



RIDUNAJ
Repositorio Institucional
Digital UNAJ



Tesis de Posgrado

Rosendo, Nestor Hugo

Utilización de la evaluación de movimientos generales para predicción de parálisis cerebral en una muestra de bebés prematuros

2023

*Institución: Universidad Nacional Arturo
Jauretche*

Carrera: Maestría en Neurociencias



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons.
Atribución – no comercial – sin obra derivada 4.0
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Documento descargado de RID - UNAJ Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional Arturo Jauretche

Cita recomendada:

Rosendo, N. H. (2023). *Utilización de la evaluación de movimientos generales para predicción de parálisis cerebral en una muestra de bebés prematuros* [tesis de maestría, Universidad Nacional Arturo Jauretche]. Disponible en RID - UNAJ Repositorio Institucional Digital UNAJ

<https://biblioteca.unaj.edu.ar/rid-unaj-repositorio-institucional-digital-unaj>

Carrera de Maestría en Neurociencias

Título del trabajo:

Utilización de la evaluación de movimientos generales para predicción de parálisis cerebral en una muestra de bebés prematuros

por:

Kinesiólogo Nestor Rosendo

Tesis para optar por el Título de Magíster en Neurociencias

de la

UNIVERSIDAD NACIONAL ARTURO JAURETCHE

Directores de la Tesis: Dra. Agustina Vericat- Dr. Ramiro Freudenthal

11 de septiembre de 2023

Índice

Declaración del autor.....	4
Agradecimientos.....	5
Resumen.....	6
1.Introducción.....	7
1.1Antecedentes.....	7
1.2 Factores de riesgo perinatales que presentan influencias en el neurodesarrollo.....	8
1.3 Impacto de la prematuridad en la salud pública.....	8
1.4 Relevancia de la investigación.....	9
2.Marco teórico.....	10
2.1 Sustrato neurobiológico que justifica la evolución de los movimientos en los niños prematuros.....	10
2.2 Qué son los movimientos generales y cuál su valor predictivo de la parálisis cerebral.....	11
2.3 Relevancia de los trastornos motores severos en niños prematuros.....	14
2.4 Métodos diagnósticos disponibles para detectar parálisis cerebral.....	15
2.5 Perspectivas de combinar la evaluación de movimientos generales con tecnología.....	16
3. Pregunta de investigación y objetivos.....	17
3.1 Objetivo general.....	18
3.2 Objetivos específicos.....	18
4. Materiales, métodos y tipo de estudio.....	18
4.1 Tipo de estudio y diseño.....	18
4.2 Métodos.....	18
4.3 Materiales.....	20
4.4 Variables.....	20
4.5 Descripción del ámbito de estudio.....	22
4.6 Población.....	22
4.6.1 Universo o población objetivo.....	22
4.6.2 Unidad de análisis. Criterios de inclusión y exclusión.....	22
4.6.3 Población accesible. Muestra. Selección y tamaño de la muestra.....	22
4.7 Análisis de los datos.....	22
4.8 Recursos disponibles.....	23
5.Resultados.....	23
5.1 Reclutamiento.....	23
5.2 Características de la muestra.....	24
5.3 Análisis primarios.....	27
5.3.1 Presentación de PC en población de niños prematuros.....	27
5.3.2 Asociación entre antecedentes perinatales y presentación de PC.....	27

5.3.3 Asociación entre valoración cuantitativa de los videos y antecedentes de Apgar <5.....	30
5.3.4 Asociación entre valoración cuantitativa y predicción de PC.....	31
5.4 Hallazgos adicionales.....	34
6. Discusión	
6.1 Prevalencia de PC en niños prematuros.....	37
6.2 Asociación entre menor edad gestacional y la parálisis cerebral.....	38
6.3 Influencias entre bajo peso al nacer y la parálisis cerebral.....	38
6.4 Asociación entre niños con Apgar menor a 5 al nacer y la manifestación de la PC.....	39
6.5 Asociación entre hemorragia cerebral evaluada con ecografía cerebral y PC.....	40
6.6 Asociación entre LPV evaluada con ecografía cerebral y PC.....	41
6.7 Asociación entre tipo de parto y PC.....	41
6.8 Asociación entre sexo y PC.....	41
6.9 Asociación entre valoración cuantitativa de los GMs y los niños con antecedentes de Apgar <5 , los niños con menor edad gestacional y los que tenían peso < a1500 g....	42
6.10 Identificación de movimientos anormales por medio de tecnología de reconocimiento de movimientos o video tracking.....	42
7. Contribuciones y limitaciones.....	42
8. Resguardos éticos.....	43
9. Referencias	43
10. Anexos.....	52
10.1 Consentimiento informado.....	52
10.2 Ejemplo de trayectorias.....	54
10.3 Escala de evaluación cuantitativa simplificada.....	55

DECLARACIÓN DEL AUTOR

Este documento de Tesis ha sido presentado y aprobado como parte de los requisitos para obtener el grado académico de Magíster en Neurociencias ante la Universidad Nacional Arturo Jauretche. Un ejemplar del mismo ha sido remitido e indexado en la Biblioteca del Instituto de Ciencias de la Salud para que esté disponible a sus lectores bajo las condiciones estipuladas por el Reglamento de la mencionada Biblioteca.

Citas breves de este documento son permitidas sin necesidad de un permiso especial, siempre y cuando la fuente sea correctamente referida. Citas extendidas o la reproducción total o parcial de este manuscrito sólo podrán realizarse previa autorización del portador legal del derecho de propiedad intelectual del mismo.

Agradecimientos

Esta obra está dedicada en primer lugar a mis padres que ya no están conmigo, pero seguramente estarían orgullosos de este logro.

A mi incondicional esposa Andrea y a mi hijo Francisco por el apoyo constante durante el tiempo de estudio y escritura de este manuscrito.

A Maricel Mimiza y a Natascia Bertoncelli que participaron en la supervisión de varios de los videos.

A la estimada Patricia Suarez que me acompañó estoicamente todos los martes, en mi recorrida por la sala de Neonatología del Hospital San Roque de Gonnet.

A todos los colegas y amigos a los que les fui contando parte del contenido y me ayudaron a mejorarlo, especialmente a mis compañeros del Hospital de Pediatría Sor María Ludovica.

A mis directores Agustina Vericat y Ramiro Freudenthal por su dedicación, sugerencias, correcciones y propuestas para que este trabajo vaya tomando fuerza.

A los miembros del jurado que realizaron comentarios y sugerencias para mejorar este trabajo.

Al equipo del IDIP que me asesora y revisa todos los aspectos de las investigaciones, especialmente a Victoria Fassano por todo el trabajo de análisis estadístico.

A Viridiana Pistorio que revisa y mejora todos mis proyectos escritos.

Al equipo de docentes y directivos de la Maestría en Neurociencias de la UNAJ y a la UNAJ entera a la cual pertenezco por haberme brindado la oportunidad de participar de esta Maestría de tanta calidad.

La parálisis cerebral continúa siendo la secuela más común de todos los trastornos del desarrollo, especialmente entre quienes nacen prematuramente. Realizar detección precoz conlleva múltiples beneficios para el niño y su familia, ya que permite su incorporación temprana al tratamiento, incrementando la posibilidad de efectos positivos del mismo. Métodos: estudio analítico, prospectivo y longitudinal, de prematuros ingresados en UCIN de dos hospitales de La Plata entre el 1° de enero y el 30 de junio de 2022. En este trabajo a partir del uso de la evaluación de los movimientos generales de 39 niños hallamos n=12 (30,7%) que presentaban movimientos fidgety ausentes, predictores de la parálisis cerebral. En relación con el peso de estos, la media al nacer fue de $1105,8 \pm 405,1$ g y el 92 % de ellos nació con peso menor a 1500 g. La edad gestacional media de la población con movimientos anormales fue $28,6 \pm 2,8$ semanas y con el antecedente de un valor del Apgar a los 5 minutos < 5 , para el 50% de ellos. Como complemento de la valoración cualitativa de los movimientos generales utilizamos una escala de valoración cuantitativa simplificada y comparamos los resultados. Exploramos la posibilidad de utilizar video tracking para analizar el tipo de movimientos en dos caos diferentes.

Conclusiones: dada la falta de registros a nivel nacional es un aporte para conocer la prevalencia de la parálisis cerebral y destaca la importancia de la detección y la intervención precoz para disminuir una de las morbilidades motoras más comunes en los niños prematuros.

Utilización de la evaluación de movimientos generales para predicción de parálisis cerebral en una muestra de bebés prematuros

1.Introducción

1.1 Antecedentes

Los niños nacidos antes de las 37 semanas de gestación son considerados prematuros. Esta condición, especialmente para aquéllos cuyo peso ha sido menor a 1500 g implica una gran vulnerabilidad a injurias en varios sistemas, debido a su inmadurez y a la presencia de otras comorbilidades (Duncan & Matthews, 2018; Longo et al., 2021). Uno de los sistemas más perjudicados es el sistema nervioso central que puede presentar lesiones de distinta gravedad con secuelas a corto y largo plazo (Volpe, 2009).

La identificación del posible compromiso del sistema nervioso a temprana edad se presenta como un desafío desde hace muchos años en el campo de la neurología. La detección temprana permite intervenir en forma oportuna y así potenciar los grandes cambios que ocurren en la neuroplasticidad en los primeros años permitiendo mejorar la calidad de vida de los niños (Hadders-Algra, 2021; Hadders-Algra et al., 2017; Novak et al., 2017).

El trastorno del neurodesarrollo más frecuente en los nacidos prematuros es la parálisis cerebral (PC), que genera secuelas que incluyen entre el 25 y el 50% de déficits cognitivos y entre el 5 al 25% de déficits motores. La encefalopatía de la prematuridad es un término abarcador que incluye deterioro de la sustancia blanca peri-ventricular y la enfermedad neuronal-axonal, frecuentemente acompañada de lesiones en cerebelo, tálamo, ganglios basales y tronco encefálico; en una combinación de destrucción primaria e impedimentos en los mecanismos tróficos (Volpe, 2009; Volpe et al., 2011).

