

## Rol de las tecnologías en el reconocimiento de movimientos generales en neonatos de hasta 20 semanas post término

### Role of technologies in the recognition of general movements in neonates up to 20 weeks post-term

Edgardo Emanuel Venegas-Norambuena<sup>oa</sup>, Camila Fernanda Calderón-Petricic<sup>ob</sup>,  
Emanuel Franco Mella-Robles<sup>ob,c</sup>

<sup>a</sup>Kinesiólogo. Servicio de Salud Araucanía Sur. Temuco, Chile.

<sup>b</sup>Terapeuta Ocupacional.

<sup>c</sup>Fundación Tierra de Esperanza. Temuco, Chile.

Recibido el 01 de agosto de 2025; aceptado el 27 de enero de 2026

#### ¿Qué se sabe del tema que trata este estudio?

No existe una herramienta que sea de fácil uso para clasificar y evaluar los GMs, además, requiere de alta especialización y tiempo. Las capturas de videos pueden ser una alternativa accesible para mejorar la detección temprana de trastornos neurológicos.

#### ¿Qué aporta este estudio a lo ya conocido?

Este estudio intenta visibilizar y promover el rol de tecnologías basadas en video para evaluar los movimientos generales en neonatos de hasta 20 semanas post término. Mediante una Revisión Rápida (Rapid Review), se identifica como estas herramientas no invasivas, accesibles y de bajo costo, favorecen la detección temprana de alteraciones neurológicas, mejoran el pronóstico y la participación, y fortalecen la atención clínica en diversos contextos con limitada experiencia en esta evaluación.

#### Resumen

La evaluación de los movimientos generales (GMs) ha sido empleada en la práctica clínica para la detección temprana de trastornos neurológicos en neonatos, aunque su aplicación requiere alta especialización, tiempo y recursos. Dado estas limitaciones, el uso de tecnologías asociadas a video se presentan como una alternativa emergente para optimizar esta evaluación. El objetivo de esta Revisión Rápida es actualizar el rol que cumplen las tecnologías en el reconocimiento de los movimientos generales y su relación con la generación de diagnósticos clínicos. Se revisaron cuatro bases de datos, PubMed, Scopus, Web of Science y BVS, aplicando el método PRISMA. Se incluyeron estudios centrados en neonatos hasta las 20 semanas post término que relacionaran la evaluación de GMs con tecnologías que utilizaran video y apoyo tecnológico, publicados entre 2019-2023 en idioma inglés. Se seleccionaron 30 estudios considerando su diseño metodológico y tipo de tecnología. Los hallazgos

#### Palabras clave:

Evaluación;  
Tecnología;  
Rol;  
Movimientos  
Generales;  
Prechtl;  
Writhing;  
Fidgety;  
Neonatos

evidencian que las tecnologías, especialmente aquellas basadas en el aprendizaje profundo e Inteligencia Artificial (IA), contribuyen a una detección más temprana de alteraciones del neurodesarrollo, se vinculan a la creación de bases de datos automatizadas, y mejoran la accesibilidad a la evaluación. Los principales beneficios identificados incluyen la optimización de la atención clínica, reducción de costos, mayor comodidad para usuarios y profesionales, y mejora en las oportunidades de intervención precoz. En conclusión, la tecnología aplicada a la evaluación de movimientos generales representa un avance significativo en el ámbito de la neurorehabilitación infantil, al apoyar los procesos diagnósticos, tratamiento oportuno y facilitar su implementación en diversos contextos clínicos.

## Abstract

The assessment of General Movements (GMs) has been used in clinical practice for the early detection of neurological disorders in neonates; however, its application requires a high level of expertise, time, and resources. Given these limitations, video-based technologies have emerged as an alternative approach for optimizing this evaluation. The objective of this Rapid Review is to update the role that technologies play in recognizing general movements and their relationship with the generation of clinical diagnoses. Four databases were reviewed (PubMed, Scopus, Web of Science, and BVS) following the PRISMA methodology. Studies focusing on neonates up to 20 weeks post-term that linked GM assessment with video-based and technology-assisted approaches, published between 2019 and 2023 in English, were included. A total of 30 studies were selected based on their methodological design and type of technology. The findings show that technological approaches, especially those based on deep learning and Artificial Intelligence (AI), contribute to earlier detection of neurodevelopmental disorders, are associated with the creation of automated databases, and improve access to assessment. The main benefits identified include optimization of clinical care, cost reduction, greater comfort for users and healthcare professionals, and improved opportunities for early intervention. In conclusion, technology applied to the assessment of general movements represents a significant advancement in the field of pediatric neurorehabilitation, supporting diagnostic processes, timely treatment, and facilitating implementation across diverse clinical settings.

## Keywords:

Assessment;  
Technology;  
Role;  
General Movements;  
Prechtl;  
Writhing;  
Fidgety;  
Neonates

## Introducción

En la actualidad, el desarrollo tecnológico ha potenciado las evaluaciones clínicas, optimizando la toma de decisiones y contribuyendo a la eficiencia del sistema de salud<sup>1</sup>. Algunos de los ejemplos del uso de tecnologías son la telemedicina, gestión digital, dispositivos de monitoreo remoto, el desarrollo de las ciencias, la inteligencia artificial (IA) y la robótica.

La literatura postula que la digitalización puede ayudar a los sistemas de salud a ser más eficientes y sostenibles, principalmente a través del aumento de la accesibilidad, calidad de atención médica y gestión de los recursos<sup>2,3</sup>.

Con relación a las evaluaciones de movimientos generales, nuevas perspectivas hacen uso de tecnologías a través del análisis de videos por medio de distintas aplicaciones computacionales, valiéndose de los avances de lo que se conoce como aprendizaje profundo e inteligencia artificial<sup>4</sup>. Aunque aún no existe un consenso definitivo sobre el uso de estos métodos de registro, la evidencia muestra un aumento sostenido en su validación y aplicabilidad, evidenciando que estas alternativas han potenciado la generación de nuevas evidencias basadas en tecnologías para mejorar este

tipo de evaluaciones y entregando nuevas posibilidades de atención.

