP. Annual Research Review: Educational neuroscience: progress and prospects. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*. 2018. Doi: <http://dx.doi.org/10.1111/jcpp.12973>
7. WHO [Internet]. Ginebra, Suiza: World Health Organization; 2016. W.H.O. Global Health Estimates 2016: Disease burden by Cause, Age, Sex, by Country and by Region, 2000-2016. Disponible en: <https://www.who.int/data/gho/data/themes/mortality-and-global-health-estimates>
8. Olusanya BO, et. al. Global Burden of Childhood Epilepsy, Intellectual Disability, and Sensory Impairments. *Pediatrics* [Internet]. 2020;146(1). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32554521/>
9. Global Research on Developmental Disabilities Collaborators. Developmental disabilities among children younger than 5 years in 195 countries and territories, 1990-2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet Glob Health* [Internet]. 2018; 6 (10). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30172774/>
10. American Psychiatric Association. Diagnostic and statistical manual of mental disorders [Internet]. Quinta edición; 2013. Doi: <https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425596>
11. Pérez Abalo MC, Gaya JA, Savio G, Ponce de León M, Perera M, Reigosa V. Diagnóstico e intervención temprana de los trastornos de la audición: Una experiencia cubana de 20 años. *Revista de Neurología*. 2005; 41 (9): 556-63.