Existe actualmente amplio consenso sobre la importancia de diagnosticar precozmente las alteraciones motoras del neurodesarrollo de los niños, para que accedan a programas de intervención temprana dentro de su primer año de vida. Esta recomendación se basa en que por un lado su cerebro se encuentra en un período muy sensible y con gran potencial para contrarrestar las secuelas por la enorme plasticidad cerebral, y además, permite brindar apoyo a las familias de los niños que necesitan orientación para facilitar la crianza de sus hijos (Hadders-Algra et al., 2017; Schmidt et al., 2019; A. Spittle et al., 2015).

Para la identificación temprana de los niños que podrían presentar trastornos motores severos, se han utilizado distintas herramientas. Una de ellas es la evaluación de los Movimientos Generales de Prechtl (MGs), con una sensibilidad del 98 %, que permite detectar precozmente

trastornos motores antes de los 5 meses de vida si se la utiliza con una historia clínica detallada del niño (Novak et al., 2017).

1.2. Factores de riesgo perinatales que presentan influencias en el neurodesarrollo

Los principales factores de riesgo que presentan influencias en el neurodesarrollo se clasifican en prenatales, perinatales y postnatales. Dentro de los prenatales se destacan afecciones maternas y propias del embarazo como diabetes e hipertensión gestacional, afecciones obstétricas, edad materna inferior a 20 o mayor a 40, abuso de drogas, el retardo de crecimiento intrauterino (RCIU), embarazo gemelar; dentro de las perinatales se consignan presentar bajo peso al nacer, deprimido al nacer, obtener un puntaje de Apgar menor a 5 conocido como niño deprimido al nacer (Duncan & Matthews, 2018). La puntuación de Apgar es un índice de vitalidad de 0 a 10 asignado a prácticamente todos los recién nacidos al minuto, a los cinco y a los diez minutos de nacer. La puntuación se basa en medidas de la frecuencia cardíaca, el esfuerzo respiratorio, el color de la piel, el tono muscular y la irritabilidad refleja. Una puntuación total de 7-10 se considera "normal", y una puntuación de Apgar más baja indica una vitalidad deprimida. Existe evidencia que reconoce la asociación entre el puntaje menor a 5 en los primeros 5 minutos y la parálisis cerebral (Persson et al., 2018; Watterberg et al., 2015).

Con relación al impacto del bajo peso al nacer y el desarrollo del sistema nervioso, los niños con bajo peso al nacer presentan disminución de volumen del cerebro, cerebelo, cuerpo calloso y estructuras subcorticales. Esta disminución del volumen estructural sería el causante a corto y a largo plazo de alteraciones en el comportamiento, la atención, la respuesta a estímulos visuales, auditivos y los problemas cognitivos responsables a su vez del déficit en el funcionamiento del control motor. Estos niños con bajo peso al nacer presentan fluctuaciones del flujo sanguíneo cerebral que suele provocar hemorragias en capilares de la matriz germinal subependimaria. Esta matriz está situada en el piso de los ventrículos laterales donde se originan los neuroblastomas y la glía para lo cual requiere estar altamente vascularizada. Es una estructura transitoria que desarrolla mucha actividad entre las semanas 10 y 26, y desaparece en la semana 36-37 (Egesa et al., 2021; Kostović et al., 2015).

Estos hallazgos se basan en estudios previos de Kostovic quien analizó con diferentes técnicas cerebros postmortem humanos y de roedores a los que realizó imágenes de resonancia magnética. Con este análisis demuestra la relación causal entre eventos histogénicos que ocurren en el cerebro a partir de la semana 22 y las lesiones cerebrales compatibles con PC, como así también con autismo, esquizofrenia y epilepsia (Kostović et al., 2014).

Entre los factores posnatales, se consideran de riesgo: la hemorragia intraventricular (HIV), la leucomalacia periventricular (LPV), la enterocolitis necrotizante, y la presencia de sepsis precoz, meningitis o convulsiones en periodo neonatal (Duncan & Matthews, 2018; Longo et al., 2021). La hemorragia intraventricular de la matriz germinal (HIVM) es la mayor complicación de la prematuridad, está presente entre el 14% y el 45% de los niños prematuros, está inversamente asociada con la edad gestacional y el peso al nacer, y no tiene un tratamiento específico. En algunos casos son asintomáticas y en otros manifiestan convulsiones, parálisis cerebral, apneas y otros síntomas (Egesa et al., 2021).

Otro de los factores que pueden asociarse a la hemorragia suele ser la leucomalacia periventricular (LPV) que es la necrosis de la sustancia blanca cerca de los ventrículos laterales, y es el patrón de lesión característico que se observa en la parálisis cerebral asociada a la prematuridad. La LPV puede ser difusa, focal o multifocal, quística o no quística y deja secuelas provenientes del daño en sustancia blanca (Graham et al., 2022).

Todavía hacen falta más estudios para determinar cuáles son las contribuciones directas de los factores sociales y biológicos sobre los resultados a largo plazo en el neurodesarrollo de los niños prematuros.

1.3 Impacto de la prematuridad en la salud pública

Los nacimientos prematuros se estiman en un 10% de todos los recién nacidos vivos en Argentina y generan gran preocupación para la salud pública ya que son la principal causa de muerte y comorbilidades en menores de 5 años (Rodríguez J-Edición Fundación Garrahan-, n.d.). Se definen como prematuros a los niños nacidos antes de las 37 semanas de gestación y se clasifican dependiendo de la edad gestacional como moderados y tardíos a los nacidos después de la semana 32 y en muy prematuros y prematuros extremos a los nacidos antes de la semana 32. Los muy prematuros y extremos son los que presentan mayores riesgos comparados con los nacidos con más de 32 semanas. En los últimos 20 años los avances en los cuidados perinatales han incrementado la supervivencia de los niños prematuros de muy baja edad gestacional. Debido a la multicausalidad de la prematurez, a la inmadurez de varios sistemas y a la presencia de otras comorbilidades, se recomienda que ingresen a programas de seguimiento y sean evaluados individualmente en distintas áreas del desarrollo (McIntyre et al., 2011; Novak et al., 2017).

El sistema nervioso central es uno de los sistemas más afectados en esta población y puede presentar lesiones de distinta gravedad con secuelas a corto y largo plazo. La identificación del posible compromiso del sistema nervioso a temprana edad es un desafío desde hace muchos

años en el campo de la neurología. Su detección temprana permitiría intervenir en forma oportuna, y así potenciar los grandes cambios que ocurren en la neuroplasticidad en los primeros años los cuales permiten mejorar la calidad de vida de los niños (Hadders-Algra et al., 2017; Hadders-Algra, 2021; A. Spittle et al., 2015).

1.4.Relevancia de la investigación

El niño prematuro es muy vulnerable en sí mismo. En muchas ocasiones se agregan comorbilidades que pueden expresarse en forma de secuelas en distintas áreas del desarrollo, como la conducta, la sensorial o la motora. Estas requieren intervenciones individualizadas, que previamente deben ser planificadas en función de evaluaciones específicas.

Con esta investigación se contribuirá a incrementar el conocimiento sobre indicadores tempranos de trastornos graves del neurodesarrollo, dentro de los cuales la parálisis cerebral es la más común de todas. En este trabajo también se propone evaluar nuevas aplicaciones disponibles, se trata de la utilización de software para complementar con el análisis de los videos en forma estándar, y así ampliar la cantidad de datos obtenidos, para beneficiar a mayos cantidad de niños/as.

El niño/a, su familia y la comunidad se verán ampliamente beneficiados si podemos identificar tempranamente la parálisis cerebral, de modo de disminuir el impacto de las secuelas de la prematurez, a la vez que se logra la incorporación a la sociedad con plenitud de derechos y con la más alta calidad de atención.

2-Marco teórico

2.1 Sustrato neurobiológico que justifica la evolución de los movimientos en los niños prematuros

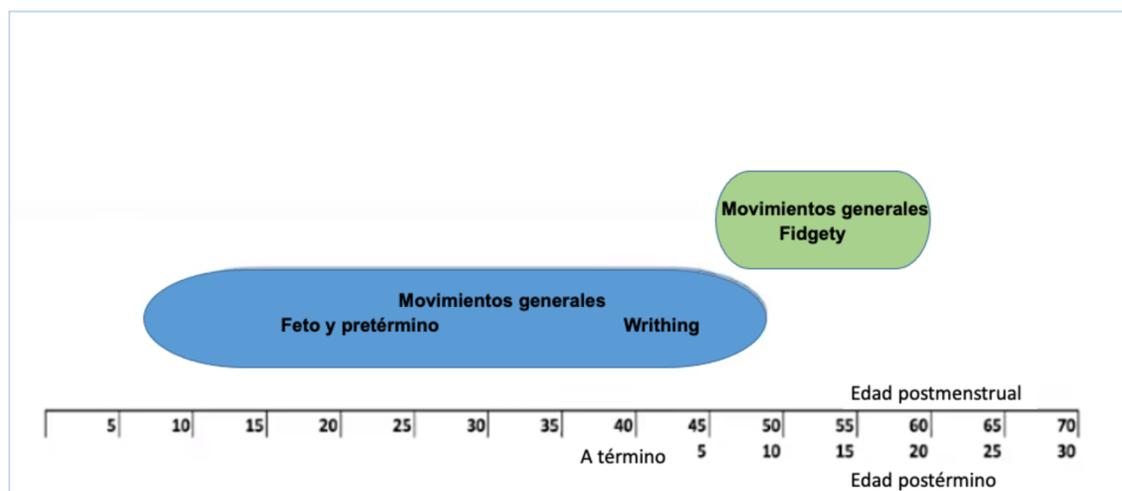
Para comprender la transformación de la actividad motora desde el nacimiento hasta el primer año de vida, se requiere tener en cuenta los cambios que ocurren en el desarrollo del sistema nervioso central. Los cambios más significativos en el cerebro se producen durante la segunda mitad de la gestación y los tres primeros meses después del parto, en particular en la región que corresponde a la subplaca cortical y al cerebelo. En ese periodo se distinguen dos fases de desarrollo: a) la fase de la subplaca cortical transitoria, presente principalmente desde los primeros meses de vida fetal hasta los tres meses postnatal y posteriormente, b) la fase en la que dominan los circuitos permanentes (Hadders-Algra, 2018b, 2018a; Kostović et al., 2014, 2015).