Respecto al uso de tecnologías aplicadas a la salud, en específico en la evaluación de movimientos generales, se han realizado estudios que utilizan distintos métodos para procesar los videos, algunas metodologías se hacen con uso de traje con sensores sobre el niño, otras con brazaletes con sensores en articulaciones de muñecas y tobillos sobre la piel mapeando puntos claves, y otros métodos donde se usa el análisis 2D con cámaras que mapean partes del cuerpo y caracterizan los patrones de movimientos para así luego ser procesados por algoritmos<sup>4,5</sup>.

Los movimientos generales son un repertorio de patrones de movimientos típicos y espontáneos en periodo postparto durante la maduración del sistema nervioso hasta las 20 semanas post término, aproximadamente (figura 1). Estos patrones de movimientos son reconocidos clínicamente desde la edad fetal por medio del examen clínico, involucrando todas las articulaciones del cuerpo. Los patrones son descritos como movimientos articulares gruesos que involucran a todo el cuerpo, pueden durar segundos a minutos, tienen un inicio y término gradual, y se caracterizan por su complejidad y variabilidad<sup>6</sup>. La evaluación de

movimientos generales es una herramienta para pronosticar y predecir las afecciones neurológicas a largo plazo. Se distinguen 2 grandes tipos de movimientos en la evidencia actual, los de contorsión (writhing) y los de ajeteo (fidgety) (tabla 1), estos han sido observados con el niño vigil y alerta, tanto en posición supina como sedente en silla. No obstante, estos movimientos pueden desaparecer cuando el niño focaliza su atención, con el llanto o distracciones del ambiente<sup>7</sup>.

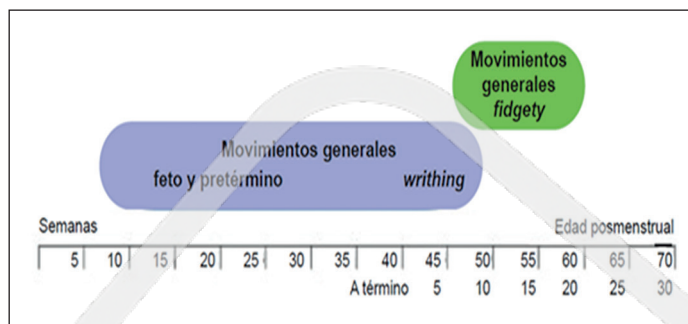
Un área que ha sido objeto de importantes investigaciones, son las herramientas de diagnóstico en movimientos generales, los cuales han producido prometedores resultados, sin embargo, estos métodos pueden ser laboriosos y costosos en tiempo y recursos. Debido a las limitaciones de la evaluación de movimientos generales, la perspectiva de automatizar y adjuntar tecnologías en estos procesos se considera clave<sup>8</sup>.

La evaluación de los movimientos generales ha sido la técnica más utilizada hasta el momento, sin embargo, requiere especificidades que en ocasiones no pueden ser cumplidas por los equipos de salud. A partir de esto es que han ido en aumento experiencias con uso de tecnologías<sup>9</sup>; buscando optimizar los tiempos de aplicación de la evaluación, aumentar su accesibilidad y participación a padres, aumentar la cantidad de personal especializado, disminuir los costos asociados y objetivar los resultados con mejores métodos de categorización y clasificación, disminuyendo el sesgo inter evaluador.

Revisiones previas en torno al tema, se enfocaron en la validación de instrumentos tecnológicos, análisis comparativos entre estos y la generación de nuevas aplicaciones de reconocimientos en los movimientos generales<sup>9,10</sup>. El objetivo de esta revisión es actualizar el rol que cumplen las tecnologías en el reconocimiento de los movimientos generales y su relación con la generación de diagnósticos clínicos.

## Metodología

La revisión responde a la pregunta de investigación ¿cuál es el rol de las tecnologías en el reconocimiento de movimientos generales en neonatos de hasta 20 semanas post término?, lo cual se realizó a través de una Revisión Rápida (Rapid Review en literatura anglosajona) de la literatura. La revisión se desarrolló a modo de síntesis de conocimiento para la racionalización de métodos específicos en la evaluación de movimientos generales y así, producir evidencia eficiente en el uso de recursos e información en torno a la pregunta de investigación<sup>11</sup>. La revisión se basa en elementos de la declaración PRISMA 2020 “The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews”<sup>12</sup>.



**Figura 1.** Desarrollo temporal de los movimientos generales. Nota. Representación temporal de movimientos generales tipo writhing (contorsión) y fidgety (ajeteo)<sup>4</sup>.

**Tabla 1. Características de los movimientos ajeteo y contorsión**

Writhing normal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Complejos e involucran todo cuerpo con rotaciones</li> <li>• Fluidos con principio y final gradual</li> <li>• Variables en fuerza y velocidad</li> </ul>
Fidgety normal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pequeña amplitud y velocidad moderada</li> <li>• Aceleración variable en 3 planos</li> <li>• Movimientos semicirculares de muñeca y tobillos</li> <li>• Participa todo el cuerpo cabeza y tronco</li> </ul>
Writhing anormal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pobre repertorio, monótonos</li> <li>• Rigidez sincronizada, sin fluidez, espasmódicos</li> <li>• Caóticos</li> </ul>
Fidgety anormal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• F- ausencia de fidgety normal</li> <li>• F+ Amplitud y velocidad muy exagerados</li> </ul>

Nota. Características normales y anormales de movimientos generales. Writhing (contorsión) y fidgety (ajeteo). F-: no manifiestan movimientos normales; F+: manifiesta movimientos muy exagerados<sup>4</sup>.

Para la elección de artículos se consideraron como criterios de inclusión: años del 2019 a 2023, idioma inglés, tipo de artículo incluyendo estudios observacionales, de pronóstico, de diagnóstico, investigación cualitativa, revisión sistemática, ensayo clínico controlado, estudios de caso clínico, de cohorte, de etiología, de prevalencia, evaluación de tecnologías sanitarias, estudios geográficos y revisión sistemática de estudios observacionales, sobre evaluación de movimientos generales en neonatos de hasta 20 semanas post término, y relación de la evaluación de movimientos generales asociado al uso de tecnologías como software de análisis de video, aplicaciones de celular, seguimiento de movimiento y registro con sensores, entre otras. Como criterios de exclusión se consideraron: evaluación de movimientos generales solo con video (sin otra tecnología asociada), capítulos de libros y publicaciones de actos de congresos.

