



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

**PATRONES DE MOTILIDAD ESPONTÁNEA  
COMO INDICADOR DE PROGRESIÓN DEL  
TONO MUSCULAR EN LACTANTES  
ATENDIDOS EN EL HOSPITAL SAN RAFAEL,  
BOGOTÁ**

**Vanesa Stefany Pinillos Malagón**

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Medicina, Departamento De Ciencias Fisiológicas  
Bogotá, Colombia  
2022

# **PATRONES DE MOTILIDAD ESPONTÁNEA COMO INDICADOR DE PROGRESIÓN DEL TONO MUSCULAR EN LACTANTES ATENDIDOS EN EL HOSPITAL SAN RAFAEL, BOGOTÁ**

**Vanesa Stefany Pinillos Malagón**

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:  
**Magíster en Fisiología**

Director:

Doctor Jairo Alberto Zuluaga Gómez

Codirector:

Doctora Leidy Tatiana Torres Penagos

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Medicina, Departamento De Ciencias Fisiológicas  
Bogotá, Colombia  
2022

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a cada una de las personas que se han tomado un minuto para preguntar por mí y acompañar mi proceso, a quienes me alentaron y me llamaron al orden cada vez que fue necesario.

A mis profesores y mis estudiantes en el HUN porque siempre encontraron valor en cada detalle o en cada paso que di, porque confiando en este proceso me dieron la oportunidad de crecer y liderar nuevos retos.

A Dios porque me ha puesto en donde menos imagino y con eso me ha enseñado que no es mi voluntad, es la suya y su propósito para mí en el mundo.

Finalmente, a todos los niños que me permitieron aprender, descubrir y desaprender con ellos, a sus papas por permitir que sus hijos fueran un medio para el desarrollo de conocimiento que brinde mejores opciones de atención en salud.

# Declaración de obra original

Yo declaro lo siguiente:

He leído el Acuerdo 035 de 2003 del Consejo Académico de la Universidad Nacional. «Reglamento sobre propiedad intelectual» y la Normatividad Nacional relacionada al respeto de los derechos de autor. Esta disertación representa mi trabajo original, excepto donde he reconocido las ideas, las palabras, o materiales de otros autores.

Cuando se han presentado ideas o palabras de otros autores en esta disertación, he realizado su respectivo reconocimiento aplicando correctamente los esquemas de citas y referencias bibliográficas en el estilo requerido.

He obtenido el permiso del autor o editor para incluir cualquier material con derechos de autor (por ejemplo, tablas, figuras, instrumentos de encuesta o grandes porciones de texto).

Por último, he sometido esta disertación a la herramienta de integridad académica, definida por la universidad.



---

Vanesa Stefany Pinillos Malagón

CC. 1.018.445.465

Fecha 26/11/2021

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a mi casa, mi querida Universidad Nacional de Colombia que me ha permitido crecer, aprender y labrar un camino profesional que hoy en día continúa construyendo en el Hospital Universitario Nacional.

A mi director de tesis, porque a pesar de las dificultades, los desacuerdos y todos los cambios que asumí durante este proceso, me acompañó, me guió y reconoció cada paso que di para crecer, porque sus enseñanzas fueron la base para la construcción de esta investigación; y porque, nunca dudó del alcance de esta y de mis capacidades.

Al Hospital Universitario Clínica San Rafael que permitió el desarrollo de esta investigación, que fue mi primera escuela y que me regaló personas maravillosas que motivaron el desarrollo de este trabajo.

A mi familia, por su apoyo, paciencia y comprensión, por su compañía y solidaridad cada vez que este trabajo implicó mucho más tiempo y más esfuerzos. Sin ellos, escribir no hubiese sido posible, el traspasar sin un café para acompañarlo no habría tenido el mismo significado y los fracasos no habrían sido solo un tropiezo más para continuar luchando.

Gracias a mis amigos que siempre estuvieron ahí para darme moral y animarme cuando parecía no poder más, gracias por aguantar mi llanto, mis alegrías y mis frustraciones, por confiar en mí y por no perder la fe en mí.

A mis compañeros de trabajo y cada una de esas personas que la vida ha puesto en mi camino para aportar un granito de arena en esta investigación; a quien me acompañó y me respaldó en cada una de las visitas a las casas de los niños; a quienes me permitieron un rato de descanso para continuar escribiendo; a quienes con cariño prepararon mi aromática pos turno y previo a días completos de clase; a quienes durante el turno, durante la pandemia y cada nuevo reto en el HUN se han tomado el tiempo de alentarme a finalizar este proceso.

¡Este trabajo también es de cada uno de ustedes, a todos infinitas gracias!

# Resumen

## **PATRONES DE MOTILIDAD ESPONTÁNEA COMO INDICADOR DE PROGRESIÓN DEL TONO MUSCULAR EN LACTANTES ATENDIDOS EN EL HOSPITAL SAN RAFAEL, BOGOTÁ**

Desde una perspectiva fisiológica, esta investigación presenta un acercamiento a la evaluación de la motilidad espontánea basada en la observación, caracterizando los patrones de movimiento de 9 lactantes con el objetivo establecer si existe relación con la progresión del tono muscular en esta población.

Partiendo de una revisión multinivel, se documentó la evolución conceptual de lo que han sido las escalas de evaluación del recién nacido, encontrando la falta de un elemento integrador que dé cuentas de la función más allá de lo topográfico y/o anatómico en el desarrollo motor. De ahí, que se definiera el tono muscular activo como componente de la evaluación neurológica tradicional, develando una condición de procesamiento mucho más compleja que lo que se conoce como respuesta refleja; para la evaluación del movimiento espontáneo se estableció un modelo de análisis de los resultados en tres categorías propuestas por los investigadores: calidad, armonía, y simetría del movimiento.

Como resultado se hace manifiesta la necesidad, de ponderar las condiciones particulares del momento de la evaluación y el seguimiento de cada niño(a) en la evaluación del desarrollo motor, más allá de la búsqueda de hitos del desarrollo, como elemento diferenciador de lo que se espera sea ideal y que responda a las necesidades de condiciones que pueden o no implicar alteraciones, dando lugar a intervenciones tempranas y pronósticos pertinentes en una población de riesgo, impactando a largo plazo en su calidad de vida, retrasando o reduciendo complicaciones, también mejorar el pronóstico de aquellos que presentan alteraciones evidentes.

**Palabras clave:** desarrollo motor, tono muscular, movimiento, prematuridad, pronóstico

# Abstract

## **SPONTANEOUS MOTILITY PATTERNS AS AN INDICATOR OF PROGRESSION OF MUSCLE TONE IN INFANTS SERVED AT THE SAN RAFAEL HOSPITAL, BOGOTÁ**

From a physiological perspective, this research presents an approach to the evaluation of spontaneous motility based on observation, characterizing the movement patterns of 9 infants in order to establish whether there is a relationship with the progression of muscle tone in this population.

Starting from a multilevel review, the conceptual evolution of what have been the newborn assessment scales was documented, finding the lack of an integrating element that accounts for the function beyond the topographical and/or anatomical in motor development. . Hence, active muscle tone was defined as a component of the traditional neurological evaluation, revealing a much more complex processing condition than what is known as a reflex response; For the evaluation of the spontaneous movement, a model was established to analyze the results in three categories proposed by the researchers: quality, harmony, and symmetry of the movement.

As a result, the need to weigh the particular conditions at the time of evaluation and monitoring of each child in the evaluation of motor development, beyond the search for developmental milestones, as a differentiating element of what it is expected to be ideal and to respond to the needs of conditions that may or may not involve alterations, leading to early interventions and relevant prognoses in a population at risk, impacting long-term quality of life, delaying or reducing complications, also improving the prognosis of those who present evident alterations.

**Keywords: motor development, muscle tone, movements, prematurity, forecast.**

# TABLA DE CONTENIDO

<b>DESCRIPCIÓN</b> .....	9
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	10
Delimitación del problema.....	11
Pregunta de investigación.....	12
<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	12
<b>OBJETIVOS</b> .....	15
General.....	15
Específicos .....	15
Procedimentales .....	15
<b>HIPÓTESIS</b> .....	16
<b>ESTADO DEL ARTE</b> .....	16
El Desarrollo Motor y su evaluación .....	16
¿Como ha evolucionado la evaluación neurológica? .....	20
Entonces, ¿Que vacío queda en medio de la multimodalidad de la evaluación neurológica?.....	27
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	28
Maduración del sistema nervioso .....	29
Sinapsis, modelación y remodelación cortical .....	34
El control motor y la complementariedad de sus teorías de procesamiento .....	36
El desarrollo motor como proceso variable .....	39
El tono muscular y su progresión: una evaluación más allá de lo reflejo .....	39
El movimiento como elemento integrador .....	43
<b>DISEÑO METODOLÓGICO</b> .....	46
Tipo de estudio .....	46
Protocolo instrumental.....	46
Lugar del estudio:.....	46
Toma de datos: .....	46
Técnicas de recolección de datos: .....	47
Instrumentos para la recolección de datos: Los Instrumentos que se emplearon fueron: .....	48

Definición de la población .....	48
criterios de elegibilidad .....	49
tipo de muestreo .....	49
definición de variables .....	50
<b>CONSIDERACIONES ÉTICAS</b> .....	53
<b>RESULTADOS</b> .....	54
Características de los niños(as) participantes .....	54
estado conductual .....	57
evaluación del tono muscular y su progresión.....	58
➤ tono muscular pasivo .....	60
➤ tono muscular activo.....	76
evaluación de la motilidad espontánea.....	86
<b>ANÁLISIS</b> .....	106
<b>DISCUSIÓN</b> .....	114
<b>CONCLUSIONES</b> .....	120
<b>LIMITACIONES, ALCANCES Y PROYECCIÓN</b> .....	121
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	122

# LISTA DE TABLAS

<b>TABLA 1.</b> Criterios de inclusión y exclusión .....	49
<b>TABLA 2.</b> Definición de variables de estudio.....	53
<b>TABLA 3.</b> Características básicas respecto a género, edad gestacional y peso al nacer de los niños(as) incluidas en el estudio.....	55
<b>TABLA 4.</b> Número de evaluaciones realizadas por participante y edad corregida en el momento de cada evaluación .....	56
<b>TABLA 5.</b> Resultados del estado comportamental de cada uno de los participantes en cada evaluación.....	58
<b>TABLA 6.</b> Resultados de la progresión en la actitud postural de cada uno de los participantes en cada evaluación.....	64
<b>TABLA 7.</b> Resultados de la progresión del tono muscular pasivo en miembros superiores de cada uno de los participantes en cada evaluación .....	67
<b>TABLA 8.</b> Resultados de la progresión del tono muscular pasivo en miembros inferiores de cada uno de los participantes en cada evaluación .....	72
<b>TABLA 9.</b> Resultados de la progresión del tono muscular pasivo en tronco y cuello de cada uno de los participantes en cada evaluación .....	75
<b>TABLA 10.</b> Resultados de la progresión del tono muscular activo, paso de la cabeza por línea media (flexores de cuello) en cada uno de los participantes en cada evaluación .....	80
<b>TABLA 11.</b> Resultados de la progresión del tono muscular activo, paso de la cabeza por línea media (extensores de cuello) en cada uno de los participantes en cada evaluación .....	81
<b>TABLA 12.</b> Resultados de la progresión del tono muscular activo, enderezamiento postural en cada uno de los participantes en cada evaluación.....	85

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1.</b> Representación esquemática de los eventos neuro - ontogénicos por edad de aparición .....	30
<b>FIGURA 2.</b> Representación esquemática de la evolución del tono pasivo durante el último trimestre de la gestación y el primer año de vida .....	42
<b>FIGURA 3.</b> Representación esquemática de la evolución del tono activo durante el último trimestre de la gestación y el primer año de vida .....	42

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1. Consentimiento informado .....	130
ANEXO 2. Hoja de registro de datos básicos del niño(a) y la madre o padre .....	133
ANEXO 3. Guía de evaluación .....	134

# DESCRIPCIÓN

Esta investigación presenta un acercamiento a la evaluación de la motilidad espontánea, basada en la observación para caracterizar los patrones de movimiento en relación con la progresión del tono muscular en el recién nacido y el lactante, desde una perspectiva fisiológica que permite reconocer la variabilidad del desarrollo neurológico postnatal.

Partiendo de la revisión documental, conceptual y evolutiva de la variedad de escuelas que han desarrollado escalas de evaluación del recién nacido, se realizó una construcción multinivel en una línea del tiempo, en la que se identificó la falta de un elemento integrador que dé cuentas de la función más allá de lo topográfico y/o anatómico en el desarrollo motor.

De ahí, que se definiera el tono muscular activo como componente de la evaluación neurológica tradicional, que más allá de ser meramente reflejo, al ser evaluado desde la respuesta activa del recién nacido o el lactante, dejará en evidencia una condición de procesamiento mucho más compleja en la que es posible identificar los elementos finos y gruesos del desarrollo motor que de manera temprana aportan en la segregación del movimiento.

Entendiendo, además que la evaluación neurológica del recién nacido no pretende evaluar elementos individuales o por separado, se integró en la correlación fisiológica la evaluación del movimiento espontáneo como elemento orientador de dicha evaluación, logrando caracterizar los patrones de movimiento, bajo un modelo que pretende el análisis de los resultados en tres categorías propuestas por los investigadores: calidad, armonía, y simetría del movimiento.

Se logra finalmente construir, un indicador funcional que puede considerarse en la evaluación neurológica bajo una mirada integradora que incluye procesos de regulación dinámica, que presuponen los cambios ligados a la información aferente procesada por el sistema. Adicionalmente esto, pone en evidencia que las condiciones en las que se creía se desarrollaba el sistema nervioso, no ocurren solamente de adentro hacia afuera, sino que su resultado depende de la interacción de procesos tanto internos como externos que facilitan o modifican el desarrollo “esperado”. Y que hace manifiesta la necesidad, de

ponderar las condiciones particulares del momento de la evaluación y el seguimiento de cada niño(a) en la evaluación del desarrollo motor, más allá de la búsqueda de hitos del desarrollo, como elemento diferenciador de lo que se espera sea ideal y que responda a las necesidades de condiciones que pueden o no implicar alteraciones, dando lugar a intervenciones tempranas y pronósticos pertinentes en una población de riesgo en quienes se puede impactar a largo plazo en su calidad de vida.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Hasta mediados del siglo XX, los reflejos primitivos caracterizaron el perfil neurológico de los infantes y a partir de estos, la evaluación neurológica se definió con el fin de establecer un diagnóstico temprano que permite detectar de manera anticipada, las alteraciones en el proceso de maduración del sistema nervioso del recién nacido. En diversas investigaciones se reportan datos acerca de la incidencia de las secuelas y/o complicaciones en el desarrollo motor del recién nacido; así como la variedad de herramientas que se han desarrollado para su evaluación. Sin embargo, existen limitaciones en cuanto a la evaluación del tono muscular, interpretado exclusivamente como un proceso de control motor reflejo, y a la necesidad de la caracterización de un eje de convergencia funcional del sistema nervioso a lo largo del proceso de desarrollo.

Históricamente se han ido estableciendo instrumentos de evaluación que pretenden delinear las complejas interacciones entre el estado biológico, social y ambiental que influyen en el desarrollo del sistema nervioso, explorando elementos fundamentales que convergen entre la estructura y la función definiendo el estado de integridad o de variabilidad del desarrollo del infante. En la actualidad, la multimodalidad de la evaluación neurológica pone en evidencia avances respecto a la visión cognitiva y compleja, en la que el tono muscular cobra un valor importante. Sus características, varían de acuerdo con las condiciones y particularidades de la etapa de maduración del infante, destacando cambios dramáticos entre las 28 y 40 semanas de edad gestacional, y muy importantes en el primer año de vida (1).

Entonces, partiendo de la premisa de un diagnóstico de desarrollo neonatal más allá del que enmarca escalas que miden o consideran procesos “ideales”, nace la pretensión de una aproximación fisiológica que integre aspectos base de la evaluación neurológica del recién nacido, develando procesos que demuestran no sólo la existencia de elementos determinados genéticamente, sino aquellos que determinan cambios relevantes en el repertorio motor, que pueden o no mostrar una variación sustancial en la respuesta motora evidente. Todo esto como resultado de procesos de regulación dinámica, en los que se presupone la información aferente participa en la selección de redes neurales favorables (2,3), considerando además condiciones epigenéticas que hacen del desarrollo motor un proceso variable, que no está predeterminado, ni es lineal y que no necesariamente condiciona alteraciones.

## DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

De la variedad de escuelas que han desarrollado escalas de evaluación del recién nacido, a las cuales se hará referencia en el estado del arte, han resultado aproximaciones comunes en cuanto a la descripción de alteraciones en el desarrollo del tono muscular ante la presencia de patrones anormales en la postura y en la ejecución de movimientos; incluso en el desarrollo de tareas un poco más elaboradas, identificando específicamente una progresión desigual en diferentes comportamientos motores de los recién nacidos (4) .

Muchas de las limitaciones y dudas controversiales respecto al valor del examen neurológico, se basan en la utilidad de las herramientas para distinguir entre neonatos que mostrarán una evolución neurológica “normal” de aquellos que presentarán algún tipo de trastorno del desarrollo, tal como lo plantea en su libro “Evaluación neurológica del recién nacido”, García-Alix y José Quero (5,6). Se entiende que la evaluación refleja es la herramienta fundamental del examen motor representando básicamente la funcionalidad de estructuras subcorticales(5); sin embargo, que aparezcan algunos patrones motores antes que puedan ser usados para responder a estímulos específicos, señala la primacía de la actividad motora en el desarrollo temprano dado que se identifican movimientos específicos, que lejos de ser al azar o amorfos, son resultado de estructuras neurales inmaduras (7).

Diversidad de estudios han validado que existe una relación entre la adquisición de nuevos patrones motores y movimientos, con alteraciones como bajo peso al nacer y edad gestacional (8,9).

Se considera entonces necesario establecer categorías claras y específicas bajo las cuales los diferentes profesionales relacionados con el proceso de desarrollo de los niños, representadas en un modelo de evaluación sencillo e integrativo. Con base en lo anterior se facilitará la definición diagnóstica y el seguimiento en el tiempo, con criterio de anticipación.

## PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Puede la motilidad espontánea neonatal ser un indicador semiológico correlacionable con la progresión del tono muscular, y útil como evaluación integradora del desarrollo motor?

### ***POBLACIÓN***

Lactantes de 1, 2 y 3 meses de edad corregida

### ***RESULTADO ESPERADOS***

Configurar una aproximación fisiológica al hallazgo clínico del tono muscular como eje central de la evaluación tradicional y la evaluación de la motilidad espontánea en recién nacidos como criterio de evaluación inicial del desarrollo motor

## JUSTIFICACIÓN

Las complicaciones o cambios del curso natural de la gestación generan variaciones en el desarrollo de cada uno de los sistemas (10). Si bien a las 24 semanas de gestación la mayoría de los órganos se encuentran ya formados, estos son inmaduros; lo que aumenta los factores de riesgo para presentar alteraciones de tipo motor, conductual o cognitivo (11).

Al nacer el recién nacido presenta una serie de eventos que pueden evaluarse entendiendo la etapa del desarrollo en la que se encuentra, idealmente lo que se define como “normalidad” (12,13). Así que la identificación oportuna de factores predisponentes a la alteración del desarrollo motor, que incluso pueden ser de tipo transitorio, fundamentalmente variaciones o adaptaciones al medio, resultan ser el mecanismo anticipatorio que permite hacer intervenciones eficaces y pertinentes dependientes de la comprensión fisiológica del evento que se está evaluando. La incidencia de complicaciones y alteraciones en el desarrollo pueden variar de acuerdo con las condiciones generadas para el cuidado del recién nacido, incluyendo los riesgos inherentes a la edad gestacional, los factores propios de su nacimiento y su desarrollo intra y extrauterino. (13)

El Departamento Nacional de Planeación y el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), en sus informes epidemiológicos y de población de los últimos diez años, muestran que, a pesar de la disminución de los índices; la mortalidad infantil asociada a la prematuridad sigue siendo una realidad dentro de la población mundial y colombiana. Igualmente ponen en evidencia que las secuelas a corto y largo plazo, asociadas a dicha problemática afectan el desarrollo y calidad de vida de los niños y sus familias.

La tasa de natalidad y fecundidad en el país ha disminuido de manera progresiva (12), en retrospectiva diez años atrás, para 2010 la tasa de natalidad en Colombia fue del 16,78% con un índice de fecundidad del 1,99%; para el año 2012 la tasa de natalidad fue del 16,19% con un índice de fecundidad del 1,93%; en 2014 la tasa de natalidad en Colombia fue del 15,73% con un índice de fecundidad del 1,88%; en 2016 la tasa de natalidad fue del 15,31% con un índice de fecundidad del 1,84%; y en 2018 la tasa de natalidad fue del 14,88% con un índice de fecundidad del 1,81%. Y de estos, cerca del 9% de los niños(as) nacen con un peso inferior a 2.500 gramos, siendo este uno de los principales factores de riesgo para la mortalidad de los recién nacidos (14). Del informe preliminar para el 30 de septiembre de 2019 en Bogotá se reportaron en total 63.807 nacimientos, 8.827 con bajo peso al nacer es decir el 13.8% (15,16) y aunque no se reportan aún cifras respecto al tiempo de gestación, para el año 2018 el 23.2% corresponde al porcentaje de recién nacidos con tiempo de gestación menor a 38 semanas (17). Del total nacional respecto a los niños(as) nacidos con bajo peso al nacer se reporta un total 649.115 nacimientos totales a nivel nacional, de los cuales el 9.1% corresponden a niños nacidos con bajo peso al nacer (18,19) y el 20.4% los niños nacidos menores a 37 semanas de gestación (13).

Esto quiere decir que, el riesgo asociado a condiciones específicas respecto a alteraciones en el desarrollo pre y perinatal se mantienen a pesar de las medidas preventivas que se han desarrollado para mitigarlos. En 2014, en un estudio realizado por Fernández et al. (14), se pudo constatar que de los 8.234 recién nacidos entre 24 y 31 semanas de edad gestacional, presentan patologías que conllevan a la disminución del desarrollo psicomotor en los niños y, de hecho, a un ciclo de desarrollo muy deficiente hasta su adultez. La prematuridad como factor de riesgo para el bajo peso al nacer, ha sido ampliamente estudiada. Se afirma que niños, niñas y adolescentes entre los seis y quince años, con antecedente de bajo peso al nacer y prematurez, muestran alteraciones funcionales cerebrales asociadas a trastornos motores, cognitivo-conductuales y trastornos de aprendizaje (15,16); siendo así, factores claros de riesgo que con mayor frecuencia conllevan a trastornos en el desarrollo de esta población, problemática que se agudiza aún más cuando se acompaña de condiciones ambientales (17).