Esta transformación de la arquitectura del cerebro y del cerebelo tiene enorme influencia sobre los movimientos que se observan en los niños prematuros. Durante ese período de tiempo, cualquier alteración en el ensamblaje que realiza el sistema nervioso, es probablemente la responsable de trastornos severos del neurodesarrollo como son la parálisis cerebral y los trastornos del espectro autista (Hadders-Algra, 2018a, 2018b). Esto ha podido comprobarse, por un lado, realizando estudios histológicos de la corteza cerebral y cerebelosa, en las que han analizado los procesos de neurogénesis, migración y apoptosis neuronales. También a través de resonancias magnéticas funcionales en estados de descanso en fetos, desde las semanas postmenstrual 20 a 38, en niños en los que estudiaron los niveles de conectividad inter e intra hemisféricas (Hadders-Algra, 2018b; Lühinger et al., 2008). Esta enorme actividad estructural y funcional que se desarrolla en el cerebro en los últimos meses de gestación lo hacen más vulnerable a injurias de todo tipo, de ahí parte la necesidad de monitorear por medio de evaluaciones estandarizadas cómo avanzan estos procesos tan complejos involucrados en el desarrollo motor del niño (Hadders-Algra, 2018b).

2.2 Qué son los movimientos generales y cuál su valor predictivo de la parálisis cerebral

A partir de la 8^a-10^a semanas de edad postmenstrual se han detectado movimientos de todo el cuerpo por medio de ecografías ultrasónicas intravaginales y de resonancia magnética dinámica (Lühinger et al., 2008; Mailath-Pokorny et al., 2012). Estos estudios que suelen realizarse de la semana 18 en adelante en gestantes sin mayores riesgos, nos brindan imágenes en tiempo real y permiten ver entre 5 y 20 imágenes por segundo con alta definición. En estos y otros trabajos se han basado los doctores Prechtl y Einspieler (Einspieler, 2008; Einspieler & Prechtl, 2005) para identificar algunos tipos de movimientos que se distinguen de los muchos movimientos que realiza un feto intraútero y que tienen continuidad en el desarrollo hasta los cinco meses postnatales, a los cuales denominó movimientos generales (MGs) (**Figura 1**).

Figura 1 Desarrollo temporal de los movimientos generales



Estos MGs se destacan de otros tipos de movimientos que realiza el feto como son: sobresaltos, bostezos, succión, hipo, movimientos aislados de piernas y brazos, etc, ya que son más frecuentes en ocurrir y con patrones más complejos. Asimismo, incluyen una secuencia variable de movimientos de piernas, brazos, cuello y tronco, que aceleran y disminuyen en intensidad, fuerza y velocidad con un comienzo y final gradual (**Tabla 1a**). Las rotaciones de las extremidades y los delicados cambios de dirección de los movimientos los hacen más fluidos y elegantes, expresando así complejidad y variabilidad (Einspieler et al., 2008, 2019; Einspieler & Prechtl, 2005). Por otro lado, también existe evidencia de que se manifiestan estereotipados y rígidos y pierden su complejidad si el sistema nervioso está dañado (Einspieler, 2008). (**Tabla 1b**)

Tabla 1a. Movimientos Writhing (contorsión) e/ semanas 20 y 46 postconcepcional

Normales	<ul style="list-style-type: none"> • complejos e involucran todo el cuerpo con rotaciones • fluidos con principio y final gradual • variables en fuerza y velocidad
Anormales	<ul style="list-style-type: none"> • PR monótonos • RS sin fluidez, espasmódicos y con rigidez sincronizada • C caóticos

PR: pobre repertorio; RS: rigidez sincronizada; C: caótico

Características de los movimientos Writhing normales y anormales

Tabla 1.b Movimientos Fidgety (ajetreo) e/ semanas 9 y 20 postérmino

Normales	<ul style="list-style-type: none">• pequeña amplitud y velocidad moderada• aceleración variable en 3 planos• movimientos semicirculares de muñeca y tobillos• participa todo el cuerpo cabeza y tronco
Anormales	<ul style="list-style-type: none">• F-: ausencia de Fidgety normal• F+: amplitud y velocidad muy exagerados

F- : no manifiesta movimientos normales; F+ manifiesta movimientos muy exagerados

Características de los movimientos Fidgety normales y anormales

En el desarrollo típico, la integridad de las complejas redes corticales-subcorticales, y la conectividad de la sustancia blanca y la transitoria subplaca cortical, juegan un rol dominante en la presencia temporal de los movimientos generales, en los últimos meses de gestación y los primeros 3 meses de vida posnatal. La actividad cortical en las cortezas sensoriomotoras primarias se desplaza de la subplaca a la placa cortical, genera así modificaciones en la conectividad entre los 3 y los 5 meses de edad corregida y esto se pone de manifiesto en la evaluación de los movimientos fidgety o de ajetreo (Hadders-Algra, 2018b, 2018a).

Prechtl y Einspieler (Einspieler et al., 2008) sugieren que los MGs surgen del generador central de patrones que se encuentra en tronco encefálico y médula espinal; son generados en forma endógena sin requerir estímulos, como respuesta ontogenética adaptativa y variable, según se van modificando las estructuras de la corteza cerebral. Estas modificaciones se manifiestan en cambios temporales de los movimientos, los cuales se denominan: a) movimientos generales de pretérmino: a partir de la semana 8 postconcepcional a la edad de término, b) movimientos de contorsión o writhing en niños de término hasta la semana 6-9 postérmino y gradualmente desaparecen para dar lugar a los c) movimientos de ajetreo o fidgety, los cuales estarán presentes hasta los 5 meses aproximadamente, cuando los movimientos voluntarios y anti gravitatorios progresivamente van tomando el control del movimiento(Einspieler et al., 2008; Einspieler & Prechtl, 2005).

También se ha demostrado que estos movimientos generales son una “ventana” al cerebro en desarrollo y los han utilizado como una herramienta de evaluación de la calidad de los movimientos emergentes, debido a su sencilla utilización y su bajo costo (Einspieler et al., 2008, 2019). La sensibilidad es del 98% en detectar precozmente trastornos motores antes de los 5 meses de vida, cuando se los utiliza junto con una historia clínica detallada del niño (Barbosa et al., 2021; Glass et al., 2021; Novak et al., 2017)

Sumada a la valoración cualitativa de los MGs, se han publicado algunos trabajos en los que han desarrollado un score motor óptimo utilizando calificaciones cuantitativas. Este score es llamado General Movement Optimally Score (GMOS), en algunos casos utilizado para calificar solamente a los movimientos fidgety o de ajeteo (Crowle et al., 2023, Einspieler et al., 2019) y en otros casos el score lo han aplicado para registrar los movimientos writhing o de contorsión (Einspieler et al., 2016). También en esa línea de valoración cuantitativa, Aizawa y Einspieler proponen una lista de chequeo para obtener un score y analizar tanto los movimientos writhing como los fidgety (Aizawa et al., 2021). Este score cuantitativo muestra un fuerte correlato para identificar el tipo y la severidad de la PC cuando lo han utilizado junto con la escala de Gross Motor (Barbosa et al., 2021; Einspieler et al., 2016)

Estas escalas cuantitativas de score motor óptimo presentan la desventaja de que son complejas de utilizar y que aún no hay un score unificado, algunas tienen un score máximo que varía entre 26 y 44 puntos dependiendo a cual se refiera. Por esta razón y a propósito de esta investigación hemos desarrollado una escala de evaluación cuantitativa y simplificada que parte desde 0 a 18 puntos totales y evalúa 6 ítems en el momento de analizar los videos. **(Anexo 10.3)**

2.3 Relevancia de los trastornos motores severos en niños prematuros

Los niños prematuros presentan comorbilidades motoras, sensoriales y conductuales cuando se los compara con los niños nacidos a término. Dentro de los trastornos motores, existe una mayor prevalencia de parálisis cerebral, y este riesgo se incrementa a medida que disminuye la edad gestacional (Chung et al., 2020). La principal causa es la encefalopatía del prematuro, que genera secuelas y es la responsable de que entre 5% al 25% de los niños prematuros manifiesten déficits motores (A. Spittle et al., 2015; Volpe, 2009). La encefalopatía del prematuro es provocada por lesiones en la sustancia blanca periventricular y frecuentemente está acompañada por lesiones en cerebelo, tálamo, ganglios basales y tronco encefálico, en una combinación de destrucción primaria y de impedimentos en los mecanismos tróficos (Volpe et al., 2011).

Existe actualmente un amplio consenso sobre las ventajas que presenta el diagnóstico precoz en esta población, lo cual permite ofrecer programas de intervención temprana dentro de su primer año de vida (Hadders-Algra et al., 2017). Esta recomendación se basa en que, por un lado, su cerebro se encuentra en un período de grandes cambios estructurales y funcionales, con gran potencial para contrarrestar las secuelas debido a la enorme plasticidad cerebral. Por otro lado, la detección precoz tiene por objeto brindar apoyo a las familias de los niños que necesitan orientación y participación en la crianza de sus hijos (A. Spittle et al., 2015).