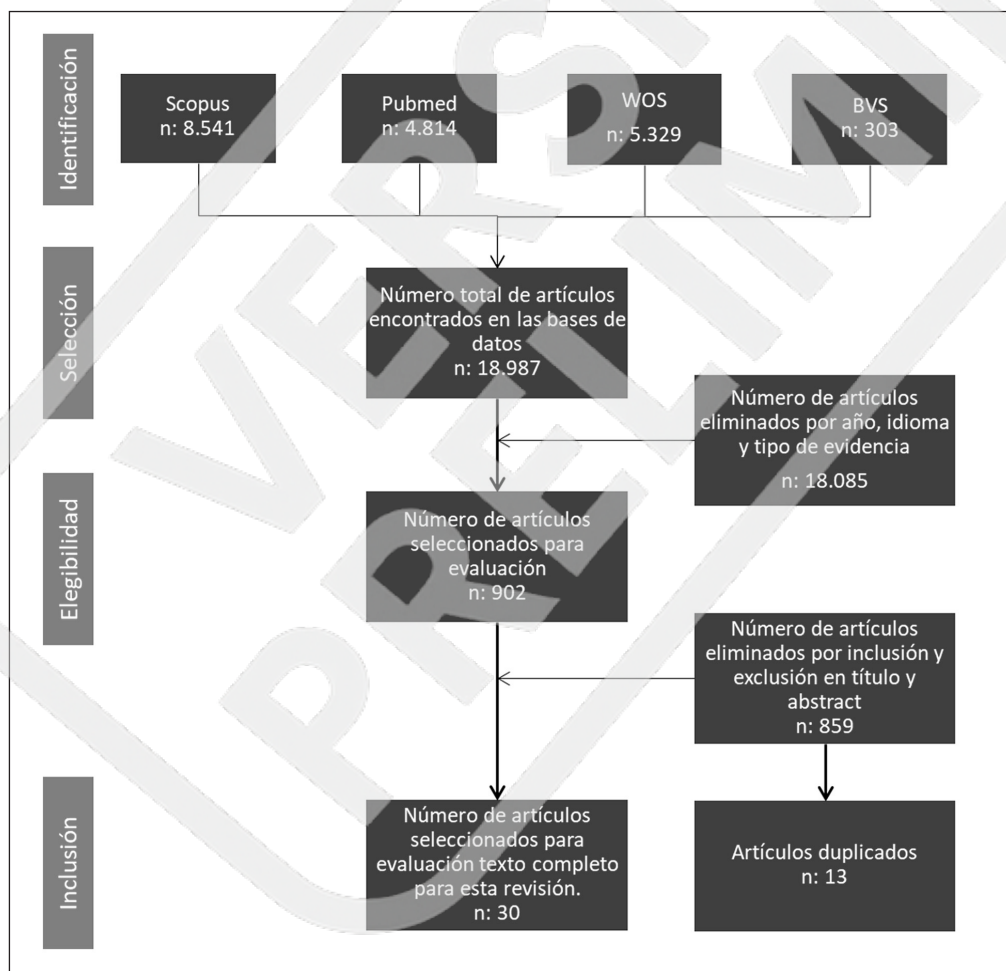
El proceso de búsqueda se llevó a cabo por 2 revisores independientes en Chile, en las bases de datos Pubmed, Scopus, Web of Science (WOS) y la Biblioteca Virtual en Salud (BVS). En la primera etapa se realizó la identificación de artículos, en la cual se realizó la búsqueda de artículos siguiendo el enfoque PICOT con las palabras “general movements”, “precht”, “writhing” y “fidgety”, utilizados comillas y separados por el término booleano “OR”, siendo adaptados a cada base de datos. La segunda etapa se llevó a cabo filtrando, según criterios de inclusión, los resultados por año del 2019 a 2023, idioma inglés y tipo de artículo. La tercera parte se realizó filtrando por título relacionado a evaluación de movimientos generales y uso de tecnologías, eliminando duplicados para dar paso a la cuarta parte, donde se realizó el filtro por el Resumen del artículo con los criterios de inclusión: evaluación de movimientos generales en neonatos de hasta 20 semanas post término, relación de la evaluación de movimientos generales asociado al uso de tecnologías y los criterios de exclusión descritos en “criterios de elegibilidad”. La quinta y última parte consistió en la recopilación de

los artículos seleccionados para su análisis, resolviendo discrepancias a través del análisis conjunto de ambos revisores con lectura completa de los estudios.

El desarrollo de la Revisión Rápida se basó en fuentes secundarias disponibles en bases de datos, por lo cual no se requirió aprobación de comité de ética, sin embargo, se aplicaron criterios de integridad académica, respeto a los derechos de autor y transparencia metodológica. Se reconoce que las elecciones metodológicas como el idioma y la temporalidad podrían generar limitaciones en la representatividad de los hallazgos.

### Resultados / Síntesis de Evidencia

Inicialmente se identificaron 18.987 artículos, donde 18.085 se eliminaron según criterios de inclusión (año, idioma y tipos de artículos). Entre los 902 restantes se aplicaron los criterios de exclusión en título, abstract, y por estar duplicados, quedando 30 artículos seleccionados para su revisión. El proceso de identificación y elegibilidad de artículos se grafica en la figura 2.