Si se trata de un diagnóstico de desarrollo motor, la herramienta que por décadas ha orientado la evaluación es el examen neurológico tradicional, basado en reflejos madurativos. Desde la década de los 80's, el paradigma que define la evaluación neurológica del recién nacido cambió el foco, dando lugar a intentar definir los mecanismos por los cuales se da la actividad motora que se identifica en períodos tempranos del desarrollo, incluso en el periodo intrauterino, aquellos que se consideran no corresponden a actividad motora provocada si no a patrones de movimiento complejos, organizados y con características específicas (19). En este sentido, el procesamiento de la información, el tono muscular y el movimiento en función del estado del sistema nervioso, han cobrado un valor importante, pues sus características varían según la etapa del desarrollo en que se evalúe al niño(a) (20).

Es por esto, que la presente investigación pretende poner en evidencia que existen procesos de control superior que varían de acuerdo a las fases de desarrollo de los recién nacidos, haciendo entonces del desarrollo neurológico un proceso que no es predeterminado, ni lineal, en el que es posible encontrar variaciones o trastornos que no necesariamente son anomalías (21), y establecer una relación entre la evaluación observacional del lactante, respecto a la base fisiológica de la progresión del tono muscular

que explique los hallazgos y el resultado de una condición endógena y activa como resulta ser la evaluación de la motilidad espontánea.

## **OBJETIVOS**

### **GENERAL**

Caracterizar patrones de motilidad espontánea en lactantes atendidos en el hospital San Rafael de Bogotá como indicador de progresión del tono muscular activo.

### **ESPECÍFICOS**

- Definir los elementos de la motilidad espontánea en sus relaciones con la progresión del tono muscular espontáneo (activo)
- Generar un modelo de categorización para la evaluación de la motilidad espontánea
- Aproximar una correlación fisiológica a la progresión del tono muscular respecto los hallazgos de la evaluación de la motilidad espontánea en los lactantes

### **PROCEDIMENTALES**

- Desarrollo inicial de categorías de aproximación a las cualidades de la motilidad espontánea en lactantes durante los primeros 3 meses de vida.
- Aplicación secuencial del modelo anterior durante mínimo dos evaluaciones comparado paralelamente con la escala francesa (Amiel-Tison) de progresión del tono muscular activo en la población a estudio.
- Establecer la relación entre los resultados obtenidos y una propuesta que soporte el modelo cualitativo de evaluación de la motilidad espontánea.

# HIPÓTESIS

*Hipótesis 1:* La evaluación de la motilidad espontánea en recién nacidos de 1 a 3 meses de edad corregida, es un indicador semiológico representativo de la progresión del tono muscular y es un elemento semiológico del desarrollo neuromotor global

*Hipótesis 2:* La evaluación de la motilidad espontánea en recién nacidos de 1 a 3 meses de edad corregida, no es un indicador semiológico representativo de la progresión del toniHU'o muscular; entonces, no es un elemento semiológico del desarrollo neuromotor global

## ESTADO DEL ARTE

### El Desarrollo Motor y su evaluación

El desarrollo motor hace referencia al proceso de cambio relacionado con la edad de cada individuo (22), las transformaciones sucesivas que sufre el ser humano desde el momento de la fecundación hasta la etapa de la adultez que se manifiestan en dimensiones psíquica, motriz-sensorial, social y afectiva, siguiendo patrones que se consideran "normales" o que se mantienen estables dentro del espectro esperado para la especie humana; que tiene un curso típico representando un indicador de la indemnidad estructural y funcional del sistema nervioso y sus efectores (23); que no se produce de forma aislada, y se ve influenciado por características biológicas tales como la herencia y la maduración, por el entorno y las oportunidades de movimiento que se provean en los periodos críticos, en los que la oportunidad de cambio es relativamente sensible. Y que sigue las leyes de funcionamiento que explican las etapas de adquisición de conductas, siendo un proceso continuo desde la gestación y que se da a lo largo de la vida. Dichas etapas de forma secuencial, ordenada e integradora, se adaptan y/o modifican experiencias previas, de manera que las etapas antecesoras son la base de las nuevas (7).

El recién nacido, de forma progresiva en la etapa posnatal adquiere habilidades específicas, precisas e inherentes al proceso de crecimiento, maduración y desarrollo; el crecimiento

hace referencia a el aumento cuantitativo de aspectos específicos del sistema como peso y volumen. Por otro lado los procesos de maduración suponen cambios cualitativos de dichas estructuras, afectando directamente sus funciones (24); la secuencia madurativa se caracteriza por dos patrones fundamentales: 1) la ley de progresión céfalo-caudal y 2) la ley próximo-distal, de esta manera el control cefálico se logra antes que el de las extremidades, primero miembros superiores y luego miembros inferiores; de igual forma se logra primero la coordinación y control de articulaciones proximales antes que las manos y los dedos (7,25,26) . Entonces, el desarrollo incluye la totalidad de elementos que son implicados en los procesos de crecimiento y maduración, en relación con un intercambio con el medio exterior, que proporciona las demandas con estímulos específicos y permite adaptaciones y modificaciones de estos.

Si bien el desarrollo se considera un proceso esperado, típico y secuencial, no es posible afirmar que sigue una evolución lineal, de lo más simple a lo complejo y de lo reflejo a lo voluntario. Entendiendo que el desarrollo motor es la manifestación correspondiente a cada uno de los fenómenos de histogénesis, diferenciación, maduración, especialización y cada uno de los cambios anatómicos y estructurales que se conocen, en la actualidad se considera que el ambiente y la experiencia influyen el proceso (23). El sistema nervioso humano tiene la capacidad de generar de manera variable y no necesariamente como respuesta a una entrada sensorial específica, una variedad de patrones de movimientos (3).

Desde el aspecto neuromotor se reconocen 4 bases fundamentales que hacen posible la producción o ejecución del movimiento. Primero, el soporte necesario para la interacción intencionada con el medio que corresponde a las habilidades organizativas, nace de la información recibida a nivel sensorial que no sólo da cuenta de la información procedente del entorno si no de los mecanismos internos de autorregulación y la actividad mental, vinculada al deseo o motivación que domina la acción a ejecutar; segundo, el control postural, hace referencia a la capacidad del organismo de reorganizar la postura partiendo de base de un tono postural adecuado, que permita al cuerpo moverse de forma armónica y coordinada entre grupos musculares, resultado de la actividad diferenciada de elementos que obedecen a mantener el centro de gravedad del cuerpo dentro de la base de apoyo como el tono muscular, la actividad tónica y fásica de los músculos, el sistema vestibular y propioceptivo; tercero, el componente de mecanismos antigravitatorios que permiten las

reacciones de enderezamiento evocados por el desplazamiento del centro de masa y que promueven la organización permanente y continua del cuerpo de acuerdo con la posición requerida. Por último, el proceso de diferenciación muscular correspondiente a la especialización de los componentes anatómicos y estructurales que se generan de acuerdo con las demandas del organismo permite que la musculatura responde de diferentes formas a la carga que se ejerza, en tiempos y en intensidad particular (23).

Hacia el primer año de vida, el desarrollo motor puede ser facilitador o limitante de los esquemas básicos de movimiento. Pues es durante esta etapa en la que el fruto de la interacción simultánea de factores multimodales influencia la adquisición progresiva de habilidades. Estos aspectos forman parte del presupuesto que la capacidad de exploración del bebé le lleva a ensayar y ejecutar respuestas variadas de forma relativamente aleatoria, pero que este mismo proceso es el que lleva a la elección de la respuesta más eficaz para el logro del objetivo inicial. A través de procesos de aprendizaje, es posible reconocer exactamente qué funciona y qué no funciona, integrando respuestas en conjunto eficaces, de manera que por repetición se producen luego respuestas voluntarias dirigidas a un objetivo específico, susceptible de ser mejorado y modificado de acuerdo con el resultado obtenido; así, las secuencias del desarrollo pueden ser predecibles, aunque en el momento de su aparición sean conductas variables (7). En esta etapa la vulnerabilidad, el cerebro en desarrollo es dependiente de dos factores de exposición, el primero se refiere a si un agente o su metabolito activo alcanza el desarrollo en el sistema nervioso, y el segundo al período de exposición (27).

Dicho periodo de vulnerabilidad se conoce como periodo crítico o sensible, para referirse al momento en el cual el sistema nervioso es más maleable; sin embargo, no corresponden a lo mismo. Se define periodo crítico como el tiempo en el que la acción de un estímulo o condición específica es requerida para el desarrollo normal, mientras el periodo sensible es la etapa en la que el sistema es altamente susceptible a los efectos nocivos de las condiciones internas y/o externas que puede llevar a alteraciones o a la reorganización. Los mecanismos reguladores por los que el sistema nervioso se organiza pueden presentar cambios o efectos profundos que alteren, sustituyan o bloqueen los procesos esperados, en tanto depende de los eventos precedentes facilitadores; deficientes, como la ausencia de aportes nutricionales suficientes, consumo de medicamentos durante la gestación, efectos de la radiación, niveles hormonales adecuados; o limitantes, como la estimulación

sensorial excesiva o restringida, entre otros factores que pueden ser pre, peri o postnatales (28). La complejidad de dichos cambios y aquello que ocurre de forma natural como parte del proceso de maduración dependiente de la edad del sistema nervioso expresa la integridad del desarrollo del cerebro, la función futura y retraso o disfunción, de ahí la importancia de la evaluación neurológica detallada del desarrollo del recién nacido o infante, pues a pesar de la variabilidad es posible identificar patrones con inconsistencias o divergencia (29).

La remodelación y presencia de cambios neurobiológicos continuos durante la infancia, invoca la necesidad de una evaluación neurológica específica para cada edad, en general para la particularidad en la que se dé el nacimiento del infante. Existen diferentes enfoques entre los métodos que se han propuesto para la evaluación del recién nacido, mientras unos se han desarrollado como instrumentos de detección inmediata de complicaciones del parto, otros se desarrollaron como instrumentos de evaluación de las capacidades de comportamiento e individualidad; la orientación que ha dado la evaluación cada disciplina o línea de estudio aborda una evaluación neonatal diferente (18). Darwin, en 1877 hizo la primera publicación sobre el desarrollo, a partir de entonces muchos otros se han dado a la tarea de generar escalas de evaluación que reconozcan la importancia de como se ve influenciado los primeros periodos de desarrollo. Fue hacia 1911, cuando aparecen los primeros investigadores que comienzan a estudiar el proceso de maduración etapa por etapa en diferentes áreas: motora, verbal, adaptación e interacción social y personal (30). Entonces, un número importante de test y técnicas se adoptaron para esta evaluación.

A pesar de concepciones o diversas miradas, cada escuela parte de un presupuesto respecto al desarrollo neurológico y motor del ser humano. Dentro de lo que se ha establecido como evaluación del recién nacido, se pueden identificar tres líneas de investigación(31):

- La línea neurológica con un sistematizado cuerpo de conocimientos universalmente aceptados
- La línea basada en lenguaje verbal
- Las escuelas psicológicas, principalmente la psicoanalítica, que han realizado importantes aportes de acuerdo con su concepción ontogénica de la estructuración afectiva del individuo

Como consecuencia de lo anterior, los instrumentos que se han generado en este campo exploran elementos fundamentales en el desarrollo del recién nacido en donde se obtiene información convergente, que en conjunto con información estructural y funcional define el estado de integridad o de variabilidad del componente neurológico, entendiendo que puede no solo ser normal o anormal si no diferente, dadas una serie de relaciones socioculturales y/o ambientales que pueden predisponer o no alteraciones en su desarrollo (32). Aunque existen elementos que se superponen, cada escuela se centra en la evaluación específica de aquello que parece ser la base del desarrollo, abordando entonces acontecimientos similares desde diferentes ópticas, con conceptos comunes en los que la transferencia de conocimiento ha conducido a avances importantes en el campo del neurodesarrollo (31).

Se puede decir entonces, que como objetivo principal la evaluación neurológica del recién nacido pretende establecer un diagnóstico clínico, que determinará posteriormente un tratamiento específico. Esto será útil además para clasificar el estatus neurológico del paciente en sus etapas iniciales de desarrollo, dando la posibilidad de emitir un pronóstico (33), hacer seguimiento, asociando eventos y configurar un mapa de necesidades particulares para cada niño, anticipando posibles eventos o riesgos de trastornos del neurodesarrollo.

El examen neurológico del recién nacido inicialmente se planteó a partir de la valoración de reacciones primitivas, fundamentado en el examen de los reflejos (34), estos, caracterizaron el perfil neurológico de los infantes con fines de conocer la normalidad (35). Sin embargo, en el curso del tiempo se han estructurado diversas formas de evaluación que ponen en manifiesto la función neurológica del recién nacido dependiente las condiciones pre, peri y postnatales en las que se haya visto inmerso, y factores que intervienen en la formación de conexiones neurales como sinaptogénesis, plasticidad cerebral, procesos de Mielinización.

## ¿Como ha evolucionado la evaluación neurológica?

El examen de los reflejos es un componente fundamental de la evaluación del neonato, es esencial para la evaluación de cualquier individuo, no requiere de cooperación activa del recién nacido. El primero en citar la identificación del reflejo pupilar observado en el sexto o séptimo mes de gestación fue Magitart en 1903, Moro en 1918 describió el reflejo que lleva

su nombre, en 1920 Marinesco y Radovici describieron uno de los tipos de reflejos palmares, el otro lo describió Babkin en 1956. Dennis en 1934 y Dewey en 1935 hicieron el primer trabajo reconocido para la evaluación conductual como una serie de reflejos que aparecen de forma evolutiva indicando un estado de desarrollo de las estructuras nerviosas, de su funcionamiento y de los mecanismos que subyacen de su interacción formando parte fundamental del comportamiento mismo (30). Esta evaluación inicial se considera fundamental en el examen del componente neurológico del recién nacido y su integridad, pues constituyen la respuesta a estímulos específicos, la mayoría regulados a nivel subcortical. Su exploración indica, no sólo el estado del sistema nervioso si no su grado de maduración, la respuesta exacerbada y/o persistente de algunos reflejos que se consideran son transitorios ya que están relacionados con la edad gestacional, expresa un nivel de inmadurez, siendo entonces un indicio de anormalidad (36,37) .

Gesell y Amatruda en 1941, discutieron las capacidades neuromotoras del recién nacido en función de la interacción entre el desarrollo físico y mental, concluyendo que se produce de forma secuencial, sucesivo y continuo que se da por etapas que están definidas por un grado o nivel de madurez específico con el cual es posible diferenciarlas, fueron representadas en un diagrama en el cual se establecieron las tendencias generales de desarrollo conductual, desde el nacimiento hasta los cinco años. Gesell planteó que el comportamiento y la conducta son el resultado de todas las reacciones reflejas, voluntarias, espontáneas y/o aprendidas que tienen su origen en el cerebro y en los sistemas sensorial y motor, al estar relacionados, conforme el sistema nervioso se modifica bajo la acción del crecimiento también lo hace la conducta (38). En 1953, Virginia Apgar propuso clasificar a los recién nacidos en una escala que califica cinco signos: ritmo cardiaco, esfuerzo respiratorio, irritabilidad refleja, tono muscular y color, con tres puntos, siendo 2 una condición óptima, 0 ausencia y 1 la condición intermedia, la evaluación se hace 60 segundos después del nacimiento y de nuevo a los 3, 5 y 10 minutos. Han sido variados los resultados obtenidos de esta calificación, algunos estudios encuentran relación con el coeficiente de inteligencia, el rendimiento del recién nacido en evaluaciones neurológicas a los 4 meses, e incluso relaciones específicas con otras escalas propuestas posteriormente, por lo que su utilidad no ha pasado por alto y es raro que una investigación no utilice el puntaje Apgar como criterio o característica de la población a estudiar (30).

Posteriormente, otros aportes se centraron en el comportamiento del recién nacido. El interés por la lesión cerebral en términos de comportamiento–respuesta, llevó a Graham en 1956, a desarrollar uno de los primeros exámenes conductuales del recién nacido. Sugirió que el estatus del bebé al nacer es importante, dado que las consecuencias de lesiones durante el nacimiento dependen del tipo de traumatismo así como la respuesta individual al trauma; Glaser en 1959, describió la obra de la escuela neurológica francesa iniciada por André-Thomas que contribuyó con la evaluación precisa del tono muscular, este incluyó una historia de la familia, embarazo, parto, condición de nacimiento y placenta, además de valoraciones de tono, reflejos (respuestas obligatorias) y reacciones (respuestas complejas y no obligatorias). Se diseñó con un esquema definido para su seguimiento evaluando neonatos de 1 a 10 días de edad, luego se incluyó una descripción del examen para los niños mayores (30,39). En 1962, Yang postuló necesidad de un examen que incluyera un número mínimo de reflejos que aportaran mayor información debido a que muchos de los reflejos identificados hasta ese momento eran de significado desconocido, diseñó un test que probó 24 reflejos y respuestas, calificándolos como "adecuado" o "inadecuado", lo que proporcionó información sobre el estado general del niño, el funcionamiento del nervio craneal y la actividad muscular, el tono y la fuerza. Identificó que se presentaban cambios entre la evaluación del recién nacido, si se hacía en días diferentes, pues a medida que avanzaba el tiempo era mayor la incidencia de respuestas adecuadas, por lo que indicó necesario realizar evaluaciones repetitivas y tempranas que dieran cuenta de la progresión de estado neurológico y la posibilidad de detectar alteraciones específicas. Para la misma época Manick, definió tres requisitos de un instrumento diagnóstico, fiabilidad, validez y capacidad de aprovechar los comportamientos en los que se produce la anomalía (30).

Un examen neurológico mucho más popular fue publicado en inglés en 1964 por Prechtel y Beintema, como resultado del trabajo realizado durante ocho años en los Países Bajos con aproximadamente 1.500 recién nacidos que tenían antecedentes de complicaciones obstétricas, su objetivo principal era encontrar relaciones entre las complicaciones obstétricas y las anormalidades neurológicas examinando al recién nacido tan pronto como fuese posible después del nacimiento. El examen consta de dos partes. La primera, es un período de observación del bebé de su postura en reposo, los movimientos espontáneos y otros como el color de la piel y la respiración; la segunda parte, es el período de examen real, cuando se realiza una evaluación neurológica completa, consiste en la evaluación de 42 ítems que incluyen estado, postura, movimientos espontáneos, temblor, ojos, reflejos y

respuestas, los resultados se puntúan en una escala de tres o cuatro puntos, se tiene en cuenta el estado de actividad del niño ya que se considera muy importante en el momento de la ejecución de las maniobras (30). El planteamiento de su evaluación, en términos de la valoración neurológica a partir de la observación de la motilidad espontánea, proviene de bases teóricas fundamentadas en que, desde la gestación misma, el feto muestra un gran número de patrones de movimiento dependientes de generadores centrales de patrones localizados en diferentes partes del cerebro. Definió que la calidad de la motilidad espontánea del recién nacido puede proporcionar información sobre la integridad del sistema nervioso (40).

Luego, Saint -Anee Dargassies, alumno de André-Thomas hacía 1965, aplica la misma metodología al examen del recién nacido prematuro, mostrando los estadios de maduración y desarrollo específicos de esta población, estableciendo los signos puntuales que dan cuenta y que permiten estimar la edad gestacional haciendo la medición a partir de la exploración neurológica. Su aporte se basó en el reconocimiento de la graduación de la respuesta de cada ítem evaluado, permitiendo entonces caracterizar cada uno de los cambios que se producen con la maduración del recién nacido prematuro, encontrando hallazgos bastante consistentes respecto al estado patológico en las evaluaciones repetidas desde el nacimiento hasta los dos años (39). En 1966 Nancy Bayley, diseña y valida la escala de desarrollo infantil que lleva su nombre, inicialmente evalúa niños desde el nacimiento hasta los 30 meses, con posteriores revisiones el tiempo se amplió hasta los 42 meses; los elementos que incluye la escala van desde lo simple a lo complejo, teniendo en cuenta el proceso de desarrollo que tienen los niños en estas edades, ubica al niño en una edad madurativa y no cronológica, delimita el tiempo de aplicación y determina posibilidades de estimulación precisas de acuerdo al resultado obtenido en la evaluación de cada recién nacido. Es uno de los test más utilizados para evaluar el desempeño de un recién nacido (41).

Brazelton en 1973, se convirtió en uno de los más importantes en la evaluación neonatal, cuando se publicó el resultado final de su propuesta que venía discutiéndose desde 1965. Su examen se basó en el trabajo de Andre-Thomas, Graham, Prechtl y Beintema, se desarrolló a partir de la preocupación por evaluar el comportamiento interactivo de los neonatos y distinguir las diferencias entre ellos, aprovechando las capacidades como pistas de la individualidad posterior (30). Brazelton no pretendía mejorar o cambiar las escalas ya

existentes, pero como otros pretendió ampliar el espectro de evaluación en términos de temporalidad como apuesta a diagnósticos tempranos. Desde el punto de vista neurológico y comportamental, es una de las pruebas más sensibles para detectar alteraciones de la conducta en el neonato, consta de 46 ítems divididos en dos partes evaluando aspectos de la conducta, habituación, regulación del estado de alerta, estabilidad del sistema nervioso y reflejo, interacción con el examinador. Su valor se encuentra en la posibilidad de predicción de alteraciones de la conducta en el neonato debido a riesgos perinatales dado que la calificación se hace con la valoración del efecto provocado por factores de riesgo específicos para o durante el nacimiento (42).

Posteriormente, Claudine Amiel Tisson, sintetizó y redefinió las categorías de la valoración descrita por André-Thomas y Saint-Anne Dargassies con descripciones cualitativas centradas en la progresión del tono muscular y la definición de un tono muscular activo. Esto facilitó su aplicación desde el punto de vista práctico, desarrolló todo un componente teórico del sentido evolutivo del desarrollo neurológico del recién nacido y el lactante, coherente y original en cuanto a la comprensión de la capacidad funcional del niño en cada etapa permitiendo evaluar las características puntuales que dan cuenta de probables secuelas neurológicas para hacer un seguimiento a los mismos (43). Claudine, reagrupa en la hoja de protocolo la anomalías transitorias más habitualmente observadas en el curso del primer año de vida, a fin de establecer una base sólida para un pronóstico lejano, proponiendo una evaluación regular durante esta etapa dado con una sola evaluación al momento del nacimiento no es posible afirmar la normalidad posterior, existen “anomalías” neuromotoras transitorias que pueden generar evaluaciones anticipadas con mal pronóstico. La evaluación del tono muscular, como su especialidad, permanece como factor condicionante o desencadenante de la expresión de los reflejos arcaicos y de los movimientos espontáneos(20).