2.4 Métodos diagnósticos disponibles para detectar parálisis cerebral

La parálisis cerebral es la discapacidad más común en la infancia, según las fuentes y los países puede variar del 1% al 3% de los niños nacidos vivos e incrementar este rango entre 8% y 40% en niños prematuros extremos (Bosanquet et al., 2013). Abarca un grupo de síndromes que presentan trastornos permanentes del desarrollo del movimiento y la postura, que causan una limitación de la actividad, y que se atribuyen a alteraciones no progresivas ocurridas en el desarrollo del cerebro del feto o del niño. A menudo estos desórdenes son secundarios a lesiones o anomalías del cerebro, surgen en las primeras etapas del desarrollo, van modificando su expresión y provocan limitaciones en el desempeño y las actividades de la vida diaria del niño (Graham et al., 2022).

Es poco clara la etiología en el 80% de los casos y como ya hemos mencionado existen factores de riesgo en los periodos pre, peri y posnatales, aunque nueva evidencia sugiere que el 14% tiene un fuerte componente genético, por lo cual el diagnóstico continúa basándose en criterios de hallazgos clínicos y neuroimágenes, en algunos casos se complementa con estudios metabólicos y/o genéticos (Graham et al., 2022; Novak et al., 2012). Con relación a los avances de los estudios moleculares y genéticos, nuevas pruebas sugieren que los marcadores epigenéticos relacionados con el entorno psicosocial, químico y físico al que está expuesta la madre y el entorno intra y extrauterino al que está expuesto el niño, son también predictivos y condicionantes de los resultados del neurodesarrollo, ya que años más tarde pueden resultar en efectos nocivos en el cerebro (Als et al., 2004; Oldenburg, Kirsi; OShea, 2020).

Grupos de expertos consideran actualmente que la detección de la parálisis cerebral puede realizarse antes de los cinco meses de edad postparto y que las tres herramientas con mayor validez predictiva para detectar la parálisis cerebral antes de los cinco meses de edad corregida son en primer lugar la evaluación cualitativa de los movimientos generales de Prechtl con 98% de sensibilidad (Einspieler et al., 2019; Seesahai et al., 2021). A continuación, en segundo lugar, encontramos el examen neurológico infantil de Hammersmith (HINE) (90% de sensibilidad) y en 3er lugar la resonancia magnética neonatal RM (86%-89% de sensibilidad) (Bosanquet et al., 2013; McIntyre et al., 2011; Novak et al., 2017).

Con respecto a utilización de la resonancia magnética para hallar biomarcadores de PC esta puede realizarse desde el nacimiento hasta los 3 meses durante el sueño natural del niño o con una dosis de sedación y envuelto en su nido de contención; ya después los 3 meses requiere anestesia general. Permite detectar lesiones tales como lesión difusa de sustancia blanca, deterioro de la mielinización, ventriculomegalia y cerca de los 2 años se han realizado tractografías donde detectaron disminuida fracción de anisotropía (Mailath-Pokorny et al., 2012;

A. J. Spittle et al., 2018). Para evaluar las lesiones difusas de la sustancia blanca que son las más comunes y las pequeñas lesiones hemorrágicas de pequeño tamaño en esta población, Novak y colaboradores recomiendan el uso de la resonancia magnética especialmente realizada con espectroscopía (RME) e imágenes con tensor de difusión (DTI) en el momento que el niño alcance la edad de término o sea a la semana 40 de edad postconcepcional (Ibrahim et al., 2018; Novak et al., 2017).

Por último, el Examen Neurológico Infantil Hammersmith conocido como HINE, es una evaluación estandarizada con 26 ítems, fácil de realizar y que permite evaluar niños entre los 2 y los 24 meses. Se obtiene un score entre 0 y 78 en total, evaluando 5 dominios, y tiene alta predicción de PC. Esta escala HINE puede combinarse con MGs a los 3 o 4 meses de edad corregida y esto mejora aún los resultados de predecir la PC (Maitre et al., 2016; Romeo et al., 2022). La evidencia de alta calidad también indica que una trayectoria de puntuaciones anormales de MGs o HINE, en combinación con una RMN anormal, si produce resultados congruentes, es incluso más precisa que las evaluaciones clínicas individuales aisladas (Novak et al., 2017; A. J. Spittle et al., 2018).

Otra herramienta diagnóstica de amplio uso dentro de las unidades de neonatología es la ecografía ultrasónica cerebral. La ecografía cerebral es una herramienta diagnóstica que presenta algunas ventajas ya que es una técnica no invasiva y no requiere sedación en los bebés, y puede hacerse al pie de la incubadora, pero presenta algunas limitaciones relacionadas con la subjetividad del operador y otras relacionadas con el dispositivo en sí mismo. Con respecto al dispositivo presenta escasa capacidad de resolución espacial de las pequeñas imágenes que podrían tener trascendencia clínica y que pasan inadvertidas por ejemplo en el caso de ciertas hemorragias (Ibrahim et al., 2018).

2.5 Perspectivas de combinar la evaluación de movimientos generales con tecnología

Junto con la evaluación de los MGs y valiéndose de los avances de lo que se conoce como aprendizaje profundo o deep learning (DL), en los últimos 10 años se ha desarrollado el análisis de videos por medio de distintas aplicaciones computacionales, mapeando puntos clave del cuerpo (Silva et al., 2021).

Sobre estas nuevas posibilidades actualmente no hay forma estandarizada de utilizar DL ni consenso sobre cuáles son los registros más convenientes. Algunos investigadores colocan un traje especial o una pechera con sensores sobre la misma y otros los instalan sobre la piel del bebé a estudiar. En otros casos se utiliza el análisis 2D con cámaras que rastrean partes del

cuerpo y las características de los patrones de movimientos que luego son procesados por algoritmos (Mathis et al., 2018; Reich et al., 2021).

Otras experiencias que se han publicado se basan en aplicaciones creadas para el teléfono celular. Basándose en esta tecnología, Adde L. y cols., crearon una aplicación que se llama In Motion, la cual instalaron en el teléfono de un grupo control de 86 padres. Esta aplicación permite seguir 7 puntos claves del cuerpo del niño y luego el equipo médico en colaboración con ingenieros procesan los datos obtenidos de los acelerómetros que contiene el software, y analizan los MG obtenidos por los padres (Adde et al., 2021). En otro estudio similar, Spittle propone utilizar otra aplicación para evaluar niños prematuros que se descarga en el teléfono móvil. Se les solicita a los padres que filmen a sus hijos para su posterior análisis basándose en la calidad de los movimientos generales (A. J. Spittle et al., 2016).

Todas estas aplicaciones basadas en la tecnología también tienen sus controversias. Einspieler y Silva (Silva et al., 2021) argumentan que los análisis computacionales aún no son capaces por sí solos de distinguir, como lo hace el ojo humano, entre distintos tipos de movimientos anormales, lo que les quita el valor pronóstico (Einspieler et al., 2019, 2020) y destacan que uno de los desafíos de los próximos años será trabajar y mantener comunicación entre los expertos en desarrollo y en MGs junto con ingenieros informáticos para garantizar la confiabilidad de los futuros modelos matemáticos (Silva et al., 2021).

Por otro lado, utilizar una combinación de evaluaciones estándar junto con DL a gran escala facilitaría la detección precoz y la pronta incorporación de niños a programas de intervención temprana. De este modo, se impacta directamente beneficiando al niño al favorecer la salud mental de la familia, que desde el inicio reciben consejo y participan en el tratamiento de sus hijos.

3. Pregunta de investigación y objetivos

¿Existe asociación entre la presentación de parálisis cerebral y la menor edad gestacional y/o menor peso al nacer en una población de niños prematuros de La Plata?

3.1 Objetivo general: determinar la prevalencia de parálisis cerebral en una muestra de niños prematuros de La Plata

3.2 Objetivos específicos

1. Identificar movimientos anormales predictores de PC en bebés prematuros
2. Conocer los principales criterios perinatales que están asociados con la PC
3. Comparar los resultados obtenidos por evaluación cualitativa estándar y evaluación cuantitativa con una escala de valoración simplificada
4. Aplicar video tracking en distintas partes del cuerpo para evaluar movimientos en niños con trayectorias de movimientos predictivos de PC y con movimientos no predictivos de PC niños prematuros de dos unidades de neonatología de La Plata

4- Materiales, métodos y tipo de estudio

4.1 Tipo de estudio y diseño

Se realizó un estudio de tipo analítico y longitudinal en el cual se evaluó a niños prematuros menores de 37 semanas provenientes de dos servicios de neonatología de la ciudad de La Plata.

4.2 Métodos

Entre enero y junio de 2022 el tesista concurre una vez por semana al Servicio de Neonatología del Hospital San Roque de Gonnet y dos veces por semana al Servicio de Neonatología del Hospital Ludovica de La Plata.