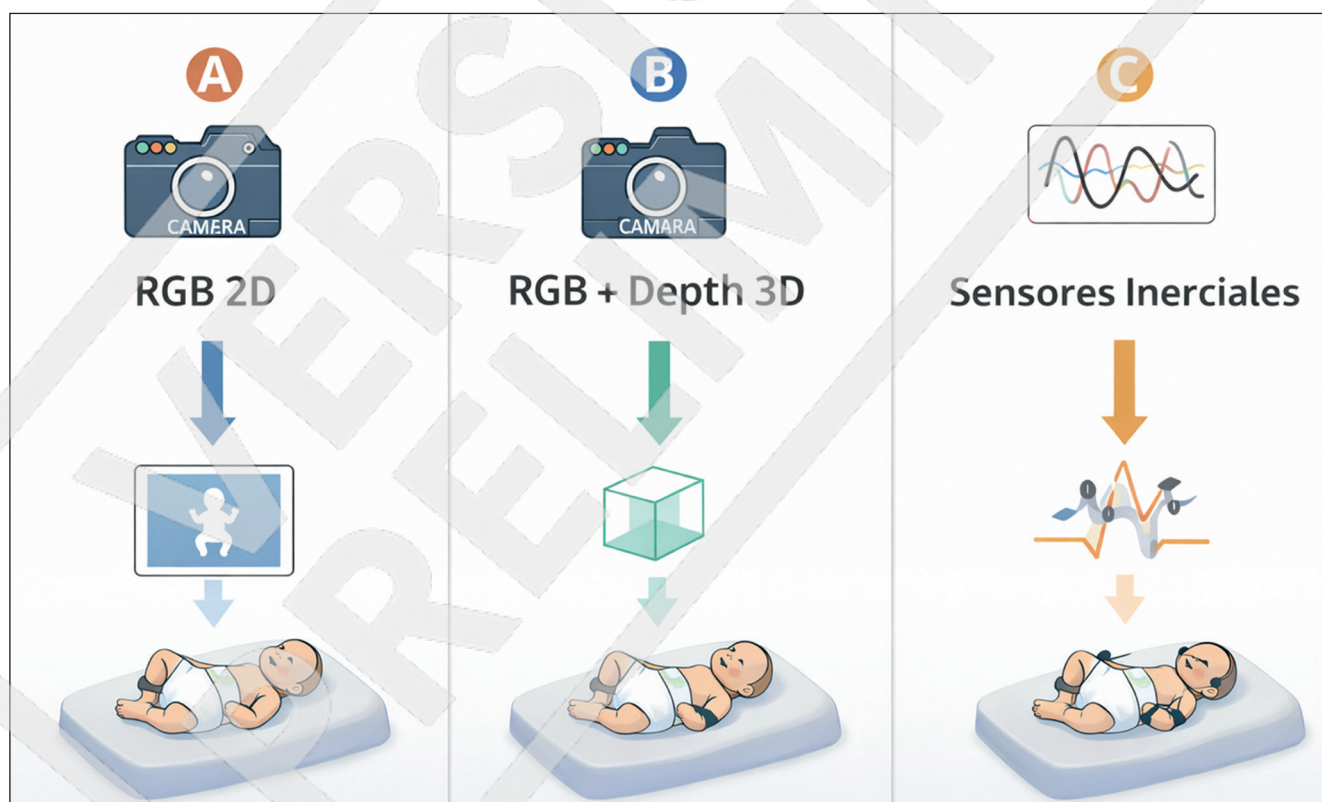


**Figura 2.** Diagrama de flujo de búsqueda y selección de artículos.

Los 30 artículos seleccionados fueron publicados entre el año 2019 y 2023 y se caracterizan principalmente por ser de diseño ensayo experimental (n: 20); revisión sistemática (n: 5); estudios de cohorte (n: 2); estudio de caso (n: 1); estudio geográfico (n: 1) y estudio exploratorio (n: 1). Todos incluyen dentro de los instrumentos de evaluación el uso de las tecnologías en base a fotogramas de vídeos 2D o 3D, con uso de marcadores invasivos y no invasivos (figura 3); estos se aplicaron en usos clínicos y experimentales, y en gran parte de ellos se aprecia la búsqueda de conceptualización y validación de IA, aprendizajes de software o aprendizajes profundos en APP. Estos métodos fueron utilizados para la estimación y/o clasificación de la secuencia de pose, generaron bases de datos y entrenaron algoritmos para entrega de resultados a padres y/o profesionales sanitarios en búsqueda de *feedback* para predecir posibles parálisis cerebrales, en búsqueda de entrenamiento de tecnologías basadas en video-software-resultado. Otro aspecto observado fue la inclu-

sión de padres en el proceso evaluativo de movimientos generales con video en hogar, registrando sus opiniones sobre el uso de las tecnologías en parámetros de comodidad, seguridad, acceso y participación en el seguimiento en salud y neurodesarrollo. En esta forma aumentan la satisfacción de los padres al momento de su aplicación, registrando emociones de conformidad y esperanza respecto al uso de estas tecnologías para las evaluaciones, asociadas a la visualización y participación directa en el proceso.

Dentro de la literatura revisada se logran destacar diferentes resultados sobre el abordaje del diagnóstico temprano de parálisis cerebral, siendo los roles de las tecnologías (tabla 2) y su impacto en la detección temprana en relación con el no uso de tecnologías para el diagnóstico o pesquisa temprana (tabla 3). Los artículos evaluados que presentan mejores protocolos o instructivos de grabación para padres o profesionales sanitarios, demuestran mayores logros en evaluación y disminución de sesgos de ambiente.



**Figura 3.** Modalidades de obtención de conceptualización de movimientos generales. *Nota.* Ilustración de modalidades de detección para obtener datos de movimientos espontáneos infantiles: (A) Red-Green-Blue (RGB) cámara, (B) Cámara de profundidad RGB como Microsoft Kinect, y (C) sensores inerciales. Una cámara RGB es un dispositivo popular para obtener imágenes bidimensionales para la evaluación de movimientos generales; Recientemente, se agregó información de profundidad para adquirir imágenes tridimensionales utilizando una cámara de profundidad RGB. Los sensores inerciales, que consisten en acelerómetros y giroscopios, se utilizan para seguir continuamente los movimientos de la cabeza, el tronco y las extremidades superiores e inferiores. Adaptado de "Spontaneous movements as prognostic tool of neurodevelopmental outcomes in preterm infants: a narrative review"<sup>13</sup>.