Durante la última década se ha propuesto un nuevo abordaje para la evaluación neurológica del recién nacido. Los aportes de Prechtl establecieron la evaluación de los movimientos generales espontáneos en fetos, recién nacidos pretérmino y a término basado en la observación. Siendo así, una herramienta no invasiva para identificar a los niños de temprana edad en riesgo de trastornos del desarrollo (44).

La motilidad espontánea descrita por Prechtl describe una serie de movimientos que involucran a todo el cuerpo. Son de alta complejidad, larga duración y frecuente ocurrencia, duran desde unos pocos segundos hasta varios minutos, o más. Se caracterizan por la secuencia variable de los movimientos de los brazos, piernas, cuello y tronco que comienzan poco a poco, aumentan y disminuyen en intensidad, fuerza y velocidad y terminan de forma gradual, los movimientos de extensión y flexión de los brazos y las piernas son principalmente complejos y variables debido a las rotaciones superpuestas, presentando ligeros cambios frecuentes de dirección, que hacen que los movimientos con fluidez y elegante (1). Inicialmente estos movimientos son complejos, y entonces se diferencian en los movimientos individuales; no muestran ningún cambio durante el período fetal, pero durante la primera infancia los cambios se caracterizan por la manifestación de movimientos de contorsión, oscilaciones, sacudidas y de golpes (2).

Diferentes estudios realizados en niños recién nacidos en condiciones variables han demostrado que no solo se trata de evaluar la incidencia u ocurrencia de los movimientos generales, sino es necesario identificar o calificar la calidad de su ejecución. Los movimientos que se han identificado como anormales o en niños con diagnóstico deficiente de su desarrollo, se han calificado como lentos, monótonos, o bruscos y caóticos, con reducción o fluctuaciones marcadas respecto a amplitud, fuerza y velocidad (40).

Este método en el que el enfoque es la observación se origina a partir de la precisión de saber que los fetos y los neonatos muestran un gran número de patrones de movimiento generados de forma endógena, y de reconocer que la motilidad espontánea es una característica fundamental del desarrollo de redes neuronales. Generando un indicador de peso que pone en evidencia esta actividad como muestra sensible de disfunción cerebral, permitiendo así al personal encargado del seguimiento y/o tratamiento de los recién nacidos generar juicios objetivos que den valor adicional a la elección de este tipo de herramienta como estrategia de evaluación (45), e invita a tomar en consideración de forma simultánea, un sin número de detalles particulares del individuo y su relación con el ambiente o los factores que han estado relacionados con su desarrollo, no solo la evaluación de la cualidad única del movimiento (1).

La calidad de los movimientos generales puede verse influenciada por factores prenatales, perinatales y neonatales, no exclusivamente relacionados con lesiones discernibles del

cerebro. Al no ser una característica fija, sus variaciones pueden ser incluso solo transitorias. Se ha identificado que la mayor parte de cambios que ocurren respecto a la calidad de los movimientos generales, se hacen mucho más evidentes con el aumento de la edad, documentando los periodos de transición entre las 36 y 38 semanas de gestación, y entre las 6 y las 9 semanas desde del nacimiento. Algunas investigaciones reportan la variedad en la evaluación de la calidad de la motilidad espontánea en recién nacidos a término y pretérmino, lo que hace que los resultados sean dependientes de la edad. Esta evaluación se centra en la cantidad de variación del movimiento y la complejidad exhibida por el bebé; realizada a partir de la apreciación del observador en la evaluación del repertorio de los patrones de movimiento mostrados por todas las partes del cuerpo y no solo del movimiento particular de partes específicas del cuerpo. Dentro de la descripción, debe incluirse la evaluación de la fluidez del movimiento, haciendo entonces asociación con lo que se espera de la progresión esperada del tono muscular y así poder determinar cómo esta influencia o no dicha fluidez (46).

Otro aspecto para tener en cuenta durante la evaluación es el estado de alerta o de comportamiento del niño, muchos aspectos del examen neurológico varían con el estado de vigilia. Por tanto, el examinador debe tener presente en qué momento se realiza la evaluación para casos comparativos. Prechtl propone una nomenclatura basada en 4 variables elegidas como indicadoras en el estado de vigilia: apertura visual, respiración, motricidad espontánea y la vocalización. El estadio 1, él bebe dormido o inactivo debe tener los ojos cerrados, respiración regular, y no presentar movimientos ; durante el estadio 2, él bebe se denominará dormido activo, tendrá los ojos cerrados, respiración irregular y pocos movimientos; el estadio 3, corresponde al llamado alerta inactivo, bebe con ojos abiertos y pocos movimientos; estadio 4, estado de alerta activo, bebe con ojos abiertos, actividad franca, sin llanto; por último el estadio 5, en el que él bebe se encuentra en un periodo de agitación con ojos abiertos o cerrados y llanto. De esta manera el observador debe plantear sus resultados teniendo en cuenta el estado base o de lo contrario debe hacer su evaluación en un estadio óptimo, es decir, el estadio 3 y/o 4 de Prechtl (20).

La evaluación de la complejidad y variación del movimiento de este método es exigente y requiere una evaluación mediante una grabación de vídeo (47,48). La evaluación de los movimientos en la vida real introduce errores y debe evitarse. El video ofrece la oportunidad

de la repetición del movimiento a alta velocidad, lo que facilita la evaluación de las características del movimiento (49,50).

Otros autores han dedicado su trabajo a desarrollar herramientas de evaluación con esquemas propios que miden el grado de madurez del recién nacido. Algunos lo hacen evaluando la ejecución de tareas y otros con la simple observación en un ambiente natural para el infante; existe también, la evaluación de la naturaleza compleja de las capacidades y conductas tempranas, así como de sus disfunciones; la evaluación neurocomportamental del recién nacido ha concentrado los esfuerzos de diversos investigadores con el fin de representar varias funciones de comportamiento.

Son muchas las escalas y las pruebas que se han hecho a lo largo de la historia para poder evaluar las condiciones de desarrollo del recién nacido tanto pre como postnatales, y hasta el momento no es posible definir si una es mejor que la otra. Diversos estudios se han centrado en comparar y calificar la especificidad y/o sensibilidad de cada uno de ellos con lo que se encuentra que responden a condiciones específicas; además, muchas están relacionadas. Entonces los avances se han centrado en ampliar el espectro predictor de los resultados, hacer la apuesta por una medición objetiva, que dentro de la generalidad identifique las particularidades del individuo que está evaluando, permitiendo establecer una intervención temprana y reducir o prevenir lesiones futuras que comprometan la funcionalidad del niño, ya sea a corto, mediano o largo plazo.

Entonces, ¿Que vacío queda en medio de la multimodalidad de la evaluación neurológica?

Los avances tecnológicos y en investigación han permitido que los diversos métodos de evaluación mejoren su capacidad para predecir alteraciones motoras a futuro (19). Aunque todos establecen variedad de formas y mecanismos de evaluación, valoración o calificación, se ha identificado una regularidad en las evaluaciones de los recién nacidos, ante la presencia de alteraciones en el desarrollo motor y posturas atípicas, como la hiperextensión del cuello y el tronco, y la reducción del poder flexión activa, comparados a patrones referentes de "normalidad" (39).

Determinar qué tipo de evaluación realizar, el momento y cómo hacer su seguimiento, brinda la posibilidad de identificar alteraciones o problemas neurológicos tempranos para definir la posibilidad de tratamiento; constituyendo la oportunidad de cambiar el pronóstico del recién nacido en términos de funcionalidad, calidad de vida, incluso de desarrollo social (18). Desde el momento de la fecundación existen factores que pueden poner en riesgo el curso normal del desarrollo motor, cuanto más sean los factores de riesgo presentes, mayores posibilidades de presentar alteraciones pueden ser esperadas.

Los déficits del desarrollo neurológico, resultantes del nacimiento temprano pueden comprometer el rendimiento físico y mental del recién nacido tanto a corto como a largo plazo. Estudios realizados en recién nacidos prematuros han demostrado la importancia de intervenir tempranamente para mejorar los resultados de posibles tratamientos a nivel cognitivo y motor; sin embargo, a pesar de los avances aún no se ha logrado definir el tratamiento con mejores resultados a largo plazo. Se han establecido las bases por las cuales se identifican los factores de riesgo, la vía causal o los resultados no esperados en el desarrollo postnatal (51). Otros estudios también han demostrado que, en la primera infancia, uno de los principales factores que afectan el desarrollo del niño es el entorno familiar, que incluye tanto el cuidado y la estimulación proporcionada a los niños por los cuidadores (52).

## MARCO TEÓRICO

Según la OMS, un recién nacido es el producto de la concepción desde el nacimiento hasta los 28 días de edad. Y se clasifican de acuerdo con la edad gestacional(53):

- Recién nacido inmaduro: Producto de la concepción de 21 semanas a 27 semanas de gestación o de 500 gramos a menos de 1,000 gramos.
- Recién nacido prematuro: Producto de la concepción de 28 semanas a 37 semanas de gestación, que equivale a un producto de 1,000 gramos a menos de 2,500 gramos.
- Recién nacido a término: Producto de la concepción de 37 semanas a 41 semanas de gestación, equivalente a un producto de 2,500 gramos o más.

- Recién nacido postérmino: Producto de la concepción de 42 semanas o más de gestación.
- Recién nacido con bajo peso: Producto de la concepción con peso corporal al nacimiento menor de 2,500 gramos, independientemente de su edad de gestación.

Luego se considera que, pasados los 28 días, la clasificación que da la OMS del paciente pediátrico se da de acuerdo con la edad:

- Lactante/Niño de corta edad: 1 mes a dos años
  - Lactante Menor: de los 28 días hasta los 12 meses.
  - Lactante Mayor: de los 12 meses hasta los 24 meses.
- Niño preescolar: 2 a 5 años
- Niño Escolar: 6 a 11 años
- Adolescente: 12 a 18 años

El reconocimiento de la etapa en la que se encuentra el niño(a) que se está evaluando, determina el debate actual respecto a establecer el nivel de maduración del sistema, que implica tanto cambios anatómicos y estructurales que se integran en funciones inherentes, como modificaciones dados por el aprendizaje. Las tendencias evolutivas hacia una progresiva complejidad de la mirada biológica, genética y estructural del sistema nervioso resultan más que en el simple despliegue del mapa que haga la descripción de un órgano procesador de información. La función respecto al flujo de información y su relación con la formación de redes neurales, es la confluencia de factores genéticos y experimentales expuestos a diferentes eventos ambientales tales como estímulos sensoriales, la dieta, hormonas, o el estrés por lo tanto pueden desarrollarse de manera variable en cada individuo (54,55). Es en las fases más tempranas de la maduración - durante el desarrollo fetal y la infancia - siendo quizás las etapas más dramáticas e importantes (56).

## Maduración del sistema nervioso

Clásicamente se describen cambios anatómicos e histológicos, lo que se denomina morfogénesis descriptiva (57,58). La morfogénesis del sistema nervioso involucra al menos cinco procesos mayores que se hallan en parte regulados por factores genéticos más o menos secuenciales en el tiempo: El nacimiento de tipos celulares específicos, su migración

hacia el destino final, su crecimiento, el desarrollo de conexiones neurales, y la muerte celular (59); la figura 1, representa los eventos que suceden a lo largo del desarrollo como parte de un proceso duradero y permanente desde las primeras fases de la gestación hasta la adultez.

1. INDUCCIONES DORSAL Y VENTRAL	Semana 3 - 6
2. POLARIZACION Y SEGMENTACION EMBRIONARIA	Semana 3 - 8
3. PROLIFERACIÓN NEUROBLÁSTICA	Semana 4 - 16
4. SEGMENTACIÓN EMBRIONARIA Y MIGRACIÓN NEUROBLÁSTICA	Semana 8 - 24
5. ORGANIZACIÓN CELULAR Y SINAPTOGÉNESIS	Semana 20 -VPN*
6. SELECCIÓN SINÁPTICA Y MUERTE CELULAR PROGRAMADA**	Semana 24 -VPN*
7. MIELINIZACIÓN	Semana 24 -VPN*

\* VPN = vida posnatal  
 \*\* Estos procesos en algunos casos mal nominados involutivos, incluyen la sobreproducción y ulterior estabilización sináptica, la desaparición de rutas no funcionales y la muerte neuronal programada, como eventos propios del desarrollo.

**Figura 1.** Representación esquemática de los eventos neuro - ontogénicos por edad de aparición. Tomado de Zuluaga, JA. (2001). Neurodesarrollo y estimulación. Editorial Panamericana, editor. 2001. Pág. 53.

El desarrollo del sistema nervioso, se ha formulado a partir del ectodermo del embrión por medio de mecanismos de inducción dorsal y ventral, lo que se conoce como neuralización; en el ectodermo queda determinado el tejido neural y se forman las primeras estructuras embrionarias en dos momentos consecutivos, la inducción neural, con la marcación del territorio neural y el segundo en que se forman las estructuras iniciales, el tubo neural y cresta neural, en donde se instauran posteriormente todos los elementos que configuran el Sistema nervioso (60,61). La placa neural se origina a partir del desarrollo del embrión presomítico por el efecto inductor de la notocorda que es la prolongación precursora de la columna vertebral y que define el eje cefalocaudal del embrión (61). La neuralización, esperada hacia el final de la tercera semana de gestación se presenta de dos formas: la primaria, en la que se da la proliferación de células de la placa neural que se elevan y se fusionan para formar el tubo neural, cerrando los pliegues una vez se encuentran en la línea media dorsal, quedando entonces dos extremos abiertos del tubo neural, el neuroporo anterior y el posterior. Antes de finalizar el cierre del tubo neural, se inicia una diferenciación macroscópica que da origen a las vesículas primarias. El día 26 y 28 de gestación, durante la neuralización secundaria, el tubo neural queda como cilindro cerrado. (62)

La sucesión de eventos comienza a ser más rápida, la formación de vesículas cambia el extremo anterior del tubo neural, formando el cerebro anterior o prosencéfalo, el cerebro medio o mesencéfalo y el cerebro posterior o romboencéfalo, el restante del tubo neural se transforma en la médula espinal (62). El gradiente de crecimiento céfalo-caudal por el que se da el desarrollo acelerado del extremo cefálico del embrión se conoce como encefalización (61); en tanto el tubo neural se organiza de manera dorso-ventral, proceso clave para el desarrollo y la diferenciación de los tipos neuronales, pues según las señales que recibe cada zona del tubo neural se da la especificación celular, la parte más dorsal del tubo es especializada en desarrollar neuronas sensoriales, mientras que la porción ventral se encarga de las neuronas motoras (62,63). Las señales morfogenéticas con patrones espacio-temporales precisos regulan la especificación y el destino diferenciado de funciones cerebrales específicas, sin embargo es preciso señalar que, a pesar que esta organización y/o configuración es señalada como lo esperado en un proceso “normal” del desarrollo embrionario, variaciones y elementos que hacen que el resultado no es solo parte de una evolución lineal del sistema nervioso; si no que, se modifica gracias a procesos particulares en cada individuo (64).

La producción de células nerviosas se denomina proliferación celular. Entre el segundo y cuarto mes de gestación se produce un aumento marcado del número de células, que forma una capa gruesa en lo más profundo del tubo neural, la población de células que recubre el tubo neural inicialmente son similares, gradualmente forman una capa empaquetada que se denomina capa ventricular, que posteriormente se dividen y allí proliferan las neuronas y las células gliales por división repetida de células que tienen un único precursor celular: los neuroblastos, que dan lugar a las neuronas y los glioblastos a las células gliales (55). La activa proliferación y reordenamiento de las células neuroepiteliales del tubo neural cambian de aspecto desde la pared, adquiriendo una distribución netamente estratificada, presentando tres capas: una interna llamada ventricular o endimaria, una intermedia o manto y la externa llamada marginal (63).

Posterior a la formación celular por división mitótica, las células nerviosas comienzan un proceso de desplazamiento llamado migración que ocurre durante el segundo trimestre. Durante esta fase del desarrollo el movimiento celular no se da al azar, estudios realizados por Rakic (1985), muestran que algunas células del encéfalo se mueven a lo largo de otras que han aparecido tempranamente, estas ocuparán capas corticales más profundas,

mientras que las células formadas tardíamente ocuparán posiciones superficiales (65), de esta forma la migración se produce desde abajo hacia arriba hasta lograr estar instaladas, organizadas y establecer conexiones entre ellas. Una vez se termina este proceso, llegando a su localización definitiva, las neuronas se independizan de las guías y tienden a agregarse quedando bajo la influencia de factores de adhesión regulados genéticamente para organizarse en las capas que constituyen la corteza cerebral y cerebelosa (55).

A lo largo del ciclo de la vida, la célula no solo se divide y varía en cantidad, si no que cambia de estructura y adquiere funciones específicas, este proceso se conoce como diferenciación. La división celular da origen a al menos dos células que dejan de ser iguales entre sí, aunque puedan ser muy parecidas cada una presenta una identidad propia; la célula precursora, posee capacidad de autorreplicación, produciendo factores de transcripción que autorregulan el proceso de división. En este proceso intervienen dos factores, los factores genéticos que determinan aquello que la célula es capaz de hacer y las señales que recibe del entorno, estas modifican los determinantes citoplasmáticos influyendo el destino celular (66). De esta forma, las células teóricamente mantienen la capacidad de división celular hacia cualquier tipo, dependiendo de la modulación de los dos factores que determinan su desarrollo individual, además de su influencia por y sobre células vecinas (59).

Durante el último trimestre y los dos primeros años de vida, el ritmo de organización es acelerado, para luego disminuir hasta los diez años y finalmente hacerse de forma pausada durante el resto de la vida (55). Este proceso proliferativo, de división y diferenciación está regulado por la muerte celular programada, que resulta ser una fase crucial en el desarrollo del encéfalo, especialmente en la etapa embrionaria. Durante el desarrollo del sistema nervioso se generan un gran número de neuronas que selectivamente ha de ser eliminadas; estas necesitan factores de crecimiento para sobrevivir, si de alguna manera no los consiguen mueren, de estos factores de crecimiento se reconocen tres: el factor de crecimiento nervioso, el factor neurotrófico derivado del cerebro, y la neurotrofina (65).

En consideración de todo lo anterior, cada uno de los momentos por lo que el cerebro humano adquiere su función y estructura, han entrañado una serie de esfuerzos para develar los procesos significativos que determinan los procesos postnatales. El estudio del desarrollo diferencial entre especies ha permitido dar relevancia a los procesos internos que

hacen que incluso el volumen y el tamaño del cerebro humano sea uno de los descubrimientos característicos del hombre y la complejidad funcional del sistema nervioso, su desarrollo y su interacción con el entorno.

Como se ha mencionado, la arquitectura del cerebro se desarrolla antes del nacimiento, la mayoría de las neuronas se produce a mediados de la gestación y al momento de nacer ya se han organizado. El proceso que acompaña la organización, se llama mielinización, se inicia en torno a la decimocuarta semana de gestación y dura varios años, la mielina permite que la conducción nerviosa sea más rápida y perfecta, es producida por los oligodendrocitos (55), es un material adiposo compuesto por agua, lípidos y proteínas, se acumulan creando vainas en torno al axón (55,67). Las distintas regiones de la corteza cerebral se mielinizan en etapas diferentes, hacia el final de del segundo trimestre de gestación se han mielinizado las raíces y la médula espinal, y se ha iniciado en el tronco encefálico, el haz corticoespinal termina a los 2 años, el cuerpo calloso lo hace en la adolescencia y la vía de asociación entre la corteza prefrontal ipsilateral, los lóbulos temporal y parietal alrededor de los 30 años (68). El recubrimiento de las conexiones entre neuronas con una membrana especializada permite la adecuada transmisión de los impulsos nerviosos, es esencial para la función normal del cerebro y fundamental en el neurodesarrollo humano, la vaina de mielina permite la transferencia de información rápida y requerida para el movimiento coordinado, la toma de decisiones, el comportamiento y funciones emotivas(69).

El músculo esquelético se origina en los somitas y durante las primeras cinco semanas de gestación aparecen los precursores de las células miogénicas, el denominado estadio premioblástico. Los mioblastos proliferan entre la quinta y la octava semana comenzando a transcribir sus RNA mensajeros para las principales proteínas contráctiles, la actina y la miosina. El proceso fundamental tiene lugar entre la semana 8 y 15 de la gestación y consiste en la fusión del mioblasto con otras células similares en un miotubo multinucleado. En este estadio la síntesis de proteínas reguladoras de la contracción muscular, troponina y tropomiosina, se ensamblan en miofibrillas. Luego de la semana 15 el miocito cobra un papel importante, pues las células que se encontraban organizadas linealmente en la etapa miotubular, migran hacia la periferia, logrando la diferenciación de las fibras musculares (70). Es este proceso de maduración celular que lleva al patrón de inervación y de mielinización, velocidad de conducción y frecuencia de descarga, la diferenciación se dará de acuerdo con el patrón de inervación.

Por esta razón, se ha estudiado el mecanismo por el cual se regulan los parámetros que modulan la velocidad y la conducción de la señal de un axón a otro adyacente, admitiendo que la mielinización es un proceso dinámico del sistema nervioso, en el que la actividad neuronal influye mediante la sincronización y coordinación de la red neural. Los avances científicos han propuesto la formación de mielina como parte de la función de remodelación de la membrana; ahora se sabe que los oligodendrocitos no sólo son precursores, si no que regulan la función promoviendo la inhibición de esta. Se considera que la mielina no es simplemente una estructura estática que asegura una conducción rápida, los oligodendrocitos son sensibles y actúan de acuerdo a las necesidades de la célula nerviosa, y a las conexiones que esta establezca, tiene la capacidad de modular el flujo de información en los circuitos neuronales, pueden reemplazar, aumentar o reducir el grosor y/o la longitud de vainas existentes, sustituir o eliminar vainas que deben ser reemplazadas, logrando un cambio funcional en todo el circuito neuronal de acuerdo a los ajustes que se realicen a nivel local, actividad resultante de estímulos externos experimentados por el individuo (71).