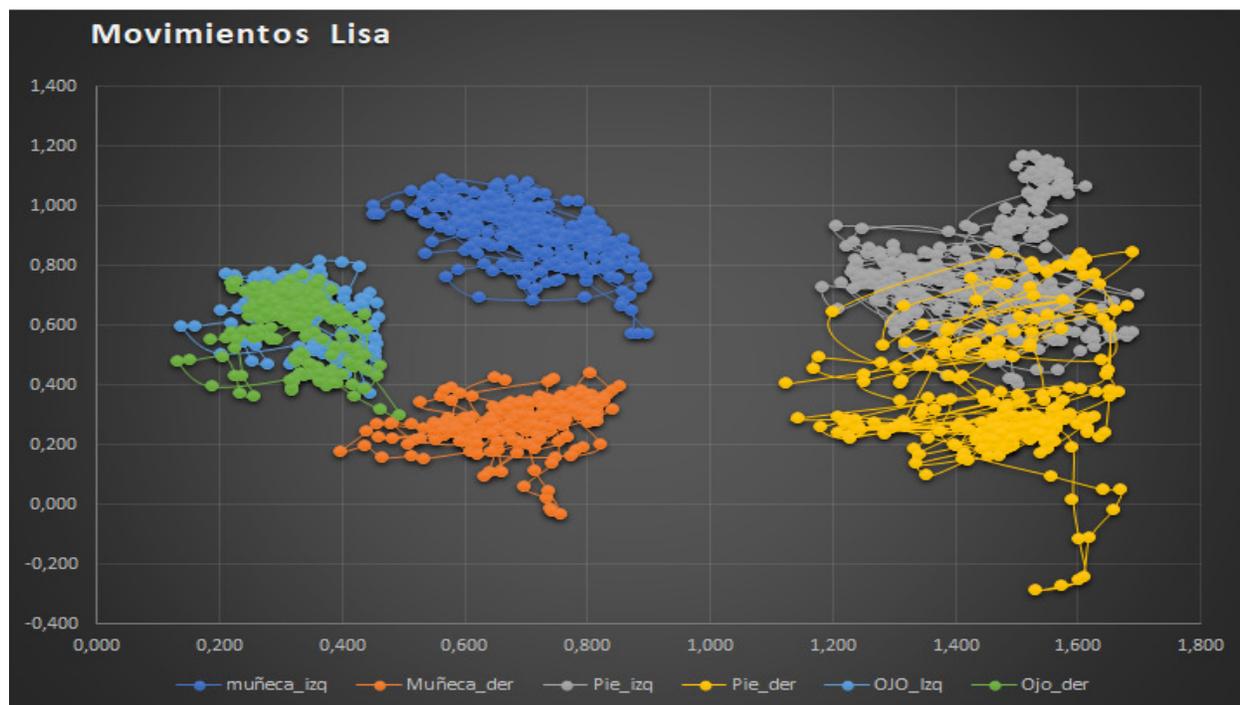
El tesista cuenta con la certificación de Movimientos generales GMA Trust en el año 2015 realizado en CABA y a cargo de los instructores Fabrizio Ferrari y Natascia Bertoncelli y en el año 2017 recategoriza el score interobservador validado por la Dra Bertoncelli.

Para este trabajo se realizaron entre 2 y 3 videos de 1 a 2 minutos de duración de cada bebé entre las semanas 32 y 40 realizadas dentro de la UCIN y otro en la semana 50y 60 realizada por los padres en su hogar o en consultorio de seguimiento para obtener la trayectoria de cada uno. Un total de treinta videos fueron analizados con evaluación cualitativa y cuantitativa.

Cada video se realizó desde arriba tomando el cuerpo completo del bebé en decúbito supino, (acostado boca arriba), en posición horizontal, en estado de vigilia con alerta tranquila, dejando al descubierto brazos y piernas, sin chupete, sin juguetes ni sonidos, ni personas que lo distraigan ni llamen su atención, pudiendo dejarle puesto un pañal o un chaleco que cubra solo el tronco y sin mover la cámara.

Luego de obtenido el video se realizaron dos tipos de evaluaciones. Inicialmente la categorización de los movimientos de cada bebé se agrupó en normales o anormales en forma

Fig. nº 12 Video tracking de niño con movimientos anormales predictores de parálisis cerebral



Ojo izquierdo-verde; ojo derecho-celeste; mano derecha-naranja; mano izquierda azul; pie derecho-gris; pie izquierdo-amarillo

6. Discusión

La evaluación de los movimientos generales es una herramienta utilizada para identificar tempranamente la parálisis cerebral en muchos países. Aún no es de uso corriente en Argentina. Esta evaluación cuenta con fuerte evidencia a su favor, que se ha ido acrecentando en estos últimos años, debido a su alta sensibilidad para detectar trayectorias anormales. También cuenta con alta especificidad para detectar niños con trayectorias que no desarrollan parálisis cerebral. Según estos resultados hallados considero que sería muy beneficioso incorporar de rutina esta evaluación, en todos los niños que nacen en forma prematura debido a que es una población que presenta alto riesgo de distintos trastornos del desarrollo.

6.1 Prevalencia de PC en niños prematuros

En este estudio se halló que la frecuencia de presentación de trayectorias de movimientos anormales, predictoras de parálisis cerebral en una muestra conjunta de dos unidades de neonatología durante 6 meses continuos fue del 30,7%, cifra mayor a la referida en la bibliografía encontrada. Por un lado, Volpe refiere que la prevalencia de PC es entre 5-10% (Volpe, 2009),

considerando a todos los menores de 37 semanas, pero que se incrementa hasta 20-30% en los prematuros con peso menor a 750g. También resulta una cifra mayor a la publicada por Spittle y colaboradores (A. J. Spittle et al., 2018) que hallaron un promedio de 7% considerando los niños entre 23 y 36 semanas de EG, edades gestacionales más bajas que las que hemos estudiado. Pierrat y colaboradores en Francia describen el seguimiento de 3083 niños prematuros desde su nacimiento hasta los 5 años, con edades gestacionales entre 22 y 34 y hallaron un 5,5 % de niños con PC (Pierrat et al., 2021). En otro estudio realizado en Virginia U.S.A. hallaron 19 % de niños con trayectorias de movimientos anormales, pero solo incluyeron en su estudio < a 32 semanas (Alonzo et al., 2022).

Nuestros datos nos permiten dividir 2 poblaciones de trayectorias de movimientos, los que predicen la PC (N=12) y los que no lo predicen (N=27). El hallazgo de 30,7% en la presentación de la PC es ciertamente mayor a lo publicado, y podría ser mayor aún si consideramos que 2 niños que fueron parte inicial de muestra luego resultaron excluidos al empeorar su condición clínica y necesitar ventilación mecánica, los cuales también desarrollaron parálisis cerebral.

La gran diferencia puede deberse a muchos motivos, uno de ellos podría ser relacionado con los controles y cuidados prenatales que reciben las madres en los países desarrollados donde se realizaron esos estudios versus los escasos controles y la vulnerabilidad socioeconómica de las familias del grupo en estudio. Otras causas podrían ser las comorbilidades que presentan los niños de nuestro grupo de estudio como así también problemas relacionados con cuestiones de diseño arquitectónico de las salas de neonatología, la falta de aislamiento que disminuye la sepsis y la falta de recurso humano para realizar los cuidados del desarrollo necesarios durante la internación. Al mismo tiempo, estos datos hallados son un llamado de atención para continuar con la detección precoz desde la unidad de neonatología.

6.2 Influencias entre menor edad gestacional y la parálisis cerebral

En el presente trabajo si tomamos en cuenta la edad gestacional postconcepcional se halló una fuerte correlación entre los niños con menores edades gestacionales con una media de 28,6 \pm 2,8 semanas y la detección de movimientos anormales. Este resultado es un poco más alto que los hallazgos de Oskoui y Coutinho (Oskoui et al., 2013) que refieren la mayor prevalencia encontrada en los < 28 semanas en un trabajo realizado en Canadá. Pero nuestros resultados son similares a los citados en el estudio Epipage 2ª cohorte donde la mayor prevalencia de PC se acentúa en los menores de 32 semanas y más pronunciada aún a medida que disminuye la edad gestacional en los menores de 28 semanas (Pierrat et al., 2021).

Con relación a la edad gestacional al nacer y la tasa de parálisis cerebral numerosos autores refieren que a menor edad gestacional las patologías neurológicas van en aumento (Pierrat et al., 2021; A. J. Spittle et al., 2018). Las razones que justifican la alta morbilidad se relacionan con la inmadurez que presentan los niños prematuros en todos sus órganos y los periodos vulnerables que atraviesa el sistema nervioso en particular. Por ese motivo la mayoría de los programas de seguimiento postnatal de niños prematuros, se centran en los niños nacidos con menos de 32 semanas.

6.3 Influencias entre bajo peso al nacer y la parálisis cerebral

Según la OMS el bajo peso al nacer es, en todo el mundo y en todos los grupos de población, el factor individual más importante que determina las probabilidades del recién nacido de sobrevivir y tener un crecimiento y desarrollo sano (World health statistics quarterly., 1980).

En la muestra estudiada en este trabajo el peso medio al nacer fue de $1105,8 \pm 405,1$ g en el grupo de niños que presentaron trayectorias de movimientos anormales, mostrando una diferencia significativa con el grupo que no presentaba movimientos anormales, que tenía un peso medio por encima de 1500g. Alrededor del 90% de los recién nacidos con peso < a 1500g presentarán alguna patología en el periodo neonatal, duplicando la cantidad de internaciones en el primer año de vida (A. J. Spittle et al., 2018).

De manera semejante en varias investigaciones han encontrado resultados similares reconociendo que en niños con peso al nacer < 1500 g y peor aún, en los de muy bajo peso o < a 1000 g, se incrementan las probabilidades de discapacidad (Özek & Kersin, 2020). Nuestros datos coinciden con esta evidencia, habiendo encontrado que el 91,7% de los niños con peso < a 1500g estaban dentro del grupo que presentaba movimientos anormales, predictores de PC. Dado el impacto que presenta el peso al nacer, se recomienda identificar a este grupo y derivar tempranamente a seguimiento y tratamiento (Novak et al., 2020).

6.4 Asociación entre niños con Apgar menor a 5 al nacer y la manifestación de la PC

El score de Apgar < a 5 a los 5 minutos de nacido, está entre los principales factores de riesgo biológico que más efectos adversos producen en el desarrollo de los recién nacidos, y se los conoce como deprimidos al nacer (MacLennan et al., 2015).

En la población estudiada, en el grupo de niños que presentó trayectoria de movimientos anormales predictores de PC (50,0%) tuvo como antecedente haber sido deprimido al nacer, a diferencia del estudio de García y colaboradores (García et al., 2013) hecho en España donde

encontraron asociación con el Apgar entre los niños menores de 1500g de peso al nacer cercano solo al 1% pero consideramos que se debe a que ese grupo de estudio valora al Apgar cuando alcanza 7 puntos y no 5, como en este estudio.