**Tabla 2. Características de los estudios incluidos en esta revisión**

Diseño de estudio	Tecnologías asociadas	Rol
Revisión Sistemática y sistematizada n: 5, <sup>9,10,14,15,19</sup>	Inteligencia Artificial. Capturas de movimientos con y sin marcadores/sensores. Algoritmos y visión por computadora. Aplicaciones móviles.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Detección y derivación precoz.</li> <li>• Generación y aumento de Bases de Datos.</li> <li>• Implementar uso tecnológico y mejorar sostenibilidad.</li> <li>• Implementación y beneficiar a familias de distintos niveles socioeconómicos.</li> <li>• Apoyar investigación multicéntrica.</li> <li>• Proporcionar un medio de estratificación de los bebés de alto riesgo.</li> </ul>
Ensayo Clínico aleatorizados y no aleatorizados n: 20 <sup>6,8,16-18,21-30,33-36,39</sup>	Software de aprendizaje profundo. Algoritmo de estimación de pose. Aprendizaje profundo. Estimación de pose con y sin marcadores/sensores. Sensor RGB-D. Inteligencia Artificial. Aplicaciones móviles.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación y aumento de Bases de Datos.</li> <li>• Aumentar objetividad, sensibilidad, especificidad y precisión.</li> <li>• Entregar información diagnóstica adicional y mejorar la interpretabilidad.</li> <li>• Detección y derivación precoz.</li> <li>• Disminuir carga laboral y fatiga asociada al personal evaluador.</li> <li>• Mejorar el rendimiento clínico evaluativo asistido por tecnologías.</li> <li>• Generar protocolos y respaldos en clínica.</li> <li>• Eliminar dependencia a los sensores con posibilidad en detección de movimientos específicos.</li> </ul>
Estudios de Cohorte n: 2 <sup>37,38</sup>	Aplicaciones móviles. Software.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementación y beneficiar a familias de distintos niveles socioeconómicos.</li> <li>• Disminución de costos familiares no económicos.</li> <li>• Aumentar la satisfacción de los usuarios.</li> <li>• Detección y derivación precoz.</li> </ul>
Estudios de caso, geográficos y exploratorios n: 3 <sup>20,31,32</sup>	Captura de movimientos con sensor. Inteligencia Artificial. Sensor RGB-D. Aplicaciones móviles.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementación y beneficiar a familias de distintos niveles socioeconómicos.</li> <li>• Disminución de costos familiares no económicos.</li> <li>• Aumentar alcances en evaluaciones de movimientos generales.</li> </ul>

*Nota.* Síntesis de resultados por tópicos agrupados, según diseños de evidencia y sus respectivas tecnologías asociadas e investigadas, con resultado de sus roles principales en torno a la pregunta de investigación. RGB-D (Red, Green, Blue Device).

**Tabla 3. Impacto en la detección temprana según tecnologías asociadas**

Tipo de tecnología	Impacto en GMA	Comentarios / limitaciones
Aprendizaje profundo e IA	Mejora en objetividad, rendimiento automático, precisión, rentabilidad, además, mejora precisión de estimación de pose y la cuantificación de esta.	Mejora significativamente la predicción de parálisis cerebral.
APPs y softwares	Mejora accesibilidad, oportunidad, alcance, consistencia. Además, mejora la objetividad y fiabilidad entre operadores.	En un artículo refiere disminución de sensibilidad y especificidad diagnóstica <sup>38</sup> .
Sensores y marcadores RGB-D	Mejora en la cuantificación objetiva, la obtención de información de calidad de movimiento y la caracterización del movimiento.	Sufren de falta de precisión en estudios que requieran cinemáticas detalladas. Un artículo refiere disminución en precisión diagnóstica <sup>19</sup> .
Estimación de pose	Mejora en la interpretabilidad, la objetivación de las características del movimiento. Además, mejora rendimiento predictivo, automatización, generalización, interpretabilidad y cuantificación.	-
Tecnologías combinadas	Mejora precisión de seguimiento cinemático, la objetividad y eficiencia. Además, mejora el nivel de precisión, aumenta el potencial de uso, su factibilidad, consistencia y robustez. Aumenta estabilidad, rapidez, extensibilidad y la alineación con el experto.	Un artículo refiere disminución en el rendimiento de clasificación del GMA, debido a las bajas bases de datos en IA. La combinación de aprendizaje profundo y APPs lograría la efectividad de una persona experta en GMA <sup>6</sup> .

*Nota.* Síntesis de resultados basados en las tecnologías asociadas en el impacto de la detección temprana de parálisis cerebral. GMA (Evaluación de Movimientos Generales). IA (inteligencia artificial). APPs (aplicaciones). RGB-D (Red, Green, Blue Device)<sup>6,8-10,14-39</sup>.

## Discusión

Los principales hallazgos del estudio en torno al rol de la tecnología en el reconocimiento de movimientos generales en neonatos de hasta 20 semanas post término, fueron: las tecnologías asociadas a video contribuyen a la detección temprana de parálisis cerebral u otros trastornos neurológicos que permiten realizar una intervención clínica precoz<sup>9,14,16,22,23</sup>. La experimentación con tecnología busca aumentar la accesibilidad a la evaluación de movimientos generales<sup>9,32,34,37</sup>, en tiempo de aplicación, profesionales capacitados, disminuir costos y abarcar zonas rurales o países en vías de desarrollo<sup>24,26,36</sup>; y que el uso de tecnologías contribuye a realizar una evaluación de movimientos generales más objetiva, sensible y precisa<sup>8,17,18,19,20,21</sup>, logrando así seleccionar tópicos relevantes en este estudio.

### Detección, optimización, derivación e influencias del uso de las tecnologías

Se destacan las influencias que han tenido las tecnologías en la caracterización de los movimientos generales, mejorando el rendimiento diagnóstico y facilitando las evaluaciones clínicas y no clínicas<sup>10,18</sup>, contribuyendo a optimizar los tiempos de atención y favoreciendo la detección precoz de patología neonatal hasta las 20 semanas post-término, y apoyando la derivación correspondiente. Es así que las tecnologías basadas en aprendizaje profundo e inteligencia artificial han mostrado un impacto significativo al mejorar la estimación de pose y la cuantificación del movimiento, fortaleciendo su capacidad predictiva de parálisis cerebral, y permitiendo una mayor interpretabilidad y automatización en el análisis de los movimientos generales, contribuyendo a una detección y una consistencia mayor entre distintos evaluadores.