## Sinapsis, modelación y remodelación cortical

Además de identificar la estructura molecular y la distribución anatómica, dando lugar a la comprensión profunda de los cambios que se producen de manera secuencial en tiempo y en espacio, que pueden o no ser programados, se han reconocido elementos bioquímico-moleculares por los cuales se da la transmisión de la información, el progreso en la identificación de sustancias transmisoras o neuroactivas, ha esclarecido la determinación sináptica y los acontecimientos que suceden en la sinapsis. Estas sustancias pueden ser intrínsecas o extrínsecas, y la cantidad de estas varían a lo largo del desarrollo, y parecen estar influenciadas por las experiencias sensoriales (55,72). En 1897, Sherrington introdujo el término "sinapsis" y durante muchos años se consideró el sistema nervioso como una estructura funcionalmente inmutable y anatómicamente estática; Lugaro y Ramón y Cajal con diversas variaciones expusieron cambios en las propiedades de las neuronas o en sus interconexiones, otros demostraron a partir de modificaciones morfológicas como la regeneración de axones, la formación de nuevas sinapsis, hasta los cambios que modifican la respuesta de las sustancias transmisoras (73), lo que llevó a considerar el término

plasticidad sináptica para describir los cambios en las propiedades funcionales de una sinapsis como resultado de su actividad, pensando que esta "plasticidad" es la base neural para el comportamiento adaptativo (74).

Uno de los cambios de paradigma más importantes en la comprensión de cómo se organiza, se remodela y se reordena el sistema nervioso, entendiéndose que el desarrollo cerebral dista de estar completo en el recién nacido ya que después del nacimiento, las experiencias desempeñan un papel importante en el modelado y afinación de las conexiones y redes corticales (67). Muchas redes se forman de manera parcial en el cerebro del neonato, se crean ciertas conexiones que luego en la edad adulta decrecen e incluso desaparecen. Factores como la actividad de una red neural determinada por la experiencia, definiendo si una conexión debe estabilizarse o establecerse de manera permanente, este es un factor clave para la plasticidad del cerebro que aún se encuentra en desarrollo, su adaptabilidad respecto a la experiencia, lo que le da valor inherente al instinto de supervivencia (67).

La plasticidad neuronal permite al sistema nervioso modificarse para formar conexiones nerviosas en respuesta a información nueva, la estimulación sensorial, el desarrollo, la disfunción o el daño (73). Bruce Dobkin, propuso los mecanismos plásticos en dos grupos: el primero, mecanismos de plasticidad en las redes neuronales que puede darse mediante la recuperación de la excitabilidad neuronal, actividad en vías neuronales parcialmente indemnes, plasticidad representacional con neuronas tipo ensamble, reclutamiento de redes paralelas no activas, reclutamiento de subcomponentes en redes distribuidas, modulación de la excitabilidad de subredes por neurotransmisores; el segundo, los mecanismos de plasticidad en las sinapsis con la modulación neuronal de la señalización intracelular, plasticidad sináptica, brotes axonales y dendríticos colaterales indemnes, y regeneración axonal (75).

Entonces, la neuroplasticidad posee distintos mecanismos por lo que se lleva a cabo, pueden ser de orden eléctrico, genético, estructural, bioquímico y molecular. Hasta el momento se han descrito dos rutas para lograr la potenciación y la depresión a largo plazo, procesos fundamentales para consolidar la memoria; uno depende básicamente de los cambios en las propiedades de los canales iónicos y el otro por los cambios en la fuerza y la intensidad de la sinapsis entre neuronas, estos dependen de los mecanismos específicos por los cuales se da la actividad sináptica de acuerdo con el tipo de neurona y a la región

del cerebro implicada. Esto permite caracterizar la plasticidad como un proceso dinámico que funciona como engranaje entre los componentes físicos, anatómicos y moleculares con el ambiente externo que modifica la realidad interna modulando los estados de activación o inactivación de sus componentes (73). Esta actividad está organizada en redes, de tal manera que las áreas corticales están funcionalmente conectadas ya sea de manera directa o a través otras estructuras subcorticales o intermedias (76); así, todas las áreas del cerebro están conectadas por fibras de asociación lo que permite interacciones permanentes que adecuen las respuestas y la actividad neuronal de forma global. Aunque la organización cortical desde el periodo embrionario se caracteriza por la especialización estructural y funcional, la información que llega al sistema nervioso central debe ser codificada, comparada, almacenada y/o ejecutada de manera que dé respuesta al estímulo que la produjo, que no solo puede provenir de una sola entrada sensorial. De forma compleja los circuitos interconectados desde las diferentes áreas generan correspondencia en la información y son capaces de interpretar y emitir respuestas eficientes a cualquier estímulo (77).

Durante el siglo pasado, la evolución en la comprensión del desarrollo motor permitió el reconocimiento de los mecanismos que gobiernan las funciones del sistema nervioso. Así mismo los avances se extendieron rápidamente, la expansión del conocimiento se logró gracias a técnicas genéticas, fisiológicas, neuroquímicas y diagnósticas. El debate respecto a determinar, si la estructura y función neuronal preexiste o es el resultado de las interacciones con el medio ambiente y la experiencia, es una de las apuestas ha permitido pensar que la estructura base cerebral, el número y el tipo de neuronas, los circuitos son innatos pero que los patrones de conexión entre ellos son dependientes, se adaptan y se modifican por la experiencia (78).

## El control motor y la complementariedad de sus teorías de procesamiento

En el campo del control motor los últimos avances han permitido un cambio gradual en el concepto inicial basado en la teoría refleja de Sherrington. Por el cual se entiende el comportamiento motor se regula a partir de mecanismos reflejos, defendiendo que la

ejecución de acciones ocurre a partir de estímulos que desencadenan una serie de eventos físicos que impulsan la respuesta de movimiento (79). La noción de la motilidad y el comportamiento complejo como resultado de la actividad de la médula espinal y el tronco encefálico, define la necesidad de tres estructuras: el receptor, la vía conductora y el efector, que para que estos actúen de forma sucesiva y encadenada debe existir un estímulo que genere la activación refleja; entonces, en un sistema nervioso sano la suma de reflejos simples lleva a la producción de acciones mayores, constituyendo el comportamiento de un individuo como un todo. La limitación de este modelo se centró en considerar el reflejo como unidad básica del comportamiento, dado no reconoce ni explica los movimientos que ocurren en ausencia de un estímulo sensorial, no comprende los movimientos de ejecución rápida en los que la secuencia sucede tan rápido que no permite el feedback sensorial del movimiento para producir el siguiente. Adicional, el modelo de encadenamiento de reflejos no explica por qué un estímulo puede desencadenar múltiples respuestas (80).

Otro modelo propuesto, la teoría jerárquica, organiza el cerebro de acuerdo con cómo se procesa la información. Reconoce un nivel superior, medio e inferior, correspondientes a las áreas de asociación superior de la corteza y a los niveles espinales de la función motora. Asume que todos los aspectos de planificación y ejecución del movimiento son responsables de uno o más centros corticales. Se representa el alto mando en el sistema nervioso central, que es capaz de coordinar y regular el movimiento con o sin referencia del feedback sensorial (80). De su estudio resultó la posibilidad de indicar que los reflejos hacen parte de la jerarquía del control motor y que pueden ser inhibidos por los centros de control superior, así se establece que los reflejos no son el único determinante del control motor, si no lo hace parte de una serie de procesos esenciales para la generación y el control del movimiento (80). El proceso de corticalización del sistema nervioso central que genera la aparición de esos niveles superiores, es responsable del proceso de maduración del cerebro, en tanto es agente primario del desarrollo motor (81).

Nicolai Bernstein plantea una visión basada en el entendimiento de las características del sistema que está actuando, considerando que todo el cuerpo es un sistema mecánico, una masa sujeta a fuerzas internas y externas que influyen sobre este. Sugiere, además, que el control del movimiento se debe a la distribución de la tarea en sistemas interactivos engranados para trabajar de manera cooperativa y lograr una tarea. Teorías actuales más allá de explorar las reacciones, pretenden explicar la fisiología de la acción y el

procesamiento para la ejecución. La teoría de la programación motora propone la posibilidad de movimiento, sin ser necesaria la existencia de una acción refleja, de esta manera patrones rítmicos son resultado de acciones moduladoras de los estímulos sensoriales, el cambio de la intensidad del estímulo genera cambios en la respuesta, el generador se denomina patrón central y corresponde a un circuito neural específico. Sin embargo, un programa motor central no puede ser considerado único determinante para la acción, dado que las condiciones en las que se solicite la ejecución cambian también la respuesta en forma y en intensidad (80). Por otro lado, el procesamiento en serie y en paralelo. El primero puede describirse como la secuencia de procesos sensorio motores mínimos requeridos para la ejecución de un movimiento simple, en el caso de alcanzar un objeto por ejemplo, debe establecerse la meta del movimiento codificando la ubicación primero por el sistema visual, para luego definir la trayectoria deseada en coordenadas orientadas a la tarea, la información será procesada de tal forma que a nivel motor se traduzca en definir de manera cinemática y dinámica la trayectoria deseada en las coordenadas del cuerpo. En algunos casos será necesario también escalonar la información en niveles intermedios de procesamiento, sin embargo, la información fluirá de manera lineal. Por otro lado, el procesamiento en paralelo se basa en las relaciones anatómicas existentes entre la corteza y los ganglios basales, en donde el flujo de la información se separa entre los múltiples circuitos (82).

La mirada general contempla que el control motor de los movimientos rítmicos como la locomoción, la respiración, la succión y la masticación se basa en los llamados generadores de patrones centrales (GPC). Estos, son redes neuronales que son capaces de coordinar de manera autónoma, la actividad de los músculos; es decir, no requiere de información segmentaria sensorial o supraespinal, dado para que actúen es necesario solo una mínima entrada sensorial o un nivel mínimo de sustancias neuroactivas (83), y que relaciona con la forma en la que el sistema procesa la información, teniendo en cuenta la adquisición de nuevas habilidades y cómo estas pueden determinar uno o varios caminos para su ejecución, la formación de circuitos alternos permite modificar la ejecución dado existe una propagación retrógrada que alimenta la información existente, la mejora y la aprende (80).

Las variaciones conceptuales acerca del control motor han sido paralelos a los cambios en las ideas respecto al desarrollo motor y la evaluación neurológica del recién nacido o el infante, considerando que el desarrollo motor es el despliegue de patrones predeterminados

en el sistema nervioso central en el que interactúan continuamente procesos genéticamente instaurados y ambientalmente impulsados (40), que se ve afectados por la combinación de las predisposiciones genéticas, el entorno físico y social; por lo tanto, el desarrollo cerebral adecuado depende de ambas experiencias prenatal y postnatal, siendo el resultado la continua interacción entre la genética y el contexto en el que desarrolla (84,85).

## El desarrollo motor como proceso variable

Estas consideraciones respecto al desarrollo motor y su variabilidad dependiente de elementos de distinta naturaleza han sido la fuerza motriz para modificaciones sucesivas de la evaluación clínica del recién nacido. Haciendo especial énfasis en los signos que dependen de la integridad de las estructuras superiores, como el tono axial y el estado de alerta, así como de los patrones de movimiento elaborados y complejos que se identifican desde la etapa de desarrollo fetal. Es así como evaluar la función neuromotora cambiante del bebé desde el período neonatal hasta etapas maduras, resulta ser el propósito de la evaluación neurológica del recién nacido.

Una de las escuelas que hace su propuesta desde la premisa de detectar anomalías transitorias y permanentes en el desarrollo neuromotor de un bebé, es la evaluación neurológica de Amiel-Tison, siendo su objetivo principal es examinar el tono muscular activo y pasivo (86). Es una extensión del método francés de evaluación neurológica infantil iniciado por André Thomas y Saint-Anne-Dargassies (1960). Esta evaluación es válida tanto para el recién nacido a término como para el recién nacido prematuro (87), evalúa la función neurológica en estudios iniciales, para detectar signos tempranos de disfunción neuromotora en el recién nacido, clasificando los resultados en desviaciones leves o graves del desarrollo normal (86).

## El tono muscular y su progresión: una evaluación más allá de lo reflejo

En el lactante prematuro, el tono muscular evoluciona desde un estado de hipotonía global del eje y las extremidades a las 28 semanas de gestación, hasta la hipertonía y el comienzo de la flexión en las extremidades inferiores a las 30 semanas de gestación. La flexión en

las extremidades inferiores se fortalece a las 32 semanas de gestación, hasta que la flexión de la cadera ocurre a las 34 semanas con el inicio del tono flexor en las extremidades superiores. A las 36 semanas, el tono flexor domina en el tronco y las extremidades. A las 40 semanas, los músculos flexores y los músculos extensores se han igualado y las extremidades superiores e inferiores se mantienen en flexión. En resumen, el tono muscular aumenta en dirección caudo-cefálica, y los músculos flexores se desarrollan un poco más tarde que los músculos extensores hasta las 40 semanas de gestación (88). Posteriormente, y ya en el ambiente extrauterino se lleva a cabo el proceso de desarrollo interactivo con el ambiente que involucra la disminución del tono muscular general en sentido cefalocaudal hasta alcanzar a los 9 meses la inadecuadamente llamada “hipotonía fisiológica del lactante”.

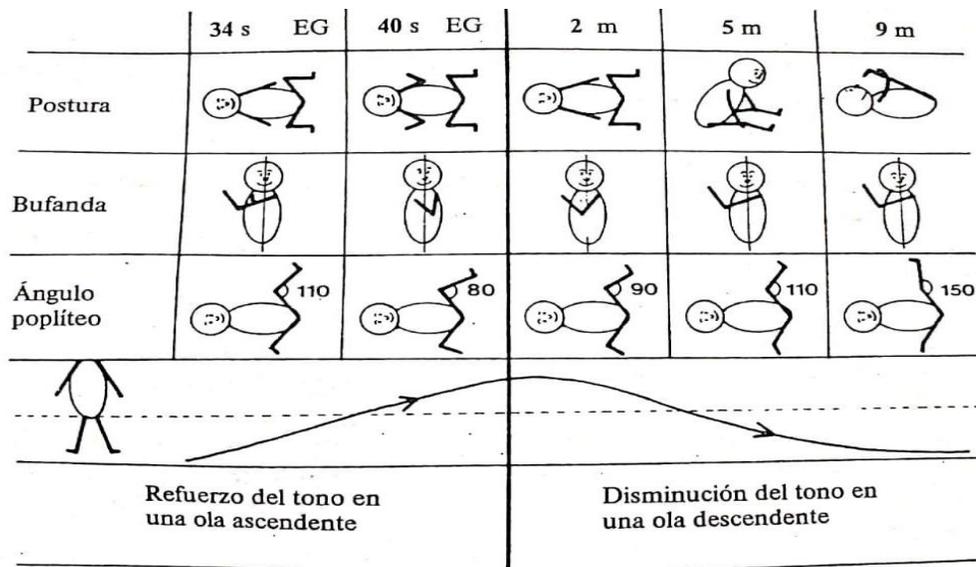
El tono muscular pasivo, hace referencia a la exploración por parte del examinador de la extensibilidad de los músculos midiendo la amplitud de los movimientos pasivos en respuesta al movimiento lento de las extremidades y el tronco del bebé a través de la gama normal de arcos de movimiento (ángulos franceses), mientras está en un estado de calma o ideal de alertamiento (86,88). Esta evaluación debe hacerse de manera bilateral con el fin de establecer asimetrías. La cabeza del bebé debe mantenerse en la línea media durante estas maniobras para evitar provocar el reflejo tónico asimétrico del cuello. La extensibilidad se evalúa mediante la estimación visual del ángulo, por referencia a ciertos puntos anatómicos o por una comparación de la amplitud de las incurvaciones (87). En lo que respecta al tono pasivo en las extremidades, dos maniobras son suficientes: el signo de la bufanda y el ángulo poplíteo. Para evaluar el tono pasivo en el eje del tronco, la comparación de las incurvaciones ventrales y dorsales proporciona una evaluación válida del control superior ejercido sobre el sistema antigravitatorio inferior (20,87).

En contraste, el tono activo es registrado por el examinador a partir de demandas motoras relacionadas con cambios posturales inducidos por el mismo, dando opción al bebé de moverse espontáneamente en respuesta a los estímulos generados. El propósito de esta evaluación es observar el movimiento coordinado de los grupos musculares (86). Dentro de las maniobras que propuestas para esta evaluación se encuentran: 1) la reacción activa de enderezamiento global en posición vertical; 2) paso activo de la cabeza hacia adelante durante la maniobra de elevación para sentarse; y 3) paso activo de la cabeza hacia atrás cuando se presenta al infante con la maniobra de reposo hacia atrás. Estas tres respuestas

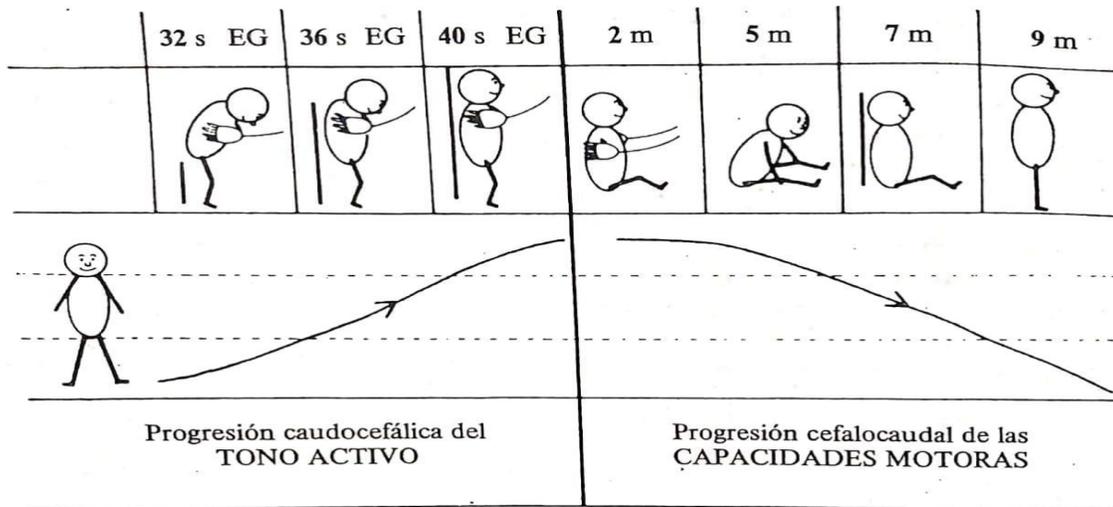
permiten el análisis de las fuerzas antigraedad (sistema inferior) y el control ejercido sobre estas fuerzas antigraedad por el sistema superior. Es esencial enfatizar que el objetivo de estas maniobras combinadas es probar el compromiso activo de los músculos agonistas y antagonistas en el eje en reacción a la movilización pasiva del tronco hacia adelante y hacia atrás (87).

El seguimiento recomendado por Amiel Tison es de un año, garantizando que al final de cada período de 3 meses el examinador pueda hacer impresiones en cuanto a estados de hiper-excitabilidad, letargo y anomalías de tono pasivo y activo. Entonces, al final del primer año, un resumen permite al examinador describir patrones anormales de la función neuromotora como transitorios, persistentes o inexistentes (86).

El manual de procedimientos de Amiel-Tison incluye las instrucciones para la aplicación e interpretación de la evaluación, así como el formulario de registro para evaluaciones mensuales (86). Para la presente investigación se usaron algunos elementos de dicho formato (Anexo 3), es importante tener en cuenta, cómo el tono muscular del recién nacido se agrupa en las mitades superior e inferior del cuerpo junto con la evolución del tono axial. A continuación, se muestran los esquemas de progresión propuestos por Claudine, los cuales fueron usados para el registro de los hallazgos de la evaluación del tono muscular en los bebés que hicieron parte de la presente investigación.



**Figura 2.** Representación esquemática de la evolución del tono pasivo durante el último trimestre de la gestación y el primer año de vida. Tomado de Claudine Amiel Tison (1988). *Vigilancia Neurológica Durante el Primer Año de Vida. Masson, S.A., Tabla VI, pág. 41.*



**Figura 3.** Representación esquemática de la evolución del tono activo durante el último trimestre de la gestación y el primer año de vida. Tomado de Claudine Amiel Tison (1988). *Vigilancia Neurológica Durante el Primer Año de Vida. Masson, S.A., Tabla VII, pág. 41.*

El desarrollo de la postura y la movilidad en los recién nacidos requiere un equilibrio óptimo entre el tono muscular activo y pasivo. Los problemas neuromotores en los recién nacidos prematuros son causados por desequilibrios que se producen como resultado de la salida temprana del entorno uterino. Después de la exposición del neonato al ambiente extrauterino, algunos factores fisiológicos y ambientales pueden contribuir a los desequilibrios de los grupos musculares: inmadurez neuromuscular, dirección caudocefálica del desarrollo neurológico, hipotonía global, fuerza gravitacional y posición prona durante largos períodos en la superficie plana. Por lo tanto, es probable que la movilidad, que es vital para el desarrollo de una postura normal, se vea impedida en el bebé prematuro (88).

Los problemas neuromotores en los recién nacidos prematuros son causados por desequilibrios musculares tanto en la evaluación pasiva como activa, y se producen como resultado de su nacimiento temprano. Después de la exposición del bebé al ambiente extrauterino, algunos factores fisiológicos y ambientales pueden contribuir a los

desequilibrios de los grupos musculares; por lo tanto, es probable que la movilidad, que es vital para el desarrollo de una postura normal, se vea impedida en el bebé prematuro (88).

### El movimiento como elemento integrador

El desarrollo del neonato es ampliamente marcado por el movimiento espontáneo, la mayoría de las primeras investigaciones sobre la motilidad espontánea concluyeron que estos movimientos cumplen una función adaptativa en el desarrollo temprano, la formación de sistemas anatómicos y sensoriomotores y el desarrollo de habilidades motoras para conductas dirigidas a objetivos como caminar (89).

Prechtl y su grupo de investigadores a partir de su interés particular por la actividad motora espontánea de los niños pequeños originó sus investigaciones en observaciones sistemáticas de la motilidad fetal, demostrando que muchos de los patrones motores identificados en la etapa prenatal se mantienen presentes después del nacimiento tanto para bebés nacidos a término como para aquellos que nacen antes de tiempo (89,90). El análisis cuantitativo de los patrones de movimiento en bebés de alto y bajo riesgo permitió identificar características diferentes entre ellos dando lugar a la descripción cualitativa involucrando juicios globales sobre la calidad de los patrones de movimiento (91).