12. Perez Abalo MC, Gaya J, Savio G, Perera M, Ponce de Leon M, Sanchez M, Rodriguez E. A 25-year review of Cuba's Screening Program for early detection of hearing loss. *MEDICC Review (International Journal of Cuban Health & Medicine)*. 2009; 11 (1): 21-8.
13. Cuban Neurosciences Phonoaudiology Team*. (2003) Disabilities Special Studies: Auditory disabilities in Cotorro and Rio Cauto municipalities. En: Camacho H, Cobas M, Icart E. *Psychosocial study of people with disabilities in Cuba*. Havana. Editorial Abril; p. 58- 66.
14. Reigosa Crespo V, Valdés Sosa M, Butterworth B, Estévez N, Rodríguez M, Santos E, Torres P, Suárez R, Lage A. Basic Numerical Capacities and Prevalence of Developmental Dyscalculia: The Havana Survey. *Developmental Psychology*. Advance online publication [Internet]. 2011 septiembre. Doi: <https://doi.org/10.1037/a0025356>
15. Reigosa V, Valdes Sosa M, Butterworth B, Torres P, Santos E, Suarez R, Lage A, Rodriguez M, Estevez N, Hernandez D. (2008). Large-scale prevalence studies of learning disabilities in Cuban school-children population. *Society Proceedings / Clinical Neurophysiology* [Internet]. 2008. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2008.04.067>
16. Sanabria G, Torres R, Iglesias J, Mosquera R, Reigosa V, Santos E, Lage A, Estévez N, Galán L. Cambios de estrategia lectora en niños de edad escolar. *The Spanish Journal of Psychology*. 2009; 12(2), 441-453.
17. Coltheart M, Rastle K, Perry C, Langdon R, Ziegler J. DRC: A dual route cascaded model of visual word recognition and reading aloud. *Psychological Review*. 2001; 108: 204-256.
18. Kaufman EL, Lord MW, Reese TW, Volkman J. The discrimination of visual number. *American Journal of Psychology*. 1949;62: 498-525.
19. Mandler G, Shebo BJ. Subitizing: An analysis of its component processes. *Journal of Experimental Psychology: General*. 1982;111, 1-21.
20. Moyer R, Landauer T. Time required for judgments of numerical inequality. *Nature*. 1967;215: 1519-1520.
21. Piazza M, Mechelli A, Butterworth B, Price CJ. Are Subitizing and Counting Implemented as Separate or Functionally Overlapping Processes?. *NeuroImage*. 2002; 15(2): 435-46.
22. Orraca Castillo M, Estévez Pérez, N, Reigosa Crespo V. Neurocognitive profiles of learning disabled children with neurofibromatosis type 1. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2014; 8: 386. Doi: <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00386>
23. Acosta MT, Bearden CE, Castellanos XF, Cutting L, Elgersma Y, Gioia G, et. al. The learning disabilities network (LeaDNet): using neurofibromatosis type1 (NF1) as a paradigm for translational research. *Am. J. Med. Genet*. 2012; A(158A): 2225-2232. Doi: <https://doi.org/10.1002/ajmg.a.35535>
24. Bruandet M, Molko N, Cohen L, Dehaene S. A cognitive characterization of dyscalculia in Turner syndrome. *Neuropsychologia*. 2004; 42(3), 288-298.
25. Molko N, Cachia A, Bruandet M, Bihan DL, Cohen L, Dehaene S. Functional and structural alterations of the intraparietal sulcus in a developmental dyscalculia of genetic origin. *Neuron*. 2003; 40, 847-858. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0896-6273\(03\)00670-6](https://doi.org/10.1016/S0896-6273(03)00670-6)
26. Estévez Pérez N, Alemán Gómez Y, Mosquera Suárez, Recio Morales B, Rodríguez Cápiro M, Marine Isangue R, López Inguanzo JM, Valdés Sosa M, Reigosa Crespo V. Estudio de las propiedades morfológicas del Surco Intraparietal en niños con Discalculia del Desarrollo con déficits específicos en el proceso de subitización. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*. 2016 julio-diciembre; 16(3): 53-74, ISSN: 0124-1265.
27. Frye RE, Liederman J, Malmberg B, Mclean J, Strickland D, Beauchamp MS. Surface Area Accounts for the Relation of Gray Matter Volume to Reading-Related Skills and History of Dyslexia. *Cerebral Cortex*. 2010; 20, 2625-2635.
28. Rykhlevskaia E, Uddin LQ, Kondos L, Menon V. Neuroanatomical correlates of developmental dyscalculia: combined evidence from morphometry and tractography. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2009; 3: 51. Doi: <https://doi.org/10.3389/neuro.09.051.2009>
29. Rotzer S, Kucian K, Martin E, Aster MV, Klaver P, Loenneker T. Optimized voxel-based morphometry in children with developmental dyscalculia. *Neuroimage*. 2008; 39: 417-422. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2007.08.045>
30. Estévez Pérez N, Castro Cañizares D, Orraca Castillo M. Number processing and low arithmetic achievement. *Acta Psychol (Amst)*. 2019; 198. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31220772/>
31. Wignall EL, Griffiths PD, Papadakis NG, Wilkinson ID, Wallis LI, Bandmann O, Hoggard N. Corpus Callosum Morphology and Microstructure Assessed Using Structural MR Imaging and Diffusion Tensor Imaging: Initial Findings in Adults with Neurofibromatosis Type 1. *American Journal of Neuroradiology*. 2010; 31(5): 856-861. Doi: <https://doi.org/10.3174/ajnr.a2005>
32. Mosquera Suárez R, Torres R, Reigosa Crespo V, González E, Valdés Sosa M. Written Word Processing as Predictor of Spanish Reading Proficiency: A Longitudinal Study. *International Journal of Psychophysiology*. 2016; 100(108): 169.
33. Reigosa Crespo V, González Alemañy E, León T, Torres R, Mosquera R, Valdés Sosa M. Numerical Capacities as Domain-Specific Predictors beyond Early Mathematics Learning: A Longitudinal Study. *PLoS ONE*. 2013; 8(11), e79711. Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0079711>
34. Reigosa Crespo V, Castro Cañizares D, Estévez N, Santos E, Torres R, Mosquera R, Álvarez A, Recio B, González E, Amor V, Ontivero M, Valdés Sosa M. (2020). Numerical skills and dyscalculia. From basic research to practice in Cuba. *Estudios de Psicología (E)*. 2020: 1-14.
35. Guadarrama Celaya F, Otero Ojeda GA, Bernardo Pliego Rivero F, del Rosario Porcayo Mercado M, Ricardo Garcell J, Cecilia Pérez Ábalo M. Screening of Neurodevelopmental Delays in Four Communities of Mexico and Cuba. *Public Health Nursing*. 2011; 29(2): 105-115. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1525-1446.2011.00982.x>
36. Reigosa Crespo V. (2019). Beyond the "third method" for the assessment of developmental dyscalculia. Implications for research and practice. En: *The International Handbook of Math Learning Difficulties: from the lab to the classroom*. Springer International Publishing; 2019:789-98. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-3-319-97148-3_45
37. Amor V, Torres R. Memoria de Trabajo, Inteligencia Fluida y Rendimiento Académico en Niños de Edad Escolar. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*. 2016; 6 (3), pp. 15-33 ISSN: 0124-1265

38. Ramírez Benítez Y, Amor V, Torres R. Batería de Rendimiento Intelectual para niños escolares cubanos. *Rev. Chil. Neuropsicol.* 2017; 12(2): 20-27, ISSN 0718-4913, DOI: <https://doi.org/10.5839/rcnp.2017.12.02.04>
39. Torres Díaz R, Mosquera Suárez R, Ontivero Ortega M, Romero Quintana Y, González Alemañy E, Alvarez River A, Ojeda Núñez JA, Peón López B, Recio Morales B, Valdés Sosa M. Text segmentation ability predicts future reading efficiency in Spanish-speaking Children. *Acta Psychologica.* 2020; 204, 103015. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2020.103015>