Porro y colaboradores en un estudio retrospectivo con 216 niños tampoco hallaron un efecto significativo entre el score de Apgar y los movimientos anormales (Porro et al., 2020). Por otro lado, el trabajo de Persson en una población de 1221 niños con PC en Suecia (Persson et al., 2018) encontraron fuerte asociación entre score de Apgar y PC pero con un porcentaje menor al nuestro, cercano al 18%.

Finalmente, Kallen en la publicación del grupo EXPRESS (Estudio observacional prospectivo de prematuros extremos de Suecia) (Källén et al., 2015) refieren que en el grupo de estudio que presentaba moderada o severa discapacidad física el porcentaje de niños que habían obtenido un score de Apgar bajo fue del 36.4%, la diferencia de este estudio con el nuestro es que solo incluyeron a los niños prematuros menores a 27 semanas.

Como conclusión el score de Apgar bajo a los 5 minutos es un predictor de PC para varios autores, pero nuestro resultado es mucho mayor al hallado en la bibliografía, probablemente por el sesgo de estudiar a niños pertenecientes a unidades que reciben niños que van de complejidad media a alta y con comorbilidades asociadas.

6.5 Asociación entre hemorragia cerebral evaluada con ecografía cerebral y PC

Para este estudio solo se consideró la ecografía cerebral ya que es el único estudio complementario de neuroimágenes de rutina disponible en ambas instituciones. En ninguna de las dos se suele utilizar la RM salvo en casos excepcionales de malformaciones cerebrales o presencia de hidrocefalia.

En este estudio utilizando la ecografía cerebral no hallamos asociación significativa en el grupo de TMA pred ya que solo 4 de los 12 niños presentaron ecografías patológicas (33,3%) de todos modos este resultado fue mayor que el hallado por Spittle que estudió 99 niños prematuros < 30 semanas de gestación y solo el 8% tenían hemorragia intraventricular de la matriz germinal (HIVM) (A. J. Spittle et al., 2013). Si hubiéramos podido realizar RM es posible que hubiéramos hallado correlación significativa con los niños con trayectoria de movimientos anormales.

Los resultados de nuestro estudio estarían en consonancia con Egesa que refiere que la incidencia global de la HIVM entre los niños prematuros tiene rangos entre 14.7% y 44.7% con considerables variaciones dependiendo la edad gestacional, las diferencias entre unidades de cuidados neonatales y también entre diferentes países (Egesa et al., 2021).

6.6 Asociación entre LPV evaluada con ecografía cerebral y PC

Ibrahim (Ibrahim et al., 2018) manifiesta las limitaciones que presenta la ecografía cerebral en la predicción de lesiones de la sustancia blanca debido a la incapacidad de los equipos de detectar lesiones menores a 3mm y por ser un estudio muy dependiente del operador, por lo que termina siendo un estudio que no alcanza a ser un buen predictor de PC.

En nuestro trabajo no se halló asociación entre la presencia de LPV evaluada por ecografía y la parálisis cerebral ya que solo 2 niños que representan un 16,7% de la muestra de niños con TMA predictores manifestaron la PC. Muy similar a los datos de Ma Yang (Ma et al., 2015) que hallaron 16,3%. Pero esto no significa que la LPV no tenga impacto en el neurodesarrollo sino las limitaciones que presenta el uso de la ecografía cerebral como lo afirman Graham, Rosenbaum y Patel quienes reconocen que la LPV es una lesión característica de la PC asociada a la prematuridad (Graham et al., 2022; Patel et al., 2020). Seguramente la diferencia se encuentre en que en los citados estudios se utilizan RMI con protocolos específicos cuando aquí su uso es muy poco común.

6.7 Asociación entre tipo de parto y PC

El parto por cesárea se ha visto incrementado en los últimos años y es un recurso válido y muy necesario cuando por distintos motivos existe amenaza de parto temprano durante el embarazo, por esta razón es lógico que estudiando esta población haya mayor cantidad de niños prematuros que nacen por cesárea. Pero en relación con la PC la utilización del parto por cesárea tampoco ha disminuido su prevalencia (MacLennan et al., 2015).

En este trabajo no hubo diferencias notables entre el tipo de parto y la PC en consonancia con el metaanálisis realizado por Michael O'Callaghan y MacLennan donde tampoco hallaron asociación significativa entre el parto por cesárea electiva y la PC (O'Callaghan & MacLennan, 2013).

6.8 Asociación entre sexo y PC

García P. y colaboradores hallaron mayor número de niños que de niñas entre los nacidos prematuros (García et al., 2013) pero en este caso hemos hallado un resultado distinto ya que no hallamos asociación entre varones nacidos prematuros y movimientos anormales al igual que Alonzo (Alonzo et al., 2022) que tampoco halló significancia estadística debido al género.

6.9 Asociación entre valoración cuantitativa de los GMs y los niños con antecedentes de Apgar <5, los niños con menor edad gestacional y los que tenían peso < a1500 g.

Con respecto a la valoración cuantitativa del repertorio motor, existen antecedentes de algunos trabajos que muestran un fuerte correlato con la manifestación de la PC y que podría ser utilizado para identificar tipo y severidad de la PC. Por un lado, Einspieler publicó un trabajo donde desarrollan un score motor óptimo para evaluar niños entre los 3 y los 5 meses (Einspieler et al., 2019) y junto con Aizawa desarrollaron una lista de chequeo para evaluar cuantitativamente los movimientos generales (Aizawa et al., 2021; Crowle et al., 2023).

En este estudio utilizando la escala de valoración cuantitativa simplificada se halló asociación positiva entre la valoración promedio de los videos de cada niño y la valoración cualitativa de la trayectoria especialmente en niños con edad gestacional < a 31 semanas y con pesos < a 1500 g.

6.10 Identificación de movimientos anormales por medio de tecnología de reconocimiento de movimientos o video tracking

En este estudio encontramos datos significativos utilizando tecnología de reconocimiento de movimientos en un niño que presentaba movimientos anormales predictores de PC y en otro con movimientos óptimos luego de analizar las imágenes. No se pudo avanzar debido a la complejidad y el tiempo que llevó dicho procesamiento de las imágenes y a sabiendas que para alcanzar un punto óptimo de reconocimiento que se realice automáticamente conocido como inteligencia artificial o machine learning habría que invertir más tiempo que el que se poseía para esta tesis.

Sobre este novedoso tema aún hay grandes divergencias en las opiniones de los investigadores. En un metaanálisis (Raghuram et al., 2021) concluyen que la sensibilidad de la tecnología para reconocer y predecir movimiento en forma automática todavía está por debajo de la sensibilidad que tiene la evaluación clínica.

De todos modos, creemos que vale la pena seguir intentando utilizar data tracking ya que a largo plazo es posible que los avances tecnológicos permitan procesar mayor cantidad de datos y a mayor velocidad que lo que podemos hacer diariamente.

7. Contribuciones y limitaciones

Como se ha mencionado en la introducción, hasta donde sabemos no existen registros de prevalencia de parálisis cerebral en la Argentina y tampoco trabajos publicados, por lo tanto, es de destacar que este sería el primer trabajo que determina la frecuencia de presentación de la parálisis cerebral en una muestra de dos hospitales de mediana y alta complejidad de la Provincia de Buenos Aires, en la que se estudió a la población de niños prematuros que ingresaron durante los primeros 6 meses del año 2022.

Creemos que con este trabajo realizamos un aporte para conocer cuanto impacta uno de los trastornos del desarrollo más comunes dentro de la población pediátrica en dos unidades de referencia de la Pcia. de Bs As y así proyectar cambios en la evaluación de los niños utilizando herramientas estandarizadas y con gran valor pronóstico para detectar la parálisis cerebral. Esto permitiría a su vez incorporar oportuna y tempranamente a tratamiento a todos los niños detectados, intervenciones que ya se comenzaron a aplicar con esta población.

Harán falta otros estudios incorporando otras unidades de neonatología para poder corroborar o refutar los datos obtenidos en este trabajo. Especial consideración se debería tener en los aspectos prenatales y la atención de las madres antes y durante el embarazo.

8. Resguardos éticos

Los videos y datos obtenidos fueron confidenciales con garantías conformes a la ley 25326 de Protección de Datos Personales de la Dirección Nacional de Protección de Datos Personales del Ministerio de Justicia, Seguridad y Derechos Humanos de Argentina, sus datos no serán revelados en ningún momento, se le asignará un código y sólo el investigador del estudio conoce la relación entre el código y sus datos personales.

El presente trabajo de investigación incluye consentimiento informado para las familias y respeta las pautas elaboradas por el Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas (CIOMS) y la declaración de Helsinki elaborada por la asociación Médica Mundial y ha sido evaluado por el Comité Institucional de Revisión de Protocolos de Investigación (CIRPI) que se encuentra acreditado y registrado ante el Comité de Ética Central del Ministerio de Salud de la Provincia de Buenos Aires bajo el número 028/210 Folio 76 del Libro de Actas nº 1 con fecha Reacreditación el 8/7/20 y con vencimiento del registro el 4/7/23.