La evaluación continua del recién nacido basada en la observación de un grupo de movimientos espontáneos da lugar a identificar los llamados “movimientos generales”, argumentados como los patrones de movimiento temprano más frecuentes y complejos, manteniendo sus características durante varias semanas después del nacimiento (90,92). Luego, este patrón de movimiento fetal desaparece y es reemplazado por un patrón de movimiento transitorio cualitativamente diferente, que luego es seguido por comportamientos manipuladores (90). Los movimientos generales normales se describen como movimientos que involucran todo el cuerpo, que duran desde unos pocos segundos hasta varios minutos o incluso más. De particular interés es la complejidad y variabilidad de estos movimientos en términos de intensidad, fuerza y velocidad, y la secuencia de movimientos de piernas, brazos, cuello y tronco que se producen (45,91).

El análisis cualitativo de dichos movimientos consiste en la percepción de la complejidad, variabilidad y fluidez del movimiento. Son endógenos y activos, y se ha descrito, reflejan la madurez del sistema nervioso del recién nacido (91). Se ha utilizado en gran medida en los últimos 30 años como una herramienta de diagnóstico para la evaluación neurológica del recién nacido (93).

De acuerdo con el modelo de Prechtl los patrones específicos de movimiento espontáneo en el recién nacido se definen de la siguiente manera (94):

1. Los movimientos generales (GM) son movimientos que involucran todas las partes del cuerpo, con una duración que varía de unos pocos segundos a varios minutos.
2. Los movimientos aislados de brazos o piernas son movimientos rápidos o lentos, que implican flexión, extensión, rotación, aducción o abducción de una extremidad, sin movimientos de ninguna otra parte del cuerpo.
3. Los sobresaltos son movimientos rápidos y generalizados, que siempre comienzan en las extremidades y a veces se extienden hasta el cuello y el tronco. Dependiendo de la postura inicial de la extremidad, las extremidades pueden flexionarse o extenderse.

El método plantea una técnica estandarizada, basada en la observación de grabaciones de video con características metodológicas específicas como el procedimiento de grabación, el momento de la evaluación, la selección de movimientos generales y el análisis de movimiento (93). Los movimientos generales poseen patrones específicos de movimientos que se pueden caracterizar en dos tipos: los movimientos retorcidos o los movimientos inquietos. Los movimientos retorcidos aparecen desde el periodo a término hasta aproximadamente los dos meses postérmino, y muestran relación con los observados en el periodo prenatal. Se caracterizan por su variabilidad (amplitud, velocidad, fuerza e intensidad), complejidad (movimientos de retorcimiento) y fluidez (involucrando todo el cuerpo). Se disipan progresivamente y son reemplazados por los movimientos inquietos. Estos son pequeños movimientos circulares de pequeña amplitud, de velocidad moderada y aceleración variable del cuello, tronco y extremidades en todas las direcciones; son continuos en el recién nacido despierto y se pueden ver tan pronto él bebe cumpla 6 semanas después del nacimiento (91). Existen diferencias individuales en la edad de inicio y duración según lo revelado por las observaciones longitudinales. Se especula que los movimientos "inquietos" pueden estar relacionados con una calibración postnatal del

sistema propioceptivo (90). La ausencia de estos movimientos permite la selección de pacientes en riesgo de desarrollar parálisis cerebral con una sensibilidad del 95% y una especificidad del 96% (91).

La evaluación original de los movimientos generales exige un entrenamiento juicioso de la técnica y los criterios de cualificación de los recién nacidos y lactantes (91). Entonces, a pesar de ser una herramienta con evidencia fuerte de su utilidad, limita el acceso y la aplicación de manera rutinaria en las UCIs neonatales o en los programas de seguimientos para los niños(as) considerados de riesgo, como el programa madre canguro. Por tanto, esta investigación plantea una evaluación de la motilidad espontánea basada en los criterios que han permitido el desarrollo de esas otras herramientas de evaluación cualitativa, sin desconocer su trayectoria e importancia. Pero, basados en criterios observacionales de las cualidades de los movimientos del recién nacido o lactante.

Para la presente investigación proponemos 3 categorías de cualificación del repertorio motor espontáneo de los niños(as):

**SIMETRÍA:** Describe movimientos de las extremidades que no necesariamente ocurren de manera simultánea. La activación de los dos hemicentros motores describe tanto respuesta agonista como antagonista bajo el criterio de heterocronía del movimiento. Respecto al axis corporal, la bilateralidad demuestra una correlación temporal en el movimiento de las extremidades, sin ser necesario que ocurra en espejo.

**ARMONÍA:** La extensión y flexión de las extremidades son complejas, con rotaciones superpuestas y, a menudo, ligeros cambios de dirección del movimiento haciendo que sea fluido y elegante, creando la impresión de variabilidad.

**CALIDAD:** Incluye características de los movimientos complejos en cuanto a la velocidad de su ejecución, variabilidad y fluctuaciones sutiles de amplitud y fuerza. No son monótonos ni caóticos.

# DISEÑO METODOLÓGICO

## TIPO DE ESTUDIO

El enfoque metodológico de este estudio fue descriptivo, lo que permitió caracterizar la motilidad espontánea en niños(as) de 1 a 3 meses de edad o edad corregida. De tipo prospectivo longitudinal, con lo que se logró describir los resultados obtenidos relacionados con la evaluación intra-sujeto del tono muscular de acuerdo con la etapa del desarrollo en la que se encontró cada niño(a) participante, se realizaron evaluaciones y mediciones periódicas, de las características de la motilidad espontánea y tono muscular activo en cada niño(a). La medición periódica se planteó con el objetivo de hacer un seguimiento de los cambios en el desarrollo inicial de cada niño(a), siendo este mismo el control para dicha medición.

## PROTOCOLO INSTRUMENTAL

### Lugar del estudio:

La investigación se realizó en el Hospital Universitario Clínica San Rafael (Unidad de cuidados intermedios y básicos; Programa Plan Canguro) en niños pretérmino con diagnóstico de bajo peso al nacer

### Toma de datos:

- Fueron programadas 3 evaluaciones, una cada mes de acuerdo con el día en que se hizo la primera evaluación.
- La evaluación no superó los 30 minutos, y fue suficiente un video de 2 a 3 minutos. Se tomaron medidas que garantizan la comodidad del niño(a) y su mamá, como ambiente, temperatura, elementos que pudieran favorecer el estado comportamental óptimo para la evaluación. Se realizó en el hospital y de manera ambulatoria, tal como fue acordado con las madres. El intervalo entre grabaciones se programó teniendo en cuenta la disponibilidad del niño(a) y la mamá para la evaluación. Teniendo en cuenta que dentro de la condición de menores de alto

riesgo puede tener reingresos hospitalarios, se consideró que esto pudiese implicar una reevaluación para determinar si existían criterios de exclusión del estudio, fuese por condiciones que afectan la integridad del sistema nervioso o la imposibilidad de llevar a cabo la evaluación dentro del límite de tiempo definido anteriormente.

Los infantes estuvieron parcialmente vestidos, un pañal o un body de tal manera que pudieran ser registrados los movimientos de las extremidades y estos no se vieran limitados; en posición supina, después de la alimentación, e idealmente en los períodos de vigilia activa (4).

- Teniendo en cuenta la posibilidad de que algunos niños requirieran estar hospitalizados los primeros meses, en tanto cumplían con el peso necesario para ingresar al plan canguro al que asistieron de manera ambulatoria a las valoraciones, el seguimiento inició en la unidad de cuidados intermedios o básicos del hospital, garantizando las mismas condiciones de seguridad y comodidad para el niño y la madre.

#### Técnicas de recolección de datos:

- Las técnicas que se utilizaron fueron la entrevista, con el propósito de obtener información relativa a las características predominantes de la población seleccionada, aplicando el proceso de interrogación y registro de datos.
- La observación, que permitió captar la realidad del fenómeno en estudio.
- Se usó la grabación de vídeo, con el fin de tomar datos reproducibles que permitiera la caracterización objetiva de los movimientos del niño(a).

Para la filmación se usó una cámara filmadora portátil a una distancia de 30 a 35 cm en los casos evaluados en la unidad de cuidados intermedios y básicos; y a 80 cm en los casos de las evaluaciones que se realizaron de manera ambulatoria considerando en ambos casos las condiciones y espacio disponible para la grabación, teniendo en cuenta una vista superior del cuerpo entero del bebe.

Diariamente los videos fueron guardados en la memoria de la filmadora y al finalizar el día se guardaron en el computador personal de la investigadora, con el fin de liberar la memoria y garantizar un único lugar en donde se encontrarán los videos de los niños(as).

Instrumentos para la recolección de datos: Los Instrumentos que se emplearon fueron:

- Consentimiento informado, instrumento de aceptación de la participación en el estudio (Anexo 1)
- Hoja de registro de datos básicos del niño(a) y la madre (Anexo 2)
- Registro de evaluación, donde se presentarán los elementos determinantes de la valoración de cada niño(a) (Anexo 3)
- Cámara de video para el registro de la evaluación
- Computador para el registro y custodia de los datos

## DEFINICION DE LA POBLACIÓN

Niños(as) entre 1 y 3 meses de edad corregida

### POBLACIÓN DE REFERENCIA

Niños(as) entre 1 y 3 meses de edad corregida que fueron atendidos en el Hospital Universitario Clínica San Rafael de Bogotá

### POBLACIÓN DE ESTUDIO

Niños(as) entre 1 y 3 meses de edad corregida residentes en la ciudad de Bogotá que se encuentran hospitalizados o pertenecen a plan canguro del Hospital Universitario Clínica San Rafael (Unidad de cuidados intermedios y básicos; Programa Plan Canguro). Con diagnóstico de bajo peso al nacer, y que fueron reclutados en el periodo de tiempo comprendido entre agosto y septiembre de 2018, extendiendo el seguimiento hasta cumplir con mínimo 2 de las 3 evaluaciones propuestas.

## CRITERIOS DE ELEGIBILIDAD

CRITERIOS DE INCLUSIÓN	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN
<ul style="list-style-type: none"><li>• Niños(as) entre 1 y 3 meses de edad corregida.</li><li>• Participantes que aceptaron y firmaron consentimiento informado</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Niños(as) con enfermedades congénitas</li><li>• Niños(as) con trastornos del tono muscular moderados/severos</li><li>• Cromosomopatías</li><li>• Malformaciones del SNC</li><li>• Niños(as) con encefalopatías</li><li>• Hospitalización durante el periodo definido para la segunda o tercera evaluación</li><li>• Deterioro neurológico o condiciones que impliquen alteraciones en el mismo</li><li>• No aceptación voluntaria para participar en la investigación.</li></ul>

**Tabla 1.** Criterios de Inclusión y exclusión.

## TIPO DE MUESTREO

El tamaño muestral fue definido a conveniencia, compuesto por los recién nacidos atendidos en la unidad de cuidados intermedios, cuidados básicos y plan canguro del Hospital Universitario Clínica San Rafael de Bogotá. El periodo de reclutamiento correspondió al tiempo comprendido entre agosto y septiembre de 2018 para extender el seguimiento hasta que se cumplió con mínimo 2 de las 3 evaluaciones propuestas, teniendo en cuenta que debía ser antes que los niños participantes cumplieran los 3 meses de edad corregida.

Cabe mencionar que el Hospital Universitario Clínica San Rafael de Bogotá es una institución universitaria prestadora de Servicios de Salud de IV Nivel de complejidad, con más de 84 años de experiencia en la labor. Cuenta con la Unidad neonatal más grande de la ciudad, con 9 camas de intensivos, 13 de unidad intermedia, 18 camas para unidad básica y 4 camas para aislados. Además, el programa madre canguro se encuentra estructurado como un programa especializado orientado al manejo integral de niños prematuros y de bajo peso al nacer, creado en abril de 2003 en que más de 2.300 niños y

niñas han pasado por el programa con excelentes resultados en supervivencia, lactancia, desarrollo neurológico, con seguimiento hasta los 18 meses de edad (95).

Los niños(as) participantes de la investigación fueron evaluados al cumplimiento de los criterios de inclusión, una vez sus padres autorizaron su participación. Previo a la primera evaluación se informó a los padres propósito de la investigación y se gestionó la firma del consentimiento informado (anexo 1), aprobado por el comité de ética de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia y el comité de ética del Hospital.

## DEFINICIÓN DE VARIABLES

Las variables a estudio fueron:

Variable I: Características perinatales de los niños(as)

Variable II: Estado comportamental

Variable III: Motilidad espontánea

Variable IV: Tono muscular activo

Variable	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	Escala
Características perinatales de los niños(as)	Diversidad de datos específicos poblacionales que pueden influir en la evaluación del recién nacido	Género del niño(a)	Femenino	Nominal
			Masculino	
		Edad Gestacional	Recién nacido pretérmino: 28 - <37 semanas	Nominal
			Recién nacido a término: 37- 41 semanas	
			Recién nacido postérmino: 42 o más semanas	
		Peso del recién nacido < 2500 gr	RN extremo bajo peso nacer: <1000 gr	Nominal

			RN muy bajo peso al nacer: 1000 – 1500 gr	
			RN bajo peso al nacer: 1500 - 2500 gr	
		Edad o edad corregida	Lactante Menor: de los 28 días hasta los 12 meses.	Nominal
Estado comportamental del recién nacido	Variaciones del estado comportamental del recién nacido, hacen referencia a los periodos de vigilia o sueño que modifican el examen neurológico	Sueño	ESTADO 1: SUEÑO PROFUNDO Ojos cerrados, respiración regular, ausencia de movimientos.	Ordinal
			ESTADO 2: SUEÑO ACTIVO (MOR) Ojos cerrados, respiración irregular, ausencia de movimientos gruesos.	
		Vigilia	ESTADO 3: ALERTA TRANQUILO Ojos abiertos, ausencia de movimientos gruesos.	
			ESTADO 4: ALERTA ACTIVO Ojos abiertos, movimientos gruesos, ausencia de llanto.	
		Excitado	ESTADO 5: LLANTO Ojos abiertos o cerrados, llanto	
Motilidad Espontánea	Movimientos gruesos, elegantes, fluidos, complejos y variables; de extensión y flexión, que involucran todo el cuerpo. Crecen y	Simetría	Describe movimientos de las extremidades que no necesariamente ocurren de manera simultánea. La	Nominal

	disminuyen en intensidad, fuerza y rapidez, con rotaciones que se superponen y con frecuencia hay pequeños cambios en la dirección del movimiento realizado (97,101).		<p>activación de los dos hemicentros motores describe tanto respuesta agonista como antagonista bajo el criterio de heterocronía del movimiento. Respecto al axis corporal, la bilateralidad demuestra una correlación temporal en el movimiento de las extremidades, sin ser necesario que ocurra en espejo.</p> <p>La extensión y flexión de las extremidades son complejas, con rotaciones superpuestas y, a menudo, ligeros cambios de dirección del movimiento haciendo que sea fluido y elegante, creando la impresión de variabilidad.</p> <p>Incluye características de los movimientos complejos en cuanto a la velocidad de su ejecución, variabilidad y fluctuaciones sutiles de amplitud y fuerza. No son monótonos ni caóticos.</p>	
Progresión Tono Muscular	Evolución del tono muscular en etapas determinadas durante el primer año de vida que permite utilizar puntos de referencia precisos para definir un	Tono Pasivo	<p>Postura (Evaluación del axis corporal)</p> <p>Maniobra de la bufanda</p> <p>Ángulo de los aductores</p>	Nominal

	desarrollo neuromotor normal (22).		Ángulo Poplíteo	
			Talón Oreja	
			Flexión ventral del tronco	
		Tono activo	Paso activo de cabeza por línea media	
			Enderezamiento postural	

**Tabla 2.** Definición de variables de estudio.

**Definición instrumental de Variables:** Entrevista inicial a madre o padre del niño(a); Observación y grabación de la motilidad espontánea; evaluación del tono muscular activo.

## CONSIDERACIONES ÉTICAS

De acuerdo con el artículo 11 de la Resolución N°008430 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia (96), se considera el presente estudio como una Investigación de riesgo mínimo ya que no se realizó ningún tipo de intervención o modificación intencionada de las variables biológicas, fisiológicas, psicológicas o sociales de los individuos que participaron en el estudio.

Respecto a la revisión bibliográfica, se respeta el derecho de autor y se cita cada fuente bibliográfica empleada, de acuerdo con la Normatividad de citación Vancouver.

Se contó con el consentimiento informado en el cual está explícita de forma clara y completa, la información respecto a la justificación y los objetivos de la investigación, los procedimientos que se realizaron y su propósito, beneficios y riesgos a los que se sometieron los participantes, a quienes a través de sus padres se dejó clara su capacidad de libre elección de participar. Además, la posibilidad de suspender o retirarse de manera voluntaria en el momento en el que lo desearan, y la seguridad que no se identificó ni se identificará al niño(a) y la madre o padre, manteniendo la confidencialidad de la información relacionada con su privacidad, y finalmente el compromiso de haber proporcionado toda la información actualizada obtenida durante el estudio y el seguimiento.

La confidencialidad de las identidades de cada uno de los niños(as) y madres o padres participantes son preservadas, dado que se asignaron códigos que permiten plasmar los resultados obtenidos.

## **RESULTADOS**

Se planteó un estudio de tipo descriptivo con el objetivo de caracterizar la motilidad espontánea en niños(as) de 1 a 3 meses de edad corregida, de tipo prospectivo longitudinal, de manera que las evaluaciones descritas y realizadas periódicamente en cada uno de los participantes permitiera el seguimiento y comparación intra-sujeto.

### **CARACTERÍSTICAS DE LOS NIÑOS(AS) PARTICIPANTES**

Se incluyeron niños con diagnóstico de bajo peso al nacer durante el periodo comprendido entre agosto y septiembre de 2018. Nacieron 97 niños(as), de los cuales 36 recién nacidos cumplieron con los criterios de inclusión; 15 rechazaron participar; 21 aceptaron participar, pero 10 de ellos no firmaron el consentimiento informado; se presentaron 2 pérdidas durante el estudio por dificultad para volver a contactar a las madres y poder realizar una nueva evaluación, obteniendo finalmente 9 niños(as) a quienes se logró realizar el seguimiento y evaluación propuesta.

La tabla 3, contiene la información codificada de cada uno de los recién nacidos participantes:

<b>CÓDIGO</b>	<b>GÉNERO</b>	<b>EDAD GESTACIONAL</b>	<b>PESO AL NACER</b>
1	Masculino	36 semanas	1900 gr
2	Femenino	30 semanas	1400 gr
3	Femenino	34 semanas	2200 gr
4	Femenino	34 semanas	1120 gr
5	Femenino	34 semanas	1080 gr
6	Masculino	36 semanas	2040 gr
7	Masculino	36 semanas	2280 gr
8	Femenino	36 semanas	2100 gr
9	Femenino	33 semanas	1520 gr
10	Femenino	31 semanas	1420 gr
11	Masculino	32 semanas	1800 gr

**Tabla 3.** Características básicas respecto a género, edad gestacional y peso al nacer de los niños(as) incluidas en el estudio.

En total se evaluaron 11 recién nacidos prematuros producto de la concepción de 31 semanas a 36 semanas de gestación, con una media de 33.8 semanas; el 63.3% mujeres y el 36.4% hombres fueron incluidos. Todos cumplieron con el diagnóstico de bajo peso al nacer que equivale a un producto de menos de 2.500 gramos. No se incluyeron aquellos que su diagnóstico estaba asociado a restricción del crecimiento intrauterino, con el fin de evitar resultados diferenciales o sesgados asociados a un ambiente intrauterino que en sí mismo por su condición, modifica el espacio en el que se desarrolla el feto.

Con cada uno de los participantes se programaron dos o tres evaluaciones antes de que los niños(as) cumplieran 3 meses de edad corregida. Como se muestra en la tabla 4, sólo 9 niños(as) cumplieron con mínimo dos de las tres evaluaciones propuestas, con 2 de los participantes no fue posible concretar la fecha para lo que sería la segunda evaluación, considerándose pérdidas dentro del estudio, al no poder hacer un seguimiento en la progresión de la motilidad y el tono del lactante.

CÓDIGO	# DE EVALUACIONES	1ª EVALUACIÓN		2ª EVALUACIÓN		3ª EVALUACIÓN	
		Fecha	Edad Corregida	Fecha	Edad Corregida	Fecha	Edad Corregida
1	3	10/08/18	A término	20/09/18	6 semanas	1/11/18	12 semanas
2	3	10/08/18	Menos 9 semanas	9/10/18	A término	13/11/2018	5 semanas
3	3	15/08/18	Menos 5 semanas	12/09/18	4 días	6/11/18	8 semanas
4	3	15/08/18	Menos 6 semanas	14/09/18	Menos 2 semanas	6/11/18	5 semanas
5	1	21/08/18	Menos 3 semanas	-	-	-	-
6	3	21/08/18	Menos 3 semanas	29/09/18	1 semana	11/11/18	7,5 semanas
7	3	21/08/18	Menos 3 semanas	29/09/18	1 semana	11/11/18	7,5 semanas
8	3	25/08/18	Menos 4 semanas	03/10/18	1 semana	26/10/18	5 semanas
9	2	29/08/18	Menos 6 semanas	05/12/18	8 semanas	-	-
10	1	05/09/18	Menos 4 semanas	-	-	-	-
11	2	06/09/18	Menos 6 semanas	06/12/18	6 semanas	-	-

**Tabla 4.** Número de evaluaciones realizadas por participante y edad corregida en el momento de cada evaluación

La investigadora principal fue quien realizó el primer examen y seguimiento con el objetivo de evitar sesgos, teniendo en cuenta que es el primer acercamiento a la evaluación que se propone. La primera evaluación se realizó dentro de la unidad de cuidados intermedios o básicos del hospital dado al tener diagnóstico de bajo peso al nacer, la primera instancia para el seguimiento sería intrahospitalaria; se les brindó a los padres la información respecto al estudio, objetivos, uso de la información y videos tal como se aclaró en el consentimiento informado, aquellos que firmaron el consentimiento informado se incluyeron en el estudio. La evaluación no superó los 30 minutos, se tomaron medidas que garantizaran la comodidad del niño(a) dentro de la cuna o la incubadora y sus padres estuvieron presentes durante la evaluación, al niño(a) se le retiraron los elementos que podrían limitar el movimiento, tales como: el nido que realiza el grupo de enfermería para cada niño(a) como parte de los cuidados del recién nacido, camisillas o gorros. Se conservó la temperatura establecida para las incubadoras dentro de la unidad. Además, se tuvo en cuenta realizar las evaluaciones previo a la alimentación de los recién nacidos previniendo malestar posterior o interrupción de sus horas de sueño.