Dentro de los resultados que se desprenden de esta revisión, se encuentra que las tecnologías influyen positivamente a las evaluaciones de movimientos generales para potenciar la pesquisa temprana y apoyar procesos de derivación más eficientes, entregando mayor cantidad de posibilidades clínicas dentro sus roles descritos en la evidencia actual.

### Tecnologías para el aumento de la accesibilidad

El uso asociado de tecnologías en este tipo de evaluaciones, según evidencia, reporta que su implementación en las evaluaciones clínicas de los movimientos generales genera accesibilidad y alcances clínicos, geográficos y económicos<sup>32</sup>, facilitando entornos clínicos más dinámicos, con mayor participación entre sujetos.

En múltiples ensayos clínicos<sup>24,26,36</sup>, se generan discusiones respecto a los alcances de las tecnologías y su generación, como son la innovación con aplicaciones en uso de celular, sensores de bajo costo, ingreso de

nuevas bases de datos, la masificación y accesibilidad de inteligencias artificiales y software en internet, evidenciando una mayor accesibilidad social, económica y geográfica de las tecnologías en el uso de evaluaciones de movimientos generales. No obstante, algunas tecnologías presentan limitaciones; las aplicaciones móviles, si bien aumentan la accesibilidad, en un estudio<sup>38</sup> mostraron una disminución de la sensibilidad y especificidad en la pesquisa, lo que indica que requieren de ajustes técnicos y mayor validación clínica. Además, los sensores y marcadores RGB-D que facilitan la cuantificación más objetiva del movimiento se vieron limitadas en evaluaciones que demandan mayor precisión cinemática<sup>19</sup>, siendo estos hallazgos importantes para resaltar la necesidad de equilibrar la accesibilidad con calidad diagnóstica en la implementación de las tecnologías en la evaluación de movimientos generales. Cardemil<sup>2</sup>, afirma que la salud digital tiene el potencial de mejorar la eficiencia y la efectividad en el uso de recursos. Las enfermedades causan costos directos, pero también causan costos indirectos y sociales, reducción de días laborales, disminución de productividad, costo de oportunidad, entre otros, teniendo relación con los resultados presentados en esta Revisión Rápida, entregando a modo específico los tópicos que generarían el aumento de la accesibilidad de las tecnologías en el uso de las evaluaciones de movimientos generales.

### Bases de datos en automatización

La evidencia expuesta muestra que la generación y acceso a bases de datos de videos pediátricos para las múltiples evaluaciones se encuentra limitada debido a los derechos del niño y niña en el ámbito de protección y privacidad de menores, lo cual ha influenciado negativamente en la representatividad de los estudios. En su gran mayoría, no logran alcanzar muestras significativas a evaluar, llevando a déficit en la optimización de los tiempos de evaluación y predicción en trastornos del neurodesarrollo. Esta limitación impacta directamente en el rendimiento de algunos modelos de inteligencia artificial y en la precisión de los sistemas automatizados de clasificación de los movimientos generales, donde se ha reportado disminución del rendimiento predictivo debido a la escasez de bases de datos<sup>6</sup>, versus los enfoques que combinan el aprendizaje profundo y las aplicaciones, que demostraron un potencial de efectividad comparable al de un evaluador experto.

El no poder facilitar el acceso a la especialización de movimientos generales de profesionales clínicos y no clínicos (investigadores de otras áreas), ha impulsado nuevos alcances en la evidencia, buscando resolver limitaciones actuales en torno a la automatización. Hoy en día se han expandido registros y tabulaciones de evaluaciones, sin embargo, no logran reemplazar las

evaluaciones de los clínicos especializados en el área, encaminando los nuevos estudios y trabajos hacia la generación de nuevas bases de datos y profundización en la búsqueda de la automatización en el reconocimiento y valoración de movimientos generales.

### Limitaciones y futuras líneas de investigación

En el presente estudio no se consideraron artículos en idioma diferente al inglés, ni de más de 5 años de antigüedad. Tampoco se consideró la evaluación de movimientos generales en periodo prenatal con el uso de tecnologías, lo que pudiese generar un sesgo al comparar los resultados con el uso completo de la evaluación de movimientos generales.

Otra limitación del estudio se relaciona con características propias del diseño de estudio, tipo "Rapid Review", a diferencia de una revisión sistematizada, podemos mencionar que no es una búsqueda exhaustiva y no se incorporó valoración crítica de la calidad de los estudios, lo que pudiese llevar a presentar sesgos en la información<sup>40</sup>.

Dentro de la revisión no se logran obtener datos estadísticos en el impacto respecto al uso o no uso de tecnologías en el proceso evaluativo de neonatos, siendo una limitación en este estudio, por lo que se propone profundizar y generar nuevos estudios que incorporen dichos datos.

Gracias a estos alcances entregados en la evidencia, se ha logrado determinar que uno de los principales roles de las tecnologías asociadas al uso de videos, es aumentar la accesibilidad en el uso de evaluación de movimientos generales, el trabajo con APP de celular contribuye a este aumento de accesibilidad, sin embargo, aún muestra interferencias en el registro y otros aspectos que disminuyen su validación. La confección de protocolos ha reforzado y facilitado el entrenamiento a padres en el uso adecuado de las aplicaciones. Sin embargo, esta forma de evaluar sigue presentando menor especificidad y sensibilidad que el uso de otras tecnologías más complejas.

Futuras investigaciones, además de integrar modelos combinados con inteligencia artificial, sensores y aplicaciones móviles orientadas a reducir las limitaciones de precisión, debieran mejorar la heterogeneidad de las bases de datos y fortalecer la integración familiar en contextos naturales de evaluación de movimientos generales. Asimismo, se requiere desarrollar soluciones que minimicen interferencias y estímulos que afecten el registro para facilitar el acceso y participación de la familia en el hogar o entorno cotidiano del neonato, favoreciendo así un seguimiento continuo y oportuno.