Recibido: 10/05/2022

Aprobado: 06/08/2022

Agradecimientos

Agradecemos a Eduardo González Alemán y Belkis Recio Morales, Caridad Hernández Pérez, Zenaida Machado Matos, Arahys Martín Ruíz, Isabel Ríos, Ailin Llano, Anabel Fernández Blanco, Klency González Hernández, Maydel Fernández, Nadir Díaz Simón, Yanet Campvert, Neisbet Blasco Fanego, Andy Guerra, Adriana Díaz, Daniela Escobar Magariño, Sheila Andalia Crespo, Brenda Peón, Susana Núñez, Melisa Alomá Bello, Paul Torres Fernández, Armando Quiñones, Odalys Puentes Corrales, por su contribución a la realización de los estudios presentados y la implementación de los sistemas descritos.

Conflicto de intereses

El colectivo de autores declara que no existen conflictos de interés.

Contribuciones de autores

Conceptualización: Vivian Reigosa Crespo, Rosario Torres Díaz, Nancy Estévez Pérez, Elsa Santos Febles, Mitchell Valdés Sosa
Curación de datos: Mitchell Valdés Sosa, Vivian Reigosa Crespo, Rosario Torres Díaz, Nancy Estévez Pérez, Elsa Santos Febles, Raysil Mosquera Suárez, Valeska Amor Díaz, Yuniel Romero Quintana, Danilka Castro Cañizares, Miladys Orraca Castillo, Gretel Sanabria Díaz
Análisis formal: Mitchell Valdés Sosa, Vivian Reigosa Crespo, Rosario Torres Díaz, Nancy Estévez Pérez, Raysil Mosquera Suárez, Valeska Amor Díaz, Yuniel Romero Quintana, Danilka Castro Cañizares, Miladys Orraca Castillo, Gretel Sanabria Díaz

Adquisición de fondos: Vivian Reigosa Crespo, Rosario Torres Díaz
Investigación: Vivian Reigosa Crespo, Rosario Torres Díaz, Nancy Estévez Pérez, Elsa Santos Febles, José Antonio Gaya Vázquez, Raysil Mosquera Suárez, Valeska Amor Díaz, Yuniel Romero Quintana, Danilka Castro Cañizares, Miladys Orraca Castillo, Gretel Sanabria Díaz, María del Carmen Machado Lubián y Mitchell Valdés Sosa.
Metodología: Mitchell Valdés Sosa, Vivian Reigosa Crespo, Rosario Torres Díaz, Nancy Estévez Pérez

Administración del proyecto: Vivian Reigosa Crespo, Rosario Torres Díaz

Software: Elsa Santos Febles, José Antonio Gaya, Vivian Reigosa Crespo, Rosario Torres Díaz, Nancy Estévez Pérez, Danilka Castro Cañizares, Raysil Mosquera Suárez, Valeska Amor Díaz, Yuniel Romero Quintana, Danilka Castro Cañizares, Gretel Sanabria Díaz, María del Carmen Machado Lubián

Supervisión: Vivian Reigosa Crespo, Rosario Torres Díaz, Mitchell Valdés Sosa

Validación: Vivian Reigosa Crespo, Rosario Torres Díaz, Nancy Estévez Pérez, Elsa Santos Febles, José Antonio Gaya Vázquez, Raysil Mosquera Suárez, Valeska Amor Díaz, Yuniel Romero Quintana, Danilka Castro Cañizares, Miladys Orraca Castillo, Gretel Sanabria Díaz⁷, María del Carmen Machado Lubián

Visualización: Nancy Estévez Pérez, Vivian Reigosa Crespo

Redacción-borrador original: Nancy Estévez Pérez, Rosario Torres Díaz, José Antonio Gaya Vázquez, María del Carmen Machado Lubián.
Redacción-revisión y edición: Nancy Estévez Pérez, Rosario Torres Díaz, Mitchell Valdés Sosa, Vivian Reigosa Crespo, Danilka Castro Cañizares, Miladys Orraca Castillo, José Antonio Gaya Vázquez, María del Carmen Machado Lubián

Financiación

Las investigaciones realizadas y las herramientas implementadas fueron financiados con fondos de 3 proyectos del Fondo para Ciencia (FONCI) del CITMA: Códigos: CNEURO 02-15, PN305LH013-002 y PN305LH013-003.

Cómo citar este artículo

Estévez Pérez N, Torres Díaz MR, Reigosa Crespo V, Santos Febles E, *et. al.* Resultados fundamentales del Programa de Protección del Neurodesarrollo Infantil del Centro de Neurociencias de Cuba. *AnAcadCiencCuba* [internet] 2022 [citado en día, mes y año];12(3):e1239. Disponible en: <http://www.revistaccuba.cu/index.php/revacc/article/view/1239>