## ESTADO CONDUCTUAL

Lo importante de incluir esta categoría de evaluación en las observaciones y los seguimientos, fue reconocer que muchos aspectos del estado neurológico del recién nacido varían con su estado conductual. Históricamente, este concepto se ha utilizado bajo dos connotaciones: la primera, como una categorización descriptiva del comportamiento; y la segunda, como una explicación de los mecanismos cerebrales que modifican la capacidad de respuesta del bebé (97). Observar al recién nacido en su ambiente permitió valorar también su capacidad de interacción con el entorno y su adaptación a este. Además, de anticipar condiciones en las que la motilidad espontánea se viera influenciada y/o modificada en el momento de la evaluación; por ejemplo, irritabilidad ante la interrupción de horas de sueño o hambre, ante la posibilidad de reducir incomodidades se propende por hacer las evaluaciones en estados de conducta 3 y 4, reduciendo al máximo sesgo por respuestas diferentes asociadas a elementos básicamente externos.

La escala usada en esta investigación para la calificación de esta categoría fue la propuesta por Prechtl, que establece 4 variables como indicadores del estado conductual del niño(a): apertura de los ojos, la respiración, la motricidad espontánea y el llanto. La tabla 5, contiene los resultados del estado conductual de cada uno de los recién nacidos nominados con el código asignado en el momento de la firma del consentimiento informado. En la mayoría de los casos para realizar la evaluación, se esperó a que los bebés estuvieran en periodos de vigilia activa o tranquilos para disminuir el sesgo en las observaciones; sólo en tres evaluaciones no fue posible, se registraron los videos mientras el niño(a) presentaban llanto activo haciendo anotaciones en los periodos en los que presentaron pausas y periodos de calma. En todas las evaluaciones se buscó no incomodar a la madre ni al niño(a), si ante la condición de la evaluación el niño(a) presentó irritabilidad se permitió a su madre calmarlo para dar continuidad al procedimiento.

CÓDIGO	ESTADO CONDUCTUAL					
	1A EVALUACIÓN		2A EVALUACIÓN		3A EVALUACIÓN	
	MEDICIÓN	RESULTADO	MEDICIÓN	RESULTADO	MEDICIÓN	RESULTADO
1	5	llanto	5	llanto	4	alerta activo
2	3	alerta tranquilo	5	llanto	4	alerta activo
3	2	sueño activo	4	alerta activo	5	llanto
4	3	alerta tranquilo	3	alerta tranquilo	4	alerta activo
6	2	sueño activo	4	alerta activo	4	alerta activo
7	3	alerta tranquilo	4	alerta activo	4	alerta activo
8	3	alerta tranquilo	4	alerta activo	4	alerta activo
9	3	alerta tranquilo	4	alerta activo		
11	3	alerta tranquilo	4	alerta activo		

**Tabla 5.** Resultados del estado comportamental de cada uno de los participantes en cada evaluación

## EVALUACIÓN DEL TONO MUSCULAR Y SU PROGRESIÓN

Los niños(as) estuvieron parcialmente vestidos: solo con pañal, de tal manera que pudieran ser registrados los movimientos de la extremidades y estos no se limitaron; el recién nacido

se colocó en posición supina y la cámara se mantuvo a la distancia predicha con el objetivo de poder observar posteriormente la evaluación sin cortar alguna de las posibilidades de movimiento.

A continuación, se describen las evaluaciones y los hallazgos respecto a esta variable, en cada uno de los participantes:

- La primera evaluación se realizó durante la estancia del recién nacido en la unidad de cuidados intermedios o básicos del Hospital Universitario Clínica San Rafael de Bogotá, en la incubadora o en la cuna donde se encontraba hospitalizado el niño(a). Siempre en presencia de la madre o padre y aproximadamente una o dos horas después del momento de lactancia.
- La segunda evaluación se acordó con las madres conforme a la cita programada para el seguimiento en plan canguro por parte de la institución, con el fin de no exigir un desplazamiento adicional hacia el hospital. En todos los casos la primera cita de seguimiento se hizo en la institución, pero por trámites administrativos de las EPS el seguimiento se trasladó hacia otras instituciones.
- Por último, la tercera evaluación tuvo que acordarse con los participantes de acuerdo con la disponibilidad de tiempo de las madres. En todos los casos el evaluador tuvo que desplazarse hasta la residencia de cada niño(a), logrando hacer el seguimiento antes de los 3 meses de edad corregida.

En esta investigación, la evaluación del tono muscular se adaptó a partir de los protocolos propuestos por Amiel-Tison en su libro "Evaluación neurológica durante el primer año de vida" (20), teniendo en cuenta las curvas de progresión y las características particulares de cada recién nacido. Como parte de la evaluación del tono muscular pasivo se evaluó el patrón postural en los recién nacidos, en miembros superiores el signo de la bufanda y en miembros inferiores el ángulo de los aductores, el ángulo poplíteo y el ángulo talón oreja, finalmente en tronco y cuello se valoró la flexión ventral. Estas mediciones se hicieron a través de puntuaciones graduadas de acuerdo con el protocolo establecido por la autora original del examen.

## ➤ TONO MUSCULAR PASIVO

La valoración del tono pasivo basada en la extensibilidad de diferentes segmentos trató de apreciar la extensibilidad del músculo respecto a una articulación como resultado de una función neurológica y de regulación del sistema, más no el análisis del juego articular como tal. (20,33)

Existen en total 10 maniobras para la evaluación del tono pasivo en las extremidades, a continuación, se presentan las que se tuvieron en cuenta para esta investigación:

- **Postura** → La tabla 6 contiene los resultados de la actitud postural de cada niño(a). Para la evaluación, se preparó el espacio lo que incluyó dejar al recién nacido sobre una superficie plana con la menor cantidad de dispositivos cerca. En la unidad de cuidado intensivo las cunas y las incubadoras tienen nidos en los que se contiene al recién nacido y hacen parte de su cuidado, adicional tienen los brazaletes de identificación, gorros, mitones y/o patines; todo esto fue retirado excepto, el pañal y el pulsioxímetro para mantenerlos monitorizados, únicamente se dejaron los dispositivos que de manera obligada debían mantenerse como la cánula nasal para aporte de oxígeno suplementario o la sonda orogástrica.

La postura, según los estudios realizados por Sherrington (1947) resulta en la capacidad que tiene el sistema nervioso de vincular la respuesta motora con la entrada sensorial aferente, resulta en el mantenimiento de un patrón motor, generado de manera espontánea y eventualmente está sujeto a modificarse de acuerdo con condiciones específicas del ambiente en el que se encuentre el recién nacido y su estado conductual.

La tabla 6 se diseñó con el objetivo de resumir los hallazgos de la evaluación, y muestra los resultados de la evaluación postura de los 9 recién nacidos participantes en las 2 o 3 evaluaciones realizadas para su seguimiento. En la parte superior de la tabla se encuentra el patrón esperado de acuerdo con la edad en la que fue evaluado cada recién nacido. A continuación, se describen cada uno de los hallazgos:

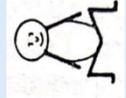
- Código 1: presenta posturas esperadas para las tres evaluaciones realizadas, la primera a la semana 0 (edad corregida). Al término el recién nacido presenta flexión de las 4 extremidades mantiene la cabeza alineada con el tronco; a las 6 semanas de edad corregida, comienza a disminuir la posición en flexión de los miembros superiores manteniéndolos en abducción horizontal, y conservando la flexión de los miembros inferiores; hasta las 12 semanas momento de la tercera y última evaluación se evidencia extensión completa de sus miembros superiores.
- Código 2: la primera evaluación se realizó a -9 semanas de la edad a término (edad corregida), sus 4 extremidades se encuentran flexionadas pero abducidas y abiertas contra la superficie en la que está; la segunda, en la semana 0, se mantiene la postura en flexión de las 4 extremidades, miembros superiores aun en abducción horizontal, miembros inferiores un poco más aducidas; por último, a las 5 semanas de edad corregida el hallazgo respecto a lo esperado es parcial, encontrando las extremidades inferiores extendidas y aducidas, mientras que los miembros superiores aún se mantienen en flexión, incluyendo manos y dedos.
- Código 3: en la primera evaluación realizada a -5 semanas de la edad al término (edad corregida) se encontró flexión marcada en miembros superiores, los mantiene en abducción, tendidos sobre la superficie. Mientras las extremidades inferiores se mantienen extendidas y en abducción; en la segunda evaluación, a las 0 semanas (edad al término) aún mantiene miembros inferiores en extensión, los miembros superiores ya se encuentran con flexión marcada; a las 8 semanas de edad corregida los miembros superiores se encuentran extendidos, mientras los inferiores, aunque aún flexionados dicha flexión ya no es tan marcada.
- Código 4: en la primera evaluación realizada a -6 semanas de la edad al término (edad corregida), el recién nacido evidencia extensión de las 4 extremidades. Para la segunda evaluación, a -2 semanas de la edad al término aún mantiene miembros inferiores en extensión mientras miembros superiores ya se encuentran flexionados; y a la semana 5 (edad corregida 1 mes) las 4 extremidades se encuentran flexionadas.
- Código 6 (gemelo 2): la primera evaluación se realizó a -3 semanas de la edad a término (edad corregida), sus 4 extremidades se encuentran

flexionadas y abducidas, se encuentran abiertas contra la superficie en la que está; en la segunda evaluación a la semana 1 sus 4 extremidades se encuentran con el tono flexor más marcado, miembros superiores un poco más aducidos y manos empuñadas, las rodillas separadas de la superficie; por último, a las 7,5 semanas de edad corregida sus extremidades superiores se mantienen extendidas y miembros inferiores aunque mantiene un tono flexor ya no es tan marcado.

- Código 7 (gemelo 1): la primera evaluación se realizó a -3 semanas de la edad a término (edad corregida), sus 4 extremidades se encuentran flexionadas y abducidas, se encuentran abiertas contra la superficie en la que está; en la segunda evaluación a la semana 1 sus 4 extremidades se encuentran con el tono flexor más marcado, miembros superiores un poco aducidos y manos empuñadas, las rodillas separadas de la superficie; por último, a las 7,5 semanas de edad corregida sus extremidades superiores se mantienen extendidas, pero miembro superior derecho aducido y el izquierdo en abducción horizontal, miembros inferiores aunque mantiene un tono flexor ya no es tan marcado como en la primera evaluación.
- Código 8: la primera evaluación se realizó a -4 semanas de la edad a término (edad corregida), sus extremidades superiores se encuentran flexionadas, en abducción horizontal tendidas contra la superficie en la que está, miembros inferiores se mantienen extendidos aunque no completamente, las rodillas se mantienen elevadas separadas de la superficie; la segunda evaluación, en la semana 1, se mantiene la postura en flexión de las 4 extremidades, miembros superiores aducidos y con sus manos empuñadas, miembros inferiores flexionados completamente separados de la colchoneta; por último, a las 5 semanas de edad corregida el hallazgo respecto a lo esperado pareciera aumentado, encontrando las extremidades superiores flexionadas, aducidas y con las manos empuñadas sobre la línea media, miembros inferiores aún se mantienen flexionados y completamente separados de la superficie.
- Código 9: en la primera evaluación realizada a -6 semanas de la edad al término (edad corregida), sus extremidades superiores se encuentran flexionadas tendidas contra la superficie en la que está, miembros inferiores se mantienen extendidos en abducción. Para la segunda evaluación, el

niño(a) con 8 semanas de edad corregida las extremidades superiores se mantienen en extensión, aducidas y con las manos empuñadas, miembros inferiores aún se mantienen flexionados y completamente separados de la superficie.

- Código 11: en la primera evaluación realizada a -6 semanas de la edad al término (edad corregida), sus extremidades superiores se encuentran en extensión tendidas contra la superficie en la que está, miembros inferiores se mantienen levemente flexionados y en abducción; para la segunda evaluación, a las 6 semanas de edad corregida las extremidades superiores se mantienen en flexión, aducidas y con las manos empuñadas, miembros inferiores se mantienen flexionados y completamente separados de la superficie.

POSTURA									
CÓDIGO	EVALUACIÓN	EDAD CORREGIDA (SEMANAS)	Completamente hipotónico Inicia flexión del muslo sobre la cadera  30 semanas	Mejora de la flexión en las extremidades inferiores  32 semanas	Actitud de batracio  34 semanas	Actitud de flexión en las 4 extremidades  36 semanas	Mejoría del tono de flexión  38 semanas	Tono de flexión muy marcado en las 4 extremidades:  40 semanas	 2 meses
1	1er	0						***	
	2a	6							**
	3a	12							***
2	1er	-9	***						
	2a	0						***	
	3a	5							**
3	1er	-5				**			
	2a	0						**	
	3a	8							***
4	1er	-6			*				
	2a	-2					**		
	3a	5							*
6	1er	-3				***			
	2a	1						***	
	3a	7,5							***
7	1er	-3				***			
	2a	1						***	
	3a	7,5							***
8	1er	-4				**			
	2a	1						***	
	3a	5							****
9	1er	-6			*				
	2a	8							***
11	1er	-6			***				
	2a	6							****

**Tabla 6.** Resultados de la progresión en la actitud postural de cada uno de los participantes en cada evaluación. \*Disminuido \*\*Parcial \*\*\*Esperado \*\*\*\*Aumentado

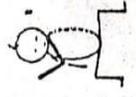
- **Tono muscular en miembros superiores** → de las maniobras que existen para miembros superiores la que mide el grado de extensibilidad de la extremidad respecto a la línea media y no se limita únicamente a la medición de asimetrías es la maniobra de la bufanda. La maniobra se realizó con el niño semisentado, con la mano del examinador sosteniéndolo por su espalda, y con la otra agarrando la mano del bebe, llevándola en dirección al hombro opuesto, pasando por delante del pecho, tan lejos como fuera posible. El resultado se dio observando la posición del codo del niño respecto a la línea media (el ombligo) (20).

La tabla 7 muestra los resultados de la evaluación de los 9 participantes codificados y se describen los hallazgos detallados a continuación:

- Código 1: a la semana 0 (edad corregida) el codo del recién nacido se mantiene sobre la línea axilar ipsilateral; a las 6 semanas de edad corregida, comienza a disminuir la resistencia al movimiento que requiere la maniobra, el codo llega a la línea media; hasta las 12 semanas, momento de la tercera evaluación, el codo pasa por delante del pecho y logra la línea axilar contralateral.
- Código 2: la primera evaluación se realizó a -9 semanas de la edad a término (edad corregida), no se encuentra resistencia alguna a la maniobra, el brazo pasa por delante del pecho y el codo alcanza la línea axilar contralateral; la segunda, en la semana 0, se mantiene el codo sobre la línea axilar ipsilateral; por último, a las 5 semanas de edad corregida el hallazgo se calificó parcial, pero no se consideró anormal dado corresponde a la progresión del resultado esperado encontrando que el codo se desplaza alcanzando la línea esternal media.
- Código 3: en la primera evaluación realizada a -5 semanas de la edad al término (edad corregida) se encontró que el codo alcanza la línea axilar ipsilateral; en la segunda evaluación, a las 0 semanas (edad al término) ejerce un poco de resistencia a la maniobra y mantiene el codo sobre la línea axilar ipsilateral; a las 8 semanas de edad corregida el resultado corresponde a la progresión esperada permitiendo que el codo se desplace hasta la línea esternal media.
- Código 4: en la primera y segunda evaluación realizada a -6 y -2 semanas de la edad al término (edad corregida) respectivamente, no se encuentra

resistencia a la maniobra; y a la semana 5 (edad corregida) mantiene el codo sobre la línea axilar ipsilateral.

- Código 6 (gemelo 2): la primera evaluación se realizó a -3 semanas de la edad a término (edad corregida) el codo alcanza la línea axilar contralateral; en la segunda evaluación, a la semana 1 ejerce un poco de resistencia a la maniobra y mantiene el codo sobre la línea esternal medial; a las 7,5 semanas de edad corregida el resultado tiende a la progresión esperada pero no es completa, aún mantiene el codo sobre la línea axilar ipsilateral muy cercano a la línea esternal media, sin sobrepasarla.
- Código 7 (gemelo 1): la primera evaluación se realizó a -3 semanas de la edad a término (edad corregida) el codo alcanza la línea axilar contralateral; en la segunda evaluación, a la semana 1 ejerce un poco de resistencia a la maniobra y mantiene el codo sobre la línea esternal medial; a las 7,5 semanas de edad corregida el resultado tiende a la progresión esperada pero no es completa, aún mantiene el codo sobre la línea axilar ipsilateral muy cercano a la línea esternal media, sin sobrepasarla.
- Código 8: la primera evaluación se realizó a -4 semanas de la edad a término (edad corregida), su extremidad superior permite alcanzar la línea axilar contralateral; la segunda evaluación, en la semana 1 el recién nacido ejerce un poco de resistencia dejando que el codo alcance la línea esternal media; por último, a las 5 semanas de edad corregida el hallazgo tiende a la progresión esperada pero no es completa, aún mantiene el codo sobre la línea axilar ipsilateral muy cercano a la línea esternal media, sin sobrepasarla.
- Código 9: en la primera evaluación realizada a -6 semanas de la edad al término (edad corregida), el codo alcanza la línea axilar contralateral; y para la segunda evaluación, el niño(a) con 8 semanas de edad corregida la maniobra es imposible de realizar.
- Código 11: en la primera evaluación realizada a -6 semanas de la edad al término (edad corregida) el hallazgo corresponde a lo esperado, el codo alcanza la línea axilar contralateral; pero para la segunda evaluación, a las 6 semanas de edad corregida es imposible realizar la maniobra, ninguna de las dos extremidades permite el movimiento del codo por delante del pecho.

PROGRESIÓN DEL TONO MUSCULAR EN MIEMBROS SUPERIORES							
CÓDIGO	EVALUACIÓN	EDAD CORREGIDA (SEMANAS)	 Completa sin encontrar ninguna resistencia 30 semanas	 Se empieza a notar cierta resistencia 32 – 34 semanas	 El codo sobrepasa ligeramente la línea media 36-38 semanas	 El codo casi alcanza la línea media 40 semanas	 2 meses
1	1er	0				***	
	2a	6					**
	3a	12					***
2	1er	-9	***				
	2a	0				***	
	3a	5					**
3	1er	-5		***			
	2a	0				***	
	3a	8					***
4	1er	-6		***			
	2a	-2			***		
	3a	5					**
6	1er	-3			***		
	2a	1				***	
	3a	7,5					**
7	1er	-3			***		
	2a	1				***	
	3a	7,5					**
8	1er	-4			***		
	2a	1				***	
	3a	5					*
9	1er	-6			***		
	2a	8					***
11	1er	-6			***		
	2a	6					*

**Tabla 7.** Resultados de la progresión del tono muscular pasivo en miembros superiores de cada uno de los participantes en cada evaluación.  
\*Imposible \*\*Limitado \*\*\*Esperado \*\*\*\*Excesivo

- **Tono muscular en miembros inferiores** → se definió la evaluación de tres maniobras:

Ángulo talón-oreja: con el niño en supino se levantaban los miembros inferiores unidos en la línea media, tan lejos como fuera posible, intentando llegar hasta la oreja. Se tuvo en cuenta, que durante la maniobra no se hiciera separar la cadera del niño de la superficie (20,33).

Ángulo poplíteo: Manteniéndose la cadera en el plano de la superficie, se flexionaron lateralmente los dos muslos sobre la cadera a cada lado del abdomen, así se extendieron las piernas al máximo posible sobre el muslo, valorándose el ángulo formado por el muslo y la pierna (33). Se valoraron de manera simultánea ambas extremidades, y se consideró significativa una diferencia de 10 a 20 grados (20).

Ángulo de los aductores: Con el niño en decúbito supino se extendieron sus piernas, separándolas lentamente a los lados lo más lejos posible, se valoró el ángulo entre ellas (20,33).

La tabla 8, presenta los resultados obtenidos en la medición de cada uno de los ángulos. En este caso se detallan los resultados en cuanto a la progresión esperada del tono muscular en tren inferior para cada recién nacido, teniendo en cuenta que todos se evaluaron en momentos diferentes y que la calificación se dio de acuerdo con la progresión que presenta Claudine Amiel-Tison autora original de la evaluación (20). Las curvas de progresión en ola de refuerzo ascendente antes de las 40 semanas y descendente luego del cumplimiento de la edad a término, fueron la guía para representar la progresión del tono muscular de cada uno de los participantes. Se hace la descripción detallada de los hallazgos a continuación:

- Código 1: en la medición de los tres ángulos su progresión corresponde a los esperado, un aumento progresivo de la extensibilidad de los miembros inferiores a partir de la primera evaluación en la semana 0 (edad al término). Solo uno de los resultados, la primera medición del ángulo poplíteo se calificó como excesivo. Pero respecto al seguimiento fue un hallazgo aislado, que luego se niveló con lo esperado en las siguientes mediciones.
- Código 2: A las -9 semanas de la edad al término la medición de los ángulos es limitada, apenas completa los ángulos de los que se esperaría 4 semanas

después. Sin embargo, para las dos siguientes evaluaciones los resultados y la progresión del tono muscular es la esperada.