9. Referencias

- Adde, L., Brown, A., Van Den Broeck, C., Decoen, K., Eriksen, B. H., Fjørtoft, T., Groos, D., Ihlen, E. A. F., Osland, S., Pascal, A., Paulsen, H., Skog, O. M., Sivertsen, W., & Støen, R. (2021). In-Motion-App for remote General Movement Assessment: A multi-site observational study. *BMJ Open*, 11(3), 1–9. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-042147>
- Aizawa, C. Y. P., Einspieler, C., Genovesi, F. F., Ibidi, S. M., & Hasue, R. H. (2021). The general movement checklist: A guide to the assessment of general movements during preterm and term age. *Jornal de Pediatria*, 97(4), 445–452. <https://doi.org/10.1016/j.jpmed.2020.09.006>
- Alonzo, C. J., Letzkus, L. C., Connaughton, E. A., Kelly, N. L., Michel, J. A., & Zanelli, S. A. (2022). High Prevalence of Abnormal General Movements in Hospitalized Very Low Birth Weight Infants. *American Journal of Perinatology*, 29(14), 1541–1547. <https://doi.org/10.1055/s-0041-1722943>
- Als, H., Duffy, F. H., McAnulty, G. B., Rivkin, M. J., Vajapeyam, S., Mulkern, R. V., Warfield, S. K., Huppi, P. S., Butler, S. C., Conneman, N., Fischer, C., & Eichenwald, E. C. (2004). Early Experience Alters Brain Function and Structure. *Pediatrics*, 113(4 I), 846–857. <https://doi.org/10.1542/peds.113.4.846>
- Barbosa, V. M., Einspieler, C., Smith, E., Bos, A. F., Cioni, G., Ferrari, F., Yang, H., Urlesberger, B., Marschik, P. B., & Zhang, D. (2021). Clinical Implications of the General Movement Optimality Score: Beyond the Classes of Rasch Analysis. *Journal of Clinical Medicine*, 10(5), 1069. <https://doi.org/10.3390/jcm10051069>
- Bosanquet, M., Copeland, L., Ware, R., & Boyd, R. (2013). A systematic review of tests to predict cerebral palsy in young children. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 55(5), 418–426. <https://doi.org/10.1111/dmcn.12140>
- Chung, E. H., Chou, J., & Brown, K. A. (2020). Neurodevelopmental outcomes of preterm infants: A recent literature review. *Translational Pediatrics*, 9, S3–S8. <https://doi.org/10.21037/TP.2019.09.10>
- Crowle, C., Jackman, M., & Morgan, C. (2023). The General Movements Motor Optimality Score in High-Risk Infants: A Systematic Scoping Review. *Pediatric Physical Therapy*, 35(1), 2–26. <https://doi.org/10.1097/PEP.0000000000000969>
- Duncan, A. F., & Matthews, M. A. (2018). Neurodevelopmental Outcomes in Early Childhood. *Clinics in Perinatology*, 45(3), 377–392. <https://doi.org/10.1016/j.clp.2018.05.001>

Egesa, W. I., Odoch, S., Odong, R. J., Nakalema, G., Asiimwe, D., Ekuk, E., Twesigemukama, S., Turyasiima, M., Lokengama, R. K., Waibi, W. M., Abdirashid, S., Kajoba, D., & Kumbakulu, P. K. (2021). Germinal Matrix-Intraventricular Hemorrhage: A Tale of Preterm Infants. *International Journal of Pediatrics (United Kingdom)*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/6622598>

Einspieler, C. (2008). Early markers for unilateral spastic cerebral palsy in premature infants: Commentary. *Nature Clinical Practice Neurology*, 4(4), 186–187. <https://doi.org/10.1038/ncpneuro0745>

Einspieler, C., Bos, A. F., Kriebler-Tomantschger, M., Alvarado, E., Barbosa, V. M., Bertocelli, N., Burger, M., Chorna, O., Del Secco, S., Deregnier, R. A., Hüning, B., Ko, J., Lucaccioni, L., Maeda, T., Marchi, V., Martín, E., Morgan, C., Mutlu, A., Nogolová, A., ... Marschik, P. B. (2019). Cerebral palsy: Early markers of clinical phenotype and functional outcome. *Journal of Clinical Medicine*, 8(10). <https://doi.org/10.3390/jcm8101616>

Einspieler, C., Marschik, P. B., Pansy, J., Scheuchenegger, A., Kriebler, M., Yang, H., Kornacka, M. K., Rowinska, E., Soloveichick, M., & Bos, A. F. (2016). The general movement optimality score: A detailed assessment of general movements during preterm and term age. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 58(4), 361–368. <https://doi.org/10.1111/dmcn.12923>

Einspieler, C., Marschik, P. B., & Prechtl, H. F. R. (2008). Human motor behavior: Prenatal origin and early postnatal development. *Journal of Psychology*, 216(3), 147–153. <https://doi.org/10.1027/0044-3409.216.3.147>

Einspieler, C., Marschik, P. B., Tsuji, T., Nakashima, S., Hayashi, H., Soh, Z., Furui, A., Shibanoki, T., Shima, K., & Shimatani, K. (2020). Markerless Measurement and Evaluation of General Movements in Infants. *Scientific Reports*, 10(1), 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-57580-z>

Einspieler, C., & Prechtl, H. F. R. (2005). Prechtl's assessment of general movements: A diagnostic tool for the functional assessment of the young nervous system. *Mental Retardation and Developmental Disabilities Research Reviews*, 11(1), 61–67. <https://doi.org/10.1002/mrdd.20051>

García, P., San Feliciano, L., Benito, F., García, R., Guzmán, J., Salas, S., Fernández, C., Del Prado, N., Ciprián, D., & Figueras, J. (2013). Evolución a los 2 años de edad corregida de una cohorte de recién nacidos con peso inferior o igual a 1.500 g de los hospitales pertenecientes a la red neonatal SEN1500. *Anales de Pediatría*, 79(5), 279–287. <https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2013.03.017>

Glass, H. C., Li, Y., Gardner, M., Barkovich, A. J., Novak, I., McCulloch, C. E., & Rogers, E. E. (2021). Early Identification of Cerebral Palsy Using Neonatal MRI and General Movements

Assessment in a Cohort of High-Risk Term Neonates. *Pediatric Neurology*, 118, 20–25. <https://doi.org/10.1016/j.pediatrneurol.2021.02.003>

Graham, K. H., Peter, R., Damiano, D. L., Becher, J. G., Gaebler-spira, D., Colver, A., & Dinah, S. (2022). Cerebral palsy. 1–53. <https://doi.org/10.1038/nrdp.2015.82.Cerebral>

Hadders-Algra, M. (2018a). Early human motor development: From variation to the ability to vary and adapt. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 90(May), 411–427. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2018.05.009>

Hadders-Algra, M. (2018b). Neural substrate and clinical significance of general movements: an update. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 60(1), 39–46. <https://doi.org/10.1111/dmcn.13540>

Hadders-Algra, M. (2021). Early Diagnostics and Early Intervention in Neurodevelopmental Disorders—Age-Dependent Challenges and Opportunities. *Journal of Clinical Medicine*, 10(4), 861. <https://doi.org/10.3390/jcm10040861>

Hadders-Algra, M., Boxum, A. G., Hielkema, T., & Hamer, E. G. (2017). Effect of early intervention in infants at very high risk of cerebral palsy: a systematic review. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 59(3), 246–258. <https://doi.org/10.1111/dmcn.13331>

Ibrahim, J., Mir, I., & Chalak, L. (2018). Brain imaging in preterm infants <32 weeks gestation: a clinical review and algorithm for the use of cranial ultrasound and qualitative brain MRI. *Pediatric Research*, 84(6), 799–806. <https://doi.org/10.1038/s41390-018-0194-6>

Källén, K., Serenius, F., Westgren, M., Maršál, K., Fritz, T., Holmgren, P. Å., Jeppsson, A., Nordén-Lindeberg, S., Östlund, I., Simic, M., Wennergren, M., Blennow, M., Ewald, U., Fellman, V., Hellström-Westas, L., Lagercrantz, H., Lindberg, E., Norman, M., Olhager, E., ... Vollmer, B. (2015). Impact of obstetric factors on outcome of extremely preterm births in Sweden: Prospective population-based observational study (EXPRESS). *Acta Obstetrica et Gynecologica Scandinavica*, 94(11), 1203–1214. <https://doi.org/10.1111/aogs.12726>

Kostović, I., Jovanov-Milošević, N., Radoš, M., Sedmak, G., Benjak, V., Kostović-Srzić, M., Vasung, L., Čuljat, M., Radoš, M., Hüppi, P., & Judaš, M. (2014). Perinatal and early postnatal reorganization of the subplate and related cellular compartments in the human cerebral wall as revealed by histological and MRI approaches. *Brain Structure and Function*, 219(1), 231–253. <https://doi.org/10.1007/s00429-012-0496-0>

Kostović, I., Sedmak, G., Vukšić, M., & Judaš, M. (2015). The relevance of human fetal subplate zone for developmental neuropathology of neuronal migration disorders and cortical dysplasia. *CNS Neuroscience and Therapeutics*, 21(2), 74–82. <https://doi.org/10.1111/cns.12333>

Longo, S., Caporali, C., Pisoni, C., Borghesi, A., Perotti, G., Tritto, G., Olivieri, I., La Piana, R., Tonduti, D., Decio, A., Ariaudo, G., Spairani, S., Naboni, C., Gardella, B., Spinillo, A., Manzoni, F., Tinelli, C., Stronati, M., & Orcesi, S. (2021). Neurodevelopmental outcome of preterm very low birth weight infants admitted to an Italian tertiary center over an 11-year period. *Scientific Reports*, 11(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-95864-0>

Lüchinger, A. B., Hadders-Algra, M., Van Kan, C. M., & De Vries, J. I. P. (2008). Fetal onset of general movements. *Pediatric Research*, 63(2), 191–195. <https://doi.org/10.1203/PDR.0b013e31815ed03e>

Ma, L., Yang, B., Meng, L., Wang, B., Zheng, C., & Cao, A. (2015). Effect of early intervention on premature infants' general movements. *Brain and Development*, 37(4), 387–393. <https://doi.org/10.1016/j.braindev.2014.07.002>

MacLennan, A. H., Thompson, S. C., & Gecz, J. (2015). Cerebral palsy: Causes, pathways, and the role of genetic variants. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, 213(6), 779–788. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2015.05.034>