Los avances tecnológicos revisados obligan a considerar sus implicancias éticas, en especial en relación con la protección de datos sensibles de la población neonatal, la transparencia en el funcionamiento de los

algoritmos y la equidad en el acceso a las evaluaciones en territorios rurales o con menor digitalización. La falta de estándares internacionales para la captura y análisis automatizado de movimientos generales genera variabilidad metodológica y dificulta la comparación entre estudios. Por ello, es necesario avanzar hacia guías y consensos éticos que enmarquen un uso seguro, equitativo y robusto de estas tecnologías, resguardando los derechos del niño y la calidad de las evaluaciones.

### Conclusión

El objetivo de esta Revisión Rápida fue describir el rol de las tecnologías en el reconocimiento de movimientos generales en neonatos de hasta 20 semanas post término. Esta revisión abarcó estudios que consideran tecnologías asociadas a videos de movimientos generales, logrando generar un resumen de los roles más destacados en la literatura, donde se destaca que el uso de las tecnologías potencian la atención clínica en la detección, derivación y tratamiento precoz, lo cual debiera impactar positivamente el pronóstico de los neonatos en su neuro-desarrollo. Además, favorece la participación familiar y disminuye agentes externos que pueden ser disruptivos al momento de las evaluaciones clínicas, entregando mayor comodidad, disminución en costos sanitarios y oportunidades clínicas.

Las diferentes tecnologías evaluadas en este estudio presentan potencialidades que deben ser evaluadas y estudiadas en base a las características particulares de la población a estudiar. A pesar de estos avances, los desafíos siguen existiendo con la necesidad de realizar una mayor validación, y futuros estudios debieran incorporar datos concretos, algoritmos, estadísticas y nuevas bases de datos en distintos contextos clínicos, para así, poder favorecer la implementación de estas tecnologías en las atenciones de salud y en específico en la población estudiada, también poder estandarizar las diferentes tecnologías en los territorios y contextos particulares. Se sugiere realizar revisiones sistemáticas de forma periódica, incorporando nueva evidencia y tecnologías que se estén utilizando.

### Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

### Uso de Inteligencia Artificial

Los autores declaran haber utilizado Open AI para la traducción de abstract.