- Código 3: Ninguna de las tres evaluaciones evidencia resultados distintos a los esperado
- Código 4: A las -6 semanas de la edad al término la medición de los ángulos es limitada, apenas completa los ángulos de los que se esperaría 4 semanas después. En la segunda evaluación, aunque los resultados no varían mucho respecto a la primera, con la edad que tiene en ese momento (- 2 semanas de la edad a término) los resultados corresponden a lo esperado y en la tercera progresa sin novedades.
- Código 6 (gemelo 2): A las -3 semanas de la edad al término la medición de los ángulos es esperada, con tendencia a la progresión esperada para las siguientes semanas. En la segunda evaluación, dos de los ángulos evaluados corresponden a lo esperado, pero el ángulo de los aductores ya se evidencia excesivo como se encontrarán más adelante los resultados de la tercera evaluación, con 7.5 semanas todos los ángulos son más amplios de lo esperado.
- Código 7 (gemelo 1): A las -3 semanas de la edad al término la medición de los ángulos es esperada para dos de los ángulos, pero similar a la progresión de su gemelo la tendencia progresiva para las siguientes evaluaciones corresponde a una amplitud excesiva de todos los ángulos, siendo más amplios de lo esperado.
- Código 8: Con -4 semanas de la edad al término la medición de los ángulos es esperada para la primera y segunda evaluación; en la tercera evaluación, aunque los resultados progresan de acuerdo con la curva varían en cuanto a los valores esperados obteniendo calificación excesiva.
- Código 9: en la medición de los tres ángulos su progresión corresponde a los esperado, un aumento progresivo de la extensibilidad de los miembros inferiores a partir de la primera evaluación con -6 semanas de la edad al término, para la primera medición del ángulo de los aductores el resultado fue excesivo. Pero respecto al seguimiento fue un hallazgo aislado, que luego se niveló con lo esperado en las siguientes mediciones.
- Código 11: Ninguna de las evaluaciones evidencia resultados distintos a los esperado

**PROGRESIÓN DEL TONO MUSCULAR EN MIEMBROS INFERIORES**

CÓDIGO	EVALUACIÓN	EDAD CORREGIDA (SEMANAS)	TALÓN - OREJA							
			ADUCTORES							
POPÍTEO										
1	1er	0							***	
									***	
									****	
	2a	6								***
										***
										***
3a	12								***	
									***	
									***	
2	1er	-9		**						
				**						

	2a	0		**				***	
								***	
								***	
	3a	5							***
									***
									***
3	1er	-5				***			
						***			
						***			
	2a	0						***	
								***	
								***	
3a	8							***	
								***	
								***	
4	1er	-6			**				
					**				
					**				
	2a	-2					***		
							***		
							***		
3a	5							***	
								***	
								***	
6	1er	-3				***			
						***			
						***			
	2a	1						***	
								****	
								***	
3a	7,5							****	
								****	
								****	

7	1er	-3				***			
						***			
						****			
	2a	1						***	
								****	
								***	
3a	7,5							****	
								****	
								****	
8	1er	-4				***			
						***			
						***			
	2a	1						***	
								***	
								***	
3a	5							****	
								****	
								****	
9	1er	-6			***				
					***				
					****				
	2a	8							***
									***
									***
11	1er	-6			***				
					***				
					***				
	2a	6							***
									***
									***

**Tabla 8.** Resultados de la progresión del tono muscular pasivo en miembros inferiores de cada uno de los participantes en cada evaluación.  
 \*Imposible \*\*Limitado \*\*\*Esperado \*\*\*\*Excesivo

- **Tono muscular axial** → la maniobra evalúa la flexión ventral del tronco. Con el niño en posición supino se flexionan las piernas y las caderas con las dos manos del examinador para intentar acercarlas a la cabeza, logrando una incurvación máxima del tronco. Se tuvo presente que esta flexión pasiva del tronco se considera en principio es reducida, y que el volumen del abdomen la limita; se consideró exagerada si las rodillas tocaban el mentón, imposible si no se lograba ninguna flexión del tronco, por ejemplo, en ese caso del niño(a) que se levanta en bloque hasta el nivel de los hombros (33).

La tabla 9, muestra de manera resumida los resultados de los hallazgos respecto a la evaluación del tono muscular axial de los participantes codificados. En este caso es posible mencionar, que la progresión de todas las mediciones se encontró dentro de los parámetros esperados para cada etapa en la que se realizó la evaluación de cada niño(a). A continuación, se describen en detalle las características de los hallazgos:

- Código 1: a la semana 0 (edad corregida), a las 6 semanas y en la última evaluación correspondiente a las 12 semanas de edad corregida los resultados corresponden a lo esperado. En la semana 0 no se encuentra resistencia para la flexión de tronco, para las siguientes evaluaciones la progresión del tono muscular genera poca resistencia sin limitar el movimiento.
- Código 2: la primera evaluación se realizó a -9 semanas de la edad a término y la segunda, en la semana 0, para dos estas dos evaluaciones los resultados revelan movimiento del tronco sin resistencia; para la tercera evaluación a las 5 semanas de edad corregida, los resultados siguen siendo esperados encontrando poca resistencia al movimiento, de acuerdo con la curva de progresión.
- Código 3: en la primera evaluación realizada a -5 semanas de la edad al término (edad corregida) no se encontró resistencia para realizar la flexión del tronco; En la segunda evaluación, a las 0 semanas (edad al término) aumenta un poco la resistencia; y por último a las 8 semanas de edad corregida el resultado sigue siendo esperado encontrando progresión en la resistencia para el movimiento sin evidencia de que está limite la flexión ventral del tronco.
- Código 4: en la primera evaluación realizada a -6 semanas de la edad al término (edad corregida) no se encuentra nada de resistencia para la flexión ventral del

tronco, progresivamente, aunque el movimiento no se limita, se encuentra poca resistencia para la segunda evaluación a las -2 semanas de la edad al término y la tercera, a las 5 semanas de edad corregida. Resultados de acuerdo con lo esperado.

- Código 6 (gemelo 2): la primera evaluación se realizó a -3 semanas de la edad a término (edad corregida) no se encuentra resistencia para el movimiento; en la segunda evaluación, a la semana 1 de edad corregida se encuentra poca resistencia; y a las 7,5 semanas de edad corregida el resultado corresponde a lo esperado.
- Código 7 (gemelo 1): Ninguna de las evaluaciones evidencia resultados distintos a los esperados.
- Código 8: la primera evaluación se realizó a -4 semanas de la edad a término (edad corregida) sin encontrar resistencia para la flexión ventral del tronco; la segunda evaluación, en la semana 1 evidencia resultados esperados de acuerdo con la progresión esperada; por último, a las 5 semanas de edad corregida el hallazgo sigue sin presentar novedades.
- Código 9: en la primera evaluación realizada a -6 semanas de la edad al término (edad corregida) no se evidencia nada de resistencia al realizar la maniobra; y para la segunda evaluación, el niño(a) con 8 semanas de edad corregida ya se encuentra poca resistencia, sin imposibilitar el movimiento.
- Código 11: en la primera evaluación realizada a -6 semanas de la edad al término (edad corregida) el hallazgo corresponde a lo esperado, no hay nada de resistencia para realizar el movimiento; para la segunda evaluación, a las 6 semanas de edad corregida con poca resistencia y algo de restricción por el volumen abdominal, se logra la incurvación del tronco.

PROGRESIÓN DEL TONO MUSCULAR EN TRONCO Y CUELLO					
CÓDIGO	EVALUACIÓN	EDAD CORREGIDA (SEMANAS)	SIN RESISTENCIA	POCA RESISTENCIA	IMPOSIBLE
1	1er	0	***		
	2a	6		***	
	3a	12		***	
2	1er	-9	***		
	2a	0	***		
	3a	5		***	
3	1er	-5	***		
	2a	0		***	
	3a	8		***	
4	1er	-6	***		
	2a	-2		***	
	3a	5		***	
6	1er	-3	***		
	2a	1		***	
	3a	7,5		***	
7	1er	-3	***		
	2a	1		***	
	3a	7,5		***	
8	1er	-4	***		
	2a	1		***	
	3a	5		***	
9	1er	-6	***		
	2a	8		***	
11	1er	-6	***		
	2a	6		***	

**Tabla 9.** Resultados de la progresión del tono muscular pasivo en tronco y cuello de cada uno de los participantes en cada evaluación. \*Imposible \*\*\*Esperado

➤ TONO MUSCULAR ACTIVO

La evaluación del tono muscular activo descrito en el protocolo de Claudine Amiel-Tison, busca respuestas simples segmentadas que puedan compararse. De estas respuestas para la presente investigación se incluyó:

**La evaluación del paso de la cabeza por línea media** → Puntualmente la maniobra consiste en llevar al niño a posición sedente, evaluando además la respuesta ante la maniobra inversa; el estímulo dado por el examinador con la movilización pasiva del tronco generaba el estímulo necesario para la activación de los músculos del cuello. A continuación, se describe cómo se realizó la maniobra:

- Con el niño en supino, el examinador abrazó los hombros del niño con sus manos y lo llevó a sedestación. La observación respecto a la reacción de los músculos flexores del cuello fue la calificación que se encuentra en la tabla 10. Inicialmente la cabeza podía quedar colgando o no, pero con la edad y la progresión en tanto se acercará a la edad corregida a término, se esperaba que el tono de los músculos flexores y extensores del cuello se equilibraran de manera tal que la activación generaba el paso activo de la cabeza por la línea media y logrando mantenerse unos segundo en el eje del tronco antes de que cayera hacia delante (20).
- Para la maniobra inversa estando el niño sentado con la cabeza colgada sobre el pecho, como sería lo esperado. El evaluador manteniendo el niño agarrado por los hombro lo llevó nuevamente a posición decúbito supino, provocando el movimiento del tronco hacia atrás generando la activación de los extensores del cuello para obtener como resultado el paso activo de la cabeza hacia atrás, con un movimiento que no sería ni muy lento ni muy brusco (20).

Se presentan las tablas 10 y 11, con los resultados de la evaluación de las dos maniobras. La descripción detallada de estos resultados fue:

- Código 1: a la semana 0 (edad corregida), el paso de la cabeza por línea media es pasivo tanto para flexores de cuello como para la maniobra inversa; a las 6 semanas de edad corregida el paso de la cabeza es débil, presenta

un esbozo del movimiento en las dos maniobras y en la última evaluación correspondiente a las 12 semanas de edad corregida la cabeza se mantiene unos segundos alineada con el eje del tronco, en la maniobra inversa el movimiento.

- Código 2: la primera evaluación se realizó a -9 semanas de la edad a término, la cabeza como es esperado no evidencia ningún movimiento, el paso de la cabeza por línea media se da pasivo para las dos maniobras; a la segunda, en la semana 0 (edad al término), con la maniobra el niño aun no mantiene la cabeza en el eje, en las dos maniobras el paso se da de manera pasiva; y para la tercera evaluación a las 5 semanas de edad corregida, los resultados siguen presentando una desviación respecto a la activación de los músculos flexores del cuello, se evidencia apenas un esbozo del movimiento, la cabeza pasa rápidamente por la línea media en las dos maniobras.
- Código 3: en la primera evaluación realizada a -5 semanas de la edad al término (edad corregida) la cabeza pasa bruscamente por la línea media, el paso es pasivo en las dos maniobras; en la segunda evaluación, a las 0 semanas (edad al término) la respuesta sigue siendo la misma, el paso de la cabeza es pasivo para las dos maniobras. Por último, a las 8 semanas de edad corregida el resultado sigue siendo desviado de lo esperado, encontrando poca respuesta a la activación de los flexores del cuello para mantener la cabeza alineada con el eje, aunque hay un esbozo de movimiento durante de la maniobra de llevar a sedente y a inversa.
- Código 4: en la primera evaluación realizada a -6 semanas de la edad al término (edad corregida) el paso se da de manera pasiva en las dos maniobras; en la segunda evaluación a las -2 semanas de la edad al término, el paso de la cabeza por la línea media llevando a la posición sentado se da de manera pasiva, para la inversa los extensores del cuello presentan un esbozo; a la tercera evaluación, con 5 semanas de edad corregida la paso de la cabeza sigue siendo pasivo por efecto de la maniobra, aunque apenas se evidencia un esbozo de movimiento en las dos maniobras, que intenta mantener la alineación del eje pero no dura más de 1 segundo.
- Código 6 (gemelo 2): la primera evaluación se realizó a -3 semanas de la edad a término (edad corregida) la cabeza pasa bruscamente por la línea

media; en la segunda evaluación, a la semana 1 de edad corregida el paso es débil, aunque dura poco la cabeza logra pasar alineada con el eje y luego cae rápidamente. A las 7,5 semanas de edad corregida el resultado corresponde a lo esperado y la alineación cefálica logra mantenerse al menos 3 segundos durante la verticalización del tronco para finalmente caer por delante de la línea media. Los resultados para las dos maniobras son esperados en las tres evaluaciones.

- Código 7 (gemelo 1): la primera evaluación se realizó a -3 semanas de la edad a término (edad corregida) la cabeza pasa de manera pasiva por la línea media para las dos maniobras; en la segunda evaluación, a la semana 1 de edad corregida el paso es imposible, hay un evidente aumento del tono muscular de los extensores del cuello que no permite que la cabeza pase por delante de la línea media, el resultado es reproducible independiente del número de veces que se realice la maniobra; en la maniobra inversa, la respuesta tiene una calificación de “demasiado bueno”, coherente con los resultados de la maniobra previa, la cabeza se mantiene por detrás de la línea media, el cuello en extensión. A las 7,5 semanas de edad corregida el resultado corresponde a lo esperado, el tono de los flexores del cuello a modulado respecto a la evaluación previa, permitiendo la alineación cefálica con el eje unos segundos, para dejar caer la cabeza por delante de la línea media al finalizar la maniobra; en la inversa la respuesta igualmente corresponde a lo esperado.
- Código 8: en la primera evaluación realizada a -4 semanas de la edad al término (edad corregida) y a la segunda evaluación en la semana 1 de edad corregida, el paso de la cabeza por la línea media se da de manera pasiva en las dos maniobras. El primer resultado es esperado, pero para la segunda evaluación esperaríamos al menos un esbozo del movimiento haciendo que el paso sea débil, resultado que no se evidencia en ninguna de las dos maniobras; en la tercera evaluación, con 5 semanas de edad corregida el paso de la cabeza apenas se evidencia un esbozo de movimiento, aún no logra mantener la alineación del eje, ni en el paso a sentado ni en la maniobra inversa.
- Código 9: en la primera evaluación realizada a -6 semanas de la edad al término (edad corregida) el paso es pasivo en las dos maniobras; y para la

segunda evaluación, el niño(a) con 8 semanas de edad corregida el movimiento es débil, evidencia un esbozo de sostén cefálico sobre el eje del tronco, pero no dura más de 1 segundo, en la inversa el hallazgo el mismo.

- Código 11: en la primera evaluación realizada a -6 semanas de la edad al término (edad corregida) el hallazgo corresponde a lo esperado, no hay alineación cefálica con el eje, el paso se da de manera pasiva en ninguna de las dos maniobras; para la segunda evaluación, a las 6 semanas de edad corregida con un esbozo de movimiento, los flexores del cuello logran la alineación cefálica con el eje, sin embargo, para la edad dura muy poco durante la maniobra, la cabeza cae rápidamente por delante del eje. En la maniobra inversa el paso de la cabeza se da con algo de activación de los extensores del cuello, pero rápidamente cae por detrás de la línea media.

De manera general, fue posible identificar que en todos los niños el resultado mostró una desviación negativa respecto al paso activo de la cabeza por línea media. Para la etapa en la que los niños(as) cumplieron la edad corregida a término, los resultados variaron entre un resultado ausente o apenas el esbozo de la respuesta activa; únicamente en el participante con el código 7 se encontró la maniobra de paso de la cabeza adelante imposible, por un aparente desequilibrio de los músculos flexores y extensores de cuello, relacionado además con el resultado de otra maniobra descrita más adelante. En este caso, la activación dominante de los músculos extensores de cuello mantuvo la cabeza ubicada por detrás del tronco, de inicio a fin de la maniobra, sin posibilidad de lograr una alineación de la cabeza con la línea media. Lo que resultó para la maniobra inversa, en una calificación en la categoría de “demasiado bueno”, que en realidad corresponde a una respuesta excesiva de los músculos extensores del cuello. Finalmente, en la progresión del seguimiento esta resulta ser una respuesta transitoria y los resultados de la siguiente evaluación de esta maniobra, se alinean con lo esperado de acuerdo con su edad.

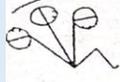
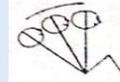
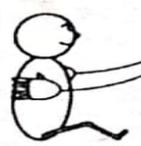
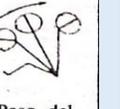
PROGRESIÓN DEL TONO MUSCULAR ACTIVO – PASO DE LA CABEZA POR LÍNEA MEDIA (flexores)									
CÓDIGO	EVALUACIÓN	EDAD CORREGIDA (SEMANAS)	 Ningún movimiento de la cabeza 32 semanas	 La cabeza cae lateralmente y hacia atrás 34 semanas	 Paso brusco del eje del cuerpo 36 semanas	 Se mantiene sobre el eje algunos segundos 38 semanas	 Se mantiene sobre el eje algunos segundos 40 semanas	 2 meses	 3 meses
1	1er	0					*		
	2a	6						**	
	3a	12							***
2	1er	-9	***						
	2a	0					*		
	3a	5						**	
3	1er	-5			***				
	2a	0					*		
	3a	8						**	
4	1er	-6		***					
	2a	-2				***			
	3a	5						**	
6	1er	-3			***				
	2a	1					***		
	3a	7,5						***	
7	1er	-3			***				
	2a	1					****		
	3a	7,5						***	
8	1er	-4			***				
	2a	1					*		
	3a	5						**	
9	1er	-6		***					
	2a	8						**	
11	1er	-6		***					
	2ª	6						**	

Tabla 10. Resultados de la progresión del tono muscular activo, paso de la cabeza por línea media (flexores de cuello) en cada uno de los participantes en cada evaluación. \*Ausente \*\*Esbozo \*\*\*Esperado \*\*\*\* Imposible

PROGRESIÓN DEL TONO MUSCULAR ACTIVO – PASO DE LA CABEZA POR LÍNEA MEDIA (extensores)									
CÓDIGO	EVALUACIÓN	EDAD CORREGIDA (SEMANAS)							
			32 semanas	34 semanas	36 semanas	38 semanas	40 semanas	2 meses	3 meses
1	1er	0					*		
	2a	6						**	
	3a	12							**
2	1er	-9	***						
	2a	0					*		
	3a	5						**	
3	1er	-5		***					
	2a	0					*		
	3a	8						**	
4	1er	-6		***					
	2a	-2				**			
	3a	5						**	
6	1er	-3			***				
	2a	1					***		
	3a	7,5						***	
7	1er	-3			***				
	2a	1					****		
	3a	7,5						***	
8	1er	-4			***				
	2a	1					*		
	3a	5						**	
9	1er	-6		***					
	2a	8						**	
11	1er	-6		***					
	2a	6						**	

**Tabla 11.** Resultados de la progresión del tono muscular activo, paso de la cabeza por línea media (extensores de cuello) en cada uno de los participantes en cada evaluación. \*Ausente \*\*Esbozo \*\*\*Esperado \*\*\*\* Excesivo

- **Enderezamiento global de los miembros inferiores y el tronco** → Se incluyó con el fin de analizar la progresión del tono muscular axial en los recién nacidos y no únicamente el de las extremidades. Se observó la reacción de enderezamiento de los miembros inferiores junto la activación de los músculos espinales dando la apariencia de postura erguida y la posibilidad del niño(a) de sostener su peso sobre una superficie.

De acuerdo con el protocolo propuesto por la autora original de la evaluación, se describe cómo se realizó la maniobra:

El observador tomó al niño(a) con sus manos en la región torácica, sosteniéndolo de manera que sus pies tocaran la superficie en la que se encontraba. En respuesta se evaluó el nivel al que se produjo el enderezamiento, incluyendo la alineación de la cabeza con el tronco.

La tabla 12, muestra los resultados de los hallazgos de esta evaluación, en los que fue posible identificar 3 niños(as) que muestran una respuesta de enderezamiento únicamente de los miembros inferiores y el tronco. Todo esto se describe de manera detallada a continuación:

- Código 1: a la semana 0 (edad corregida), la respuesta de enderezamiento es parcial; en la segunda evaluación a las 6 semanas y en la última correspondiente a las 12 semanas de edad corregida los resultados corresponden a lo esperado, el enderezamiento está presente de manera progresiva, correspondiendo con lo esperado.
- Código 2: la primera evaluación se realizó a -9 semanas de la edad a término, la segunda, en la semana 0, y la tercera a las 5 semanas de edad corregida, la respuesta está presente en todas las evaluaciones. El enderezamiento en la primera evaluación corresponde únicamente a los miembros inferiores, progresivamente logra el alineamiento de todo el eje, respondiendo inicialmente el tronco hasta aparentemente estar completa en la última evaluación con un esbozo de los extensores del cuello por un corto periodo de tiempo.

- Código 3: en la primera evaluación realizada a -5 semanas de la edad al término (edad corregida) y en la segunda evaluación, a las 0 semanas (edad al término) la respuesta es parcial y en la última evaluación correspondiente a las 8 semanas de edad corregida los resultados corresponden a lo esperado, el enderezamiento está presente de manera completa.
- Código 4: en la primera evaluación realizada a -6 semanas de la edad al término (edad corregida) la respuesta de enderezamiento es esperada, únicamente en miembros inferiores, progresivamente para las otras evaluaciones la respuesta de enderezamiento progresa de manera ascendente, para la segunda evaluación a las -2 semanas de la edad al término en la respuesta se integra la alineación del tronco; y la última, a las 5 semanas de edad corregida se evidencia respuesta parcial de los extensores del cuello, evidenciando alineación de todo el eje corporal axial del niño(a).
- Código 6 (gemelo 2): La primera evaluación se realizó a -3 semanas de la edad a término (edad corregida), la segunda a la semana 1 de edad corregida y en la tercer a las 7,5 semanas de edad corregida, la respuesta de enderezamiento es progresiva, está presente en todas las evaluaciones.
- Código 7 (gemelo 1): Ninguna de las evaluaciones evidencia resultados distintos a lo esperado, la respuesta de enderezamiento está presente en las tres evaluaciones, sigue siendo notoria la respuesta excesiva de los extensores del cuello en la segunda evaluación.
- Código 8: la primera evaluación se realizó a -4 semanas de la edad a término (edad corregida), la segunda en la semana 1 y la última, a las 5 semanas de edad corregida, el hallazgo no presenta calificaciones distintas a lo esperado, la respuesta de enderezamiento es progresiva, está presente en todas las evaluaciones, inicialmente de manera parcial hasta en la última lograr respuesta, aunque corta de los extensores del cuello, logrando alineación de todo el eje corporal.
- Código 9: en la primera evaluación realizada a -6 semanas de la edad al término (edad corregida) se evidencia únicamente respuesta de enderezamiento únicamente de los miembros inferiores; para la segunda evaluación, el niño(a) con 8 semanas de edad corregida ya responde a la maniobra con enderezamiento completo de todo el eje corporal.

- Código 11: en la primera evaluación realizada a -6 semanas de la edad al término (edad corregida) el hallazgo corresponde a lo esperado, el enderezamiento es inicialmente de miembros inferiores; para la segunda evaluación, a las 6 semanas de edad corregida logra el enderezamiento de todo el eje axial.

En relación con la evaluación de las maniobras anteriores los participantes con el código 1, 2, 3 y 8 presentaron paso pasivo de la cabeza en las dos maniobras evaluadas, en la tercera sigue siendo la activación de los erectores del cuello el elemento ausente en la respuesta del recién nacido; sin embargo, para la siguiente evaluación los resultados se nivelan acorde con las características de lo que se demarco esperado para la edad al momento de la evaluación. Más adelante se menciona detalladamente la relación de estos hallazgos con la caracterización de la motilidad espontánea en cada uno de los participantes.