Mailath-Pokorny, M., Kasprian, G., Mitter, C., Schöpf, V., Nemeč, U., & Prayer, D. (2012). Magnetic resonance methods in fetal neurology. *Seminars in Fetal and Neonatal Medicine*, 17(5), 278–284. <https://doi.org/10.1016/j.siny.2012.06.002>

Maitre, N. L., Chorna, O., Romeo, D. M., Guzzetta, A., Unit, N., & Medicine, E. (2016). a High-Risk Infant Follow-Up Program. *Pediatr Neurol.*, 65(614), 31–38. <https://doi.org/10.1016/j.pediatrneurol.2016.09.010>.Implementation

Mathis, A., Mamidanna, P., Cury, K. M., Abe, T., Murthy, V. N., Mathis, M. W., & Bethge, M. (2018). DeepLabCut: markerless pose estimation of user-defined body parts with deep learning. *Nature Neuroscience*, 21(9), 1281–1289. <https://doi.org/10.1038/s41593-018-0209-y>

McIntyre, S., Morgan, C., Walker, K., & Novak, I. (2011). Cerebral palsy-Don't delay. *Developmental Disabilities Research Reviews*, 17(2), 114–129. <https://doi.org/10.1002/ddrr.1106>

Novak, I., Hines, M., Goldsmith, S., & Barclay, R. (2012). Clinical prognostic messages from a systematic review on cerebral palsy. *Pediatrics*, 130(5). <https://doi.org/10.1542/peds.2012-0924>

Novak, I., Morgan, C., Adde, L., Blackman, J., Boyd, R. N., Brunstrom-Hernandez, J., Cioni, G., Damiano, D., Darrach, J., Eliasson, A. C., De Vries, L. S., Einspieler, C., Fahey, M., Fehlings, D., Ferriero, D. M., Fetters, L., Fiori, S., Forssberg, H., Gordon, A. M., ... Badawi, N. (2017). Early, accurate diagnosis and early intervention in cerebral palsy: Advances in diagnosis and treatment. *JAMA Pediatrics*, 171(9), 897–907. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2017.1689>

Novak, I., Morgan, C., Fahey, M., Finch-Edmondson, M., Galea, C., Hines, A., Langdon, K., Namara, M. M., Paton, M. C., Popat, H., Shore, B., Khamis, A., Stanton, E., Finemore, O. P., Tricks, A., te Velde, A., Dark, L., Morton, N., & Badawi, N. (2020). State of the Evidence Traffic Lights 2019: Systematic Review of Interventions for Preventing and Treating Children with Cerebral Palsy. *Current Neurology and Neuroscience Reports*, 20(2). <https://doi.org/10.1007/s11910-020-1022-z>

O'Callaghan, M., & Maclennan, A. (2013). Cesarean delivery and cerebral palsy: A systematic review and meta-analysis. *Obstetrics and Gynecology*, 122(6), 1169–1175. <https://doi.org/10.1097/AOG.000000000000020>

Oldenburg, Kirsi; OShea, M. F. R. (2020). Genetic and epigenetic factors and early life inflammation as predictors of neurodevelopmental outcomes. *Seminars in Fetal and Neonatal Medicine*, 25(3), 1–14.

Oskoui, M., Coutinho, F., Dykeman, J., Jetté, N., & Pringsheim, T. (2013). An update on the prevalence of cerebral palsy: A systematic review and meta-analysis. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 55(6), 509–519. <https://doi.org/10.1111/dmcn.12080>

Özek, E., & Kersin, S. G. (2020). Intraventricular hemorrhage in preterm babies. *Turkish Archives of Pediatrics*, 55(3), 215–221. <https://doi.org/10.14744/TurkPediatriArs.2020.66742>

Patel, D. R., Neelakantan, M., Pandher, K., & Merrick, J. (2020). Cerebral palsy in children: A clinical overview. *Translational Pediatrics*, 9(1), S125–S135. <https://doi.org/10.21037/tp.2020.01.01>

Persson, M., Razaz, N., Tedroff, K., Joseph, K. S., & Cnattingius, S. (2018). Five and 10 minute apgar scores and risks of cerebral palsy and epilepsy: Population based cohort study in Sweden. *Obstetrical and Gynecological Survey*, 73(7), 391–393. <https://doi.org/10.1097/01.ogx.0000542490.74556.cc>

Pierrat, V., Marchand-Martin, L., Marret, S., Arnaud, C., Benhammou, V., Cambonie, G., Debillon, T., Dufourg, M. N., Gire, C., Goffinet, F., Kaminski, M., Lapillonne, A., Morgan, A. S., Rozé, J. C., Twilhaar, S., Charles, M. A., & Ancel, P. Y. (2021). Neurodevelopmental outcomes at age 5 among children born preterm: EPIPAGE-2 cohort study. *The BMJ*, 373(April). <https://doi.org/10.1136/bmj.n741>

Porro, M., Fontana, C., Gianni, M. L., Pesenti, N., Boggini, T., De Carli, A., De Bon, G., Lucco, G., Mosca, F., Fumagalli, M., & Picciolini, O. (2020). Early detection of general movements trajectories in very low birth weight infants. *Scientific Reports*, 10(1), 1–7. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-70003-3>

Raghuram, K., Orlandi, S., Church, P., Chau, T., Uleryk, E., Pechlivanoglou, P., & Shah, V. (2021). Automated movement recognition to predict motor impairment in high-risk infants: a systematic review of diagnostic test accuracy and meta-analysis. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 63(6), 637–648. <https://doi.org/10.1111/dmcn.14800>

Reich, S., Zhang, D., Kulvicius, T., Bölte, S., Nielsen-Saines, K., Pokorny, F. B., Peharz, R., Poustka, L., Wörgötter, F., Einspieler, C., & Marschik, P. B. (2021). Novel AI driven approach to classify infant motor functions. *Scientific Reports*, 11(1), 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-89347-5>

Rodríguez J-Edición Fundación Garrahan-. (n.d.). *El niño que fue prematuro*- 2015.

Romeo, D. M., Apicella, M., Velli, C., Brogna, C., Ricci, D., Pede, E., Sini, F., Coratti, G., Gallini, F., Cota, F., Bovis, F., Vento, G., & Mercuri, E. (2022). Hammersmith Infant Neurological Examination in low-risk infants born very preterm: a longitudinal prospective study. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 64(7), 863–870. <https://doi.org/10.1111/dmcn.15201>

Schmidt, W., Regan, M., Fahey, M., & Paplinski, A. (2019). General movement assessment by machine learning: why is it so difficult? *Journal of Medical Artificial Intelligence*, 2, 2–2. <https://doi.org/10.21037/jmai.2019.06.02>

Seesahai, J., Luther, M., Church, P. T., Maddalena, P., Asztalos, E., Rotter, T., & Banihani, R. (2021). The assessment of general movements in term and late-preterm infants diagnosed with neonatal encephalopathy, as a predictive tool of cerebral palsy by 2 years of age—a scoping review. *Systematic Reviews*, 10(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/s13643-021-01765-8>

Silva, N., Zhang, D., Kulvicius, T., Gail, A., Barreiros, C., Lindstaedt, S., Kraft, M., Bölte, S., Poustka, L., Nielsen-Saines, K., Wörgötter, F., Einspieler, C., & Marschik, P. B. (2021). The future of General Movement Assessment: The role of computer vision and machine learning A scoping review. *Research in Developmental Disabilities*, 110(January). <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2021.103854>

Spittle, A. J., Morgan, C., Olsen, J. E., Novak, I., & Cheong, J. L. Y. (2018). Early Diagnosis and Treatment of Cerebral Palsy in Children with a History of Preterm Birth. *Clinics in Perinatology*, 45(3), 409–420. <https://doi.org/10.1016/j.clp.2018.05.011>

Spittle, A. J., Olsen, J., Kwong, A., Doyle, L. W., Marschik, P. B., Einspieler, C., & Cheong, J. L. Y. (2016). The Baby Moves prospective cohort study protocol: Using a smartphone application with the General Movements Assessment to predict neurodevelopmental outcomes at age 2 years for extremely preterm or extremely low birthweight infants. *BMJ Open*, 6(10), 1–8. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2016-013446>

Spittle, A. J., Spencer-Smith, M. M., Cheong, J. L. Y., Eeles, A. L., Lee, K. J., Anderson, P. J., & Doyle, L. W. (2013). General movements in very preterm children and neurodevelopment at 2 and 4 years. *Pediatrics*, 132(2). <https://doi.org/10.1542/peds.2013-0177>

Spittle, A., Orton, J., Anderson, P. J., Boyd, R., & Doyle, L. W. (2015). Early developmental intervention programmes provided post hospital discharge to prevent motor and cognitive impairment in preterm infants. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2015(11). <https://doi.org/10.1002/14651858.CD005495.pub4>

Volpe, J. J. (2009). Brain injury in premature infants: a complex amalgam of destructive and developmental disturbances. *The Lancet Neurology*, 8(1), 110–124. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(08\)70294-1](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(08)70294-1)

Volpe, J. J., Kinney, H. C., Jensen, F. E., & Rosenberg, P. A. (2011). The developing oligodendrocyte: Key cellular target in brain injury in the premature infant. *International Journal of Developmental Neuroscience*, 29(4), 423–440. <https://doi.org/10.1016/j.ijdevneu.2011.02.012>

Watterberg, K. L., Aucott, S., Benitz, W. E., Cummings, J. J., Eichenwald, E. C., Goldsmith, J., Poindexter, B. B., Puopolo, K., Stewart, D. L., Wang, K. S., Ecker, J. L., Wax, J. R., Borders, A. E. B., El-Sayed, Y. Y., Heine, R. P., Jamieson, D. J., Mascola, M. A., Minkoff, H. L., Stuebe, A. M., ... Wharton, K. R. (2015). The apgar score. *Pediatrics*, 136(4), 819–822. <https://doi.org/10.1542/peds.2015-2651>

World health statistics quarterly. (1980). The incidence of low birth weight: a critical review of available information. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7445516/>