## Referencias

- Morales I, Rojo N, Pérez A, et al. Ciencia, Tecnología e innovación para la salud en Cuba. La Habana: Editorial Ciencias Médicas; 2022.
- Cardemil M. Oportunidades y desafíos de la salud digital. Santiago: Biblioteca del congreso nacional de Chile; 2022. p. 01-22.
- Lizcano-Jaramillo P, Camacho-Cogollo J. Assessment of health technologies: a hospital approach for the incorporation of medical devices. *Rev Mex Ing Biomed*. 2019;40(3). doi: 10.17488/rmib.40.3.10.
- Rosendo N, Vericat A. Evaluación de los movimientos generales en niños prematuros para predicción de parálisis cerebral. *Arch Argent Pediatr*. 2023;121(3). doi: 10.5546/aap.2022-02764
- Novak I, Morgan C, Adde L, et al. Early, accurate diagnosis and early intervention in cerebral palsy advances in diagnosis and treatment. *JAMA Pediatr*. 2017;171(9):897-907. DOI: 10.1001/jamapediatrics.2017.1689
- Morais R, Le V, Morgan C, et al. Robust and interpretable general movement assessment using fidgety movement detection. *IEEE J Biomed Health Inform*. 2023;27. DOI: 10.1109/JBHI.2023.3299236
- Peinado-Gorlat P, Gómez M, Gorlat-Sánchez B. Valoración de movimientos generales como herramienta pronóstica de la parálisis cerebral infantil en prematuros: revisión sistemática. *Rev Neurol*. 2020;71:134-142. doi: 10.33588/rn.7104.2019460
- Sakkos D, Mccay K, Marcroft C, Embleton N, Chattopadhyay S, Ho E. Identification of abnormal movements in infants: a deep neural network for body part-based prediction of cerebral palsy. *IEEE Access*. 2021;9. doi: 10.1109/ACCESS.2021.3093469
- Tausif I, Nisar M, Gouverneur P, Rapp M, Grzegorzek M. AI Approaches towards Prechtl's Assessment of General Movement: A systematic literature review. *Sensors (Basel)*. 2020;20(18). doi: 10.3390/s20185321
- Marschik P, Kwong A, Silva N, et al. Mobile solutions for clinical surveillance and evaluation in infancy-general movement apps. *J Clin Med*. 2023;12. doi: 10.3390/jcm12103576
- Garrity C, Gartlehner G, Kamel C, et al. Revisión rápida Cochrane. Orientación provisional del Grupo Cochrane de Métodos de Revisión Rápida. *Cochrane Library*; 2020.
- Page M, McKenzie J, Bossuyt P, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *Res Methods Rep*. 2021;71. doi: 10.1136/bmj.n71.
- Shin H, Park M, Lee W. Spontaneous movements as prognostic tools of neurodevelopmental outcomes in preterm infants: a narrative review. *Clin Exp Pediatr*. 2023;66(11):458-464. DOI: 10.3345/cep.2022.01235
- Scott B, Seyres M, Philp F, Chadwick E, Blana D. Healthcare applications of single camera markerless motion capture: a scoping review. *Peer J*. 2022;10. doi: 10.7717/peerj.13517
- Silva N, Zhang D, Kulvicius T, et al. The future of General Movement Assessment The role of computer vision and machine learning - A scoping review. *Res Dev Disabil*. 2021;110. doi: 10.1016/j.ridd.2021.103854
- Groos D, Adde L, Aubert S, et al. Development and validation of a deep learning method to predict cerebral palsy from spontaneous movements in infants at high risk. *JAMA Netw Open*. 2022;5. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2022.21325
- Nguyen-Thai B, Le V, Morgan C, Badawi N, Tran T, Venkatesh S. A spatio-temporal attention-based model for infant movement assessment from videos. *IEEE J Biomed Health Inform*. 2021. doi: 10.1109/JBHI.2021.3077957
- Wu Q, Qin P, Kuang J, et al. A Training-Free Infant Spontaneous Movement Assessment Method for Cerebral Palsy Prediction Based on Videos. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*. 2023;31:1670-1679. DOI: 10.1109/TNSRE.2023.3255639
- Raguram K, Orlandi S, Church P, et al. Automated movement recognition to predict motor impairment in high-risk infants: a systematic review of diagnostic test accuracy and meta-analysis. *Dev Med Child Neurol*. 2021;63:637-648. DOI: 10.1111/dmcn.14800
- Balta D, Kuo H, Wang J, et al. Characterization of Infants' General Movements Using a Commercial RGB-Depth Sensor and a Deep Neural Network Tracking Processing Tool An Exploratory Study. *Sensors (Basel)*. 2022;22. doi: 10.3390/s22197426
- Abbasi H, Moller S, Williams S, et al. Deep-learning for automated markerless tracking of infants general movements. *J Inf Technol*. 2023;15:4073-4083. doi: 10.1007/s41870-023-01497-z
- Hesse N, Pujades S, Black M, Arens M, Hofmann U, Schroeder S. Learning and tracking the 3D body shape of freely moving infants from RGB-D sequences. *IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell*. 2020;42(10):2540-2551. doi: 10.1109/TPAMI.2019.2917908
- Tsuji T, Nakashima S, Hayashi H, et al. Markerless Measurement and evaluation of general movements in infants. *Sci Rep*. 2020;10. doi: 10.1038/s41598-020-57580-z
- Reich S, Zhang D, Kulvicius T, et al. Novel AI approach to classify infant motor functions. *Sci Rep*. 2021;11. doi: 10.1038/s41598-021-89347-5
- Devarajan R, Khader S. Pose Sequence-Aware Generative Adversarial Network for Augmenting Skeleton Sequences to Improve Cerebral Palsy Detection by Deep Learner. *Int J Intell Eng Syst*. 2023;16(5):512-522. doi: 10.22266/ijies2023.1031.44
- Gong X, Li X, Ma L, et al. Preterm infant general movements assessment via representation learning. *Display*. 2022;74. doi: 10.1016/j.displa.2022.102308
- Wu Q, Guangua X, Wei F, Chen L, Zhang S. RGB-D Videos-Based Early Prediction of Infant Cerebral Palsy via General Movements Complexity. *IEEE Access*. 2021;9. doi: 10.1109/ACCESS.2021.3066148
- Ni H, Xue Y, Ma L, Zhang Q, Li X, Huang S. Semi-supervised body parsing and pose estimation for enhancing infant general movement assessment. *Med Image Anal*. 2023;83. doi: 10.1016/j.media.2022.102654
- Tacchino C, Impagliazzo M, Maggi E, et al. Spontaneous movements in the newborns a tool of quantitative video analysis of preterm babies. *Comput Methods Programs Biomed*. 2021;199. doi: 10.1016/j.cmpb.2020.105838
- Doroniewicz I, Ledwon D, Affanasowicz A, et al. Writhing movement detection in newborns on the second and third day of life using pose-based feature machine learning classification. *Sensors (Basel)*. 2020;20. doi: 10.3390/s20215986
- Schroeder S, Hesse N, Weinberger R, et al. General Movement Assessment from videos of computed 3D infant body models is equally effective compared to conventional RGB video rating. *Early Hum Dev*. 2020;144. doi: 10.1016/j.earlhumdev.2020.104967
- Kwong A, Eeles A, Olsen J, Cheong J, Doyle L, Spittle A. The Baby Moves smartphone app for General Movements Assessment: Engagement amongst extremely preterm and term-born infants in a state-wide geographical study. *J Paediatr Child Health*. 2019;55:548-554. doi: 10.1111/jpc.14240
- Airaksinen M, Räsänen O, Ilén E, et al. Automatic posture and movement tracking of infants with wearable movement sensors. *Sci Rep*. 2020;10. doi: 10.1038/s41598-019-56862-5
- Baccinelli W, Bulgheroni M, Simonetti V, et al. Movidia: A Software Package for Automatic Video Analysis of Movements in Infants at Risk for Neurodevelopmental

- Disorders. *Brain Sci.* 2020;10(4). doi: 10.3390/brainsci10040203
35. Moccia S, Migliorelli L, Carnielli V, Frontoni E. Preterm infants' pose estimation with spatio-temporal features. *IEEE Trans Biomed Eng.* 2019;2370-2380. doi: 10.1109/TBME.2019.2961448
36. Doroniewicz I, Ledwon D, Danch-Wierzchowska M, et al. Temporal and spatial variability of the fidgety movement descriptors and their relation to head position in automatized general movement assessment. *Acta Bioeng Biomech.* 2021;23(3):69-78. doi: 10.37190/ABB-01839-2021-02
37. Svensson K, Örtqvist M, Bos A, Eliasson A, Sundelin H. Usability and inter-rater reliability of the NeuroMotion app: A tool in general movements assessments. *Eur J Paediatr Neurol.* 2021;33:29-35. doi: 10.1016/j.ejpn.2021.05.006
38. Raghuram K, Orlandi S, Church P, Luther M, Kiss A, Shah V. Automated Movement Analysis to Predict Cerebral Palsy in Very Preterm Infants: An Ambispective Cohort Study. *Children* (Basel). 2022;9(6). doi: 10.3390/children9060843
39. Soualmi A, Ducottet C, Patural H, Giraud A, Alata O. A 3D pose estimation framework for preterm infants hospitalized in the neonatal unit. *Multimed Tools Appl.* 2023. doi: 10.1007/s11042-023-16333-6
40. Catalá-López F, Stevens A, Garritty C, Hutton B. Revisiones rápidas para la síntesis de la evidencia. *Med Clí (Barc).* 2017;148(9):424-428. doi: 10.1016/j.medcli.2016.12.016

VERSION PRELIMINAR