PROGRESIÓN DEL TONO MUSCULAR ACTIVO – ENDEREZAMIENTO POSTURAL						
CÓDIGO	EVALUACIÓN	EDAD CORREGIDA (SEMANAS)	 32 semanas	 36 semanas	 40 semanas	
1	1er	0			**	
	2a	6				***
	3a	12				***
2	1er	-9	***			
	2a	0			**	
	3a	5				***
3	1er	-5		**		
	2a	0			**	
	3a	8				***
4	1er	-6	***			
	2a	-2		***		
	3a	5				***
6	1er	-3		***		
	2a	1			***	
	3a	7,5				***
7	1er	-3		***		
	2a	1			***	
	3a	7,5				***
8	1er	-4		**		
	2a	1			**	
	3a	5				***
9	1er	-6	***			
	2a	8				***
11	1er	-6	***			
	2a	6				***

**Tabla 12.** Resultados de la progresión del tono muscular activo, enderezamiento postural en cada uno de los participantes en cada evaluación. \*\*Parcial \*\*\*Esperado

## EVALUACIÓN DE LA MOTILIDAD ESPONTÁNEA

Entendiendo que el movimiento puede ser descrito de manera amplia y diversa de acuerdo con el contexto en el que se evalúe, y teniendo en cuenta que no se usaron escalas determinadas para su calificación más allá de la observación. Los resultados de las evaluaciones de los niños(as) participantes en esta investigación se describen bajo las 3 categorías propuestas por los investigadores: simetría, armonía y calidad.

Estas 3 categorías que se plantean resultan de la necesidad de integrar los conceptos que previamente se revisaron en el estado del arte y que coherente con la intención de no hacer una clasificación o calificación de los resultados, logran caracterizar los hallazgos de un componente del desarrollo motor e interpretarlos en un contexto determinado. Recogiendo, además, los atributos que se pueden reconocer en la variedad de escalas que han ido ampliando las líneas de pensamiento sobre las cuales se realiza la evaluación neurológica y que pueden o no terminar concretando de manera útil los hallazgos en una etapa específica del desarrollo. Si bien estas categorías no son excluyentes, en realidad se ajustan para no condicionar el uso de una escala específica, permitiendo que cualquier profesional vinculado al seguimiento de los recién nacidos pueda describir los hallazgos de sus observaciones, sin darles una puntuación específica que no reconozca la variabilidad del desarrollo, razón por la que ninguna de estas 3 categorías en sí misma tiene un valor de normalidad como tal.

## Código 1:



### - SIMETRÍA:

*Primera Evaluación:* Presenta movimientos dirigidos a la línea media y en apertura, que ocurren de manera alterna. Incluyen miembros superiores e inferiores en todos los segmentos articulares.

*Segunda Evaluación:* Los movimientos de apertura de las extremidades son amplios respecto al rango y a partir de estos se generan cambios alternos de dirección. Alterna de manera contralateral los movimientos de las extremidades; igualmente, son más notorios los movimientos del cuello y tronco en los que también se evidencian movimientos de torsión que se asocian con la dirección del movimiento de las extremidades.

*Tercera Evaluación:* En una misma extremidad, es fácil identificar movimientos segmentados de las articulaciones, que no necesariamente requieren el movimiento simultáneo de las partes proximales de la extremidad; las manos y los pies denotan movimientos más finos y

secuenciales que amplían el rango de movimiento. Los movimientos se dan más distantes del axis corporal, permitiendo que en éste sean más notorios.

- ARMONÍA:

*Primera Evaluación:* Las extremidades presentan movimientos tanto de flexión como de extensión, ocasionalmente pareciera presentar movimientos de “sacudida”, en el momento aparentemente asociados a su estado comportamental, presenta llanto activo en varios momentos de la evaluación, aunque se hacen varios intentos, finalmente se elige la etapa con mayor número de episodios de calma. En los periodos de calma los movimientos son fluidos y denotan algo de elegancia, con pequeños cambios de dirección, los movimientos rotacionales siguen una secuencia ordenada.

*Segunda Evaluación:* Las extremidades se mantienen predominantemente en extensión y abducción, a partir de esta posición, los cambios rotacionales que incluyen todo el eje corporal le permiten de manera fluida cambiar su posición supina de lado a lado como mecedora, explorando de manera notoria su lado izquierdo.

*Tercera Evaluación:* Los movimientos alternos de flexión y extensión segmentados en las articulaciones, además de la disminución en la velocidad de estos, imprimen un carácter ligero y elegante.

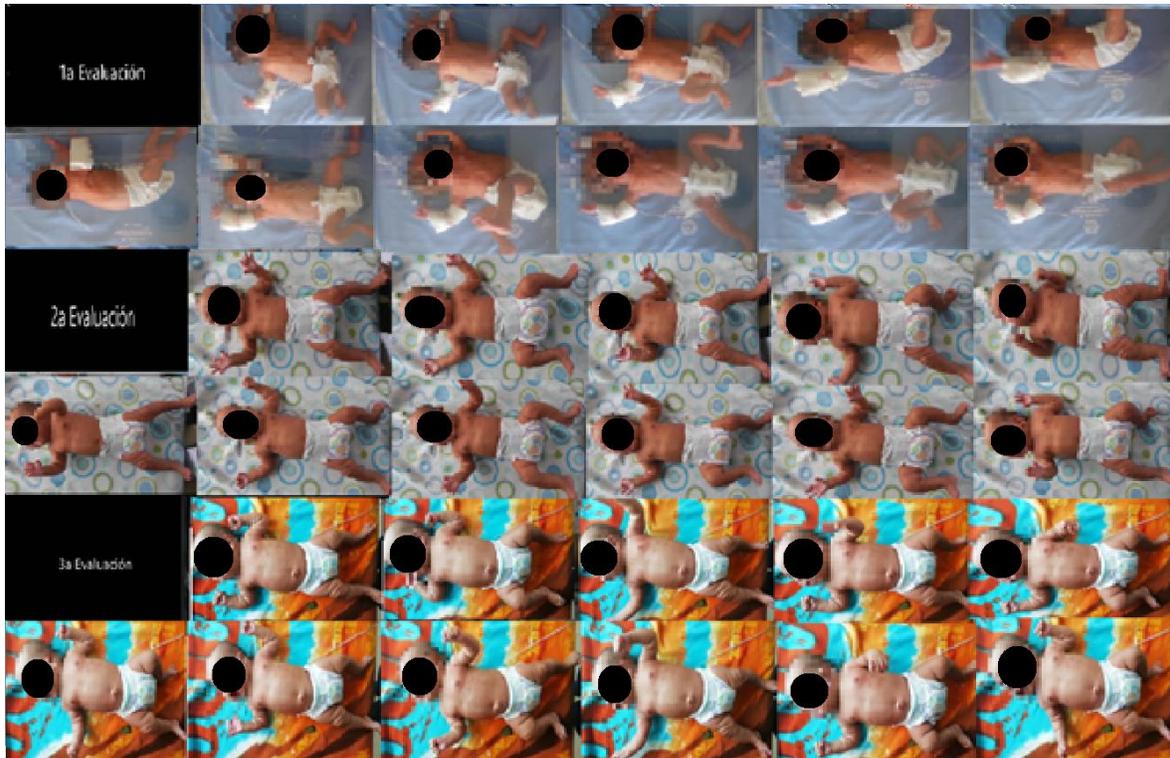
- CALIDAD:

*Primera Evaluación:* La velocidad de los movimientos, y la variabilidad en los patrones que demuestra el recién nacido, no dan la impresión de ser monótonos o caóticos a pesar de su estado conductual. Ausencia de movimientos patológicos (convulsiones, distonía, temblores, fasciculaciones).

*Segunda Evaluación:* La fluidez y la amplitud de los patrones de motilidad que demuestra a pesar de presentar episodios de llanto activo, comparados con la evaluación previa denotan mayor exploración en el espacio, evidencia patrones cruzados de sus extremidades.

*Tercera Evaluación:* En términos de cronicidad sus movimientos son más lentos, sin perder la fluidez y el aparente orden en el que se presentan. Son más frecuentes los movimientos de una sola extremidad que inician distales, aumentando también la amplitud de los movimientos de estas articulaciones que en las primeras evaluaciones no eran tan evidentes.

Código 2:



- SIMETRÍA:

*Primera Evaluación:* Las cuatro extremidades se mueven ocasionalmente, se mantienen en flexión y abducción tendidas sobre la superficie, la alternancia entre los movimientos es evidente entre hemicuerpos.

*Segunda Evaluación:* Las extremidades persisten en abducción, pero ahora mientras los miembros superiores se encuentran en flexión los miembros inferiores se extienden, se alternan los movimientos entre las cuatro extremidades y los dos hemicuerpos.

*Tercera Evaluación:* Se alternan los movimientos de las extremidades en patrones cruzados de movimiento. Los movimientos se alejan de la línea

media del cuerpo. Persiste la postura en flexión de miembros superiores y en extensión los miembros inferiores, aunque estos muestran mayor tendencia a la aducción.

- ARMONÍA:

*Primera Evaluación:* Presenta pocos movimientos rotacionales superpuestos sobre el mismo eje de la articulación. Son más frecuentes los movimientos de flexo-extensión en la mayor parte de las extremidades. Los movimientos de rotación se encuentran presentes en el tronco, haciendo que cambie de posición supina a uno u otro lado en bloque, extendiendo todas las extremidades.

*Segunda Evaluación:* Aparecen los movimientos segmentados de las extremidades que le dan el cambio de dirección y amplitud a los patrones de movimiento, aunque siguen siendo más frecuentes los movimientos de flexo-extensión, a nivel proximal de las extremidades hay movimientos de rotación sobre su propio eje.

*Tercera Evaluación:* El movimiento de los segmentos distales de las extremidades no implica movimiento de toda la extremidad, más bien se dan de forma aparentemente secuencial dando la característica de fluidez al patrón.

- CALIDAD:

*Primera Evaluación:* Los movimientos son fluidos, suaves y rápidos, incluyen todas las articulaciones cuando se mueve una extremidad. No hay mayor variabilidad en los movimientos, la secuencialidad es aparentemente ordenada, pero se repiten los patrones de movimiento.

*Segunda Evaluación:* Los movimientos son fluidos, más frecuentes y variables respecto a la evaluación anterior. Más amplios en miembros superiores que en miembros inferiores, incluye movimientos de cuello y

tronco dentro de su repertorio, esta vez los movimientos del tronco no implican el movimiento en bloque de las extremidades.

*Tercera Evaluación:* El repertorio motor respecto a características como la amplitud de los movimientos y la variabilidad, comparado con los resultados de la evaluación anterior, es mayor. Los movimientos proximales de las extremidades son más lentos respecto a los distales, la dirección de uno no implica al otro, dan la impresión de movimientos independientes y secuenciales que recorren el arco en su posibilidad de movimiento.

Código 3:



- SIMETRÍA:

*Primera Evaluación:* Los movimientos de las cuatro extremidades, cuello y tronco se presentan de manera secuencial. Las extremidades se mueven más cercanas a la línea media corporal, aunque la posición preferente antes del inicio de los patrones de movimiento es, flexión de las cuatro extremidades y abducción, tendidas sobre la superficie plana de la

incubadora. Temporalmente, aunque los patrones de movimiento entre los hemicuerpos son similares, no ocurren en espejo.

*Segunda Evaluación:* Los movimientos de los segmentos distales de las extremidades son más evidentes. Los miembros inferiores se mantienen en extensión y aducción mientras que los miembros superiores se mantienen en flexión, de manera alterna entre un hemicuerpo y otro se aprecian movimientos de flexo extensión y rotación de una extremidad o de dos extremidades en patrones cruzados o ipsilaterales.

*Tercera Evaluación:* No se aprecia una postura base o inicial para los patrones de movimiento, las extremidades se mueven alternas cambiando de manera constante de posición. Ocurren, tanto en patrones cruzados como ipsilaterales.

- ARMONÍA:

*Primera Evaluación:* Son evidentes los movimientos tanto en flexión y extensión, como los rotacionales en los segmentos proximales de las extremidades. Los movimientos en las cuatro extremidades son segmentados entre las articulaciones, el movimiento de alguna no implica el movimiento de otra.

*Segunda Evaluación:* La secuencialidad de los movimientos de las extremidades, cuello y tronco, permiten al recién nacido el cambio de posición supina a decúbito lateral sin perder la posibilidad de continuar presentando movimientos simultáneos y fluidos de las cuatro extremidades en diferentes direcciones.

*Tercera Evaluación:* Son movimientos suaves y fluidos que incluyen todos los segmentos articulares de las cuatro extremidades, cambiando de dirección y amplitud entre un patrón y otro. Aunque el lactante se muestra frecuentemente irritable, los movimientos no se aprecian bruscos o desordenados.

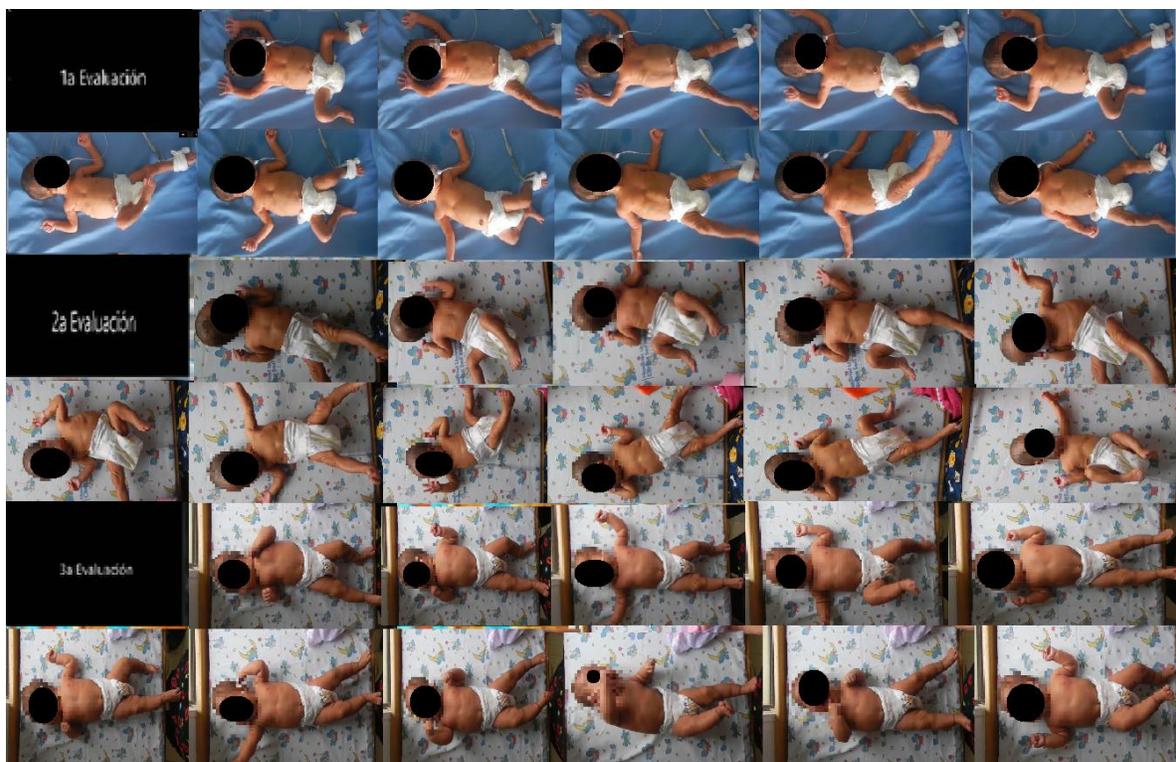
- CALIDAD:

*Primera Evaluación:* Los movimientos alternos de las extremidades que incluyen movimientos suaves y fluidos del cuello y tronco, evidencia patrones elegantes que se perciben ordenados en tanto es posible seguir la trayectoria de cada uno de los movimientos hasta el final, dando cierta continuidad al patrón del siguiente segmento en movimiento.

*Segunda Evaluación:* La velocidad de los movimientos, sigue permitiendo detallar la amplitud de cada uno de los segmentos articulares de cada extremidad, persiste la apariencia secuencial de los movimientos, fluidos, variables y con dirección fluctuante entre un segmento articular y otro, o entre una extremidad y otra.

*Tercera Evaluación:* Los movimientos dan la apariencia de ser más complejos respecto a la evaluación anterior, el cambio constante de posición de las extremidades en cada inicio de los patrones motores, imprimen la característica de variabilidad en la que poco se repiten los movimientos, explorando toda la posibilidad de movimiento en cada segmento articular.

Código 4:



- SIMETRÍA:

*Primera Evaluación:* Las cuatro extremidades se mueven ocasionalmente, se mantienen en flexión y abducción tendidas sobre la superficie, la alternancia entre los movimientos es evidente entre tren superior y tren inferior. Respecto al axis corporal los segmentos distales de las extremidades se mantienen distantes, en posiciones que varían de un hemicuerpo respecto al otro.

*Segunda Evaluación:* Las extremidades persisten en abducción, pero ahora, mientras los miembros superiores se encuentran en flexión, los miembros inferiores se mantienen en extensión, se alternan los movimientos entre ellos para el cambio a flexión. Son más evidentes los movimientos alternos entre los hemicuerpos que se combinan con movimientos en rotación del tronco que en esta evaluación incluyen el cuello.

*Tercera Evaluación:* Se alternan los movimientos de las extremidades en patrones cruzados, son segmentados e incluyen todos los segmentos corporales. Los movimientos se acercan y se alejan de la línea media del cuerpo.

- ARMONÍA:

*Primera Evaluación:* Los movimientos que presenta son en flexo-extensión en la mayor parte de su repertorio, se evidencian pocos movimientos en rotación de las extremidades, mientras en tronco sí se manifiestan tan marcados que incluyen la extensión y cambio de dirección de posición de todo el tren inferior.

*Segunda Evaluación:* El movimiento de uno de los segmentos articulares de miembros inferiores, implican la secuencia rápida del movimiento de todo el segmento que predominantemente vuelve a la extensión de toda la extremidad, ocasionalmente presenta movimientos en flexo-extensión fluidos y lentos. En miembros superiores los movimientos se parecían más amplios, suaves y segmentados, los movimientos rotacionales en estas articulaciones son notorios.

*Tercera Evaluación:* El movimiento de los segmentos distales se integran al movimiento de toda la extremidad, dándose de forma aparentemente secuencial, imprimiendo la característica de fluidez al patrón motor que respecto al anterior es más variable y amplio, son evidentes las rotaciones superpuestas de los segmentos en una sola secuencia de movimiento.

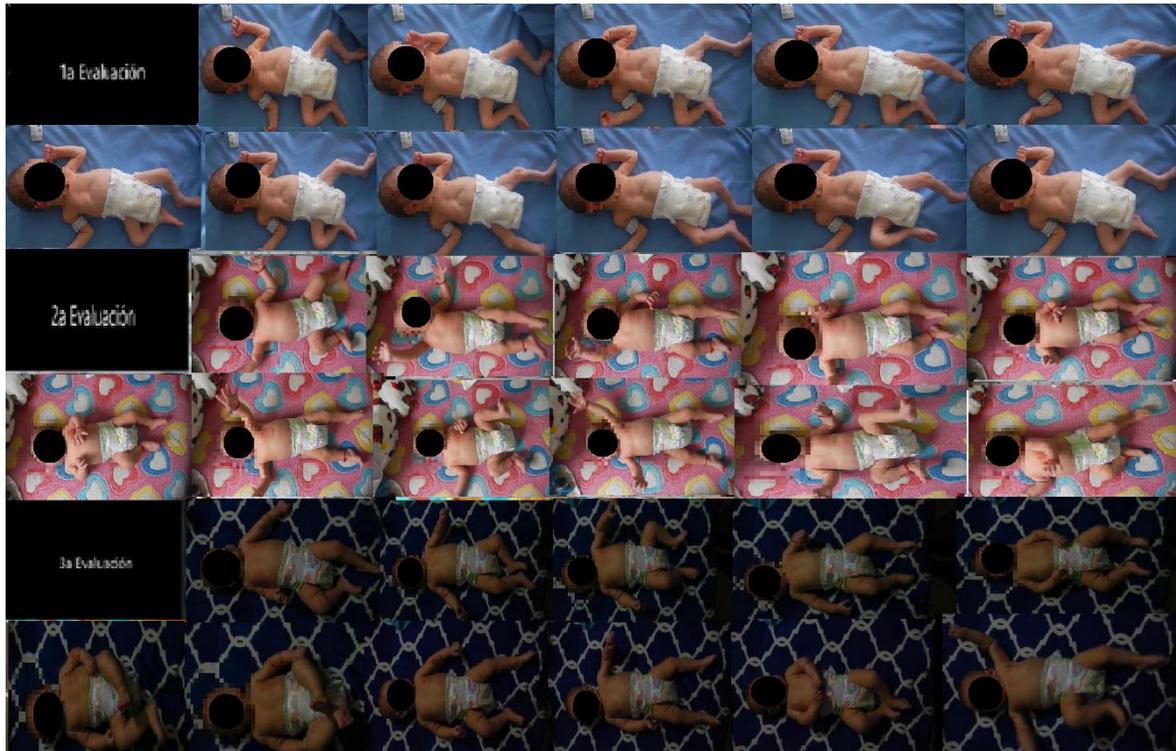
- CALIDAD:

*Primera Evaluación:* Los movimientos son fluidos, suaves y rápidos incluyendo todas las articulaciones cuando se mueve una extremidad. Los patrones son variables en las extremidades permitiendo apreciar diferentes posturas en rangos de movimiento predominantemente amplios, en los periodos de aparente pausa en los patrones amplios de movimiento, se evidencian movimientos lentos de las manos y dedos.

*Segunda Evaluación:* Los movimientos son fluidos, más frecuentes y variables respecto a la evaluación anterior. Más amplios en miembros superiores que en miembros inferiores, incluye movimientos de cuello y tronco dentro de su repertorio, estos movimientos en tren inferior generan cambio de dirección del movimiento de todo el eje corporal, haciendo que se aprecie en bloque; distinto al tren superior, en el que los movimientos en rotación del tronco no cambian la fluidez y la complejidad de los segmentos articulares de toda la extremidad.

*Tercera Evaluación:* El repertorio motor respecto a características como la amplitud de los movimientos y la variabilidad, comparado con los resultados de la evaluación anterior es mayor. Los movimientos proximales de las extremidades son más fluidos y su cambio de dirección no implica el cambio de dirección de todo el patrón, dan la impresión de movimientos independientes y secuenciales que recorren el arco en su posibilidad de movimiento.

Código 6 (gemelo 2):



- SIMETRÍA:

*Primera Evaluación:* Las cuatro extremidades se mantienen tendidas sobre la superficie de la incubadora, en posición de flexión y abducción. Los movimientos son alternos entre hemicuerpos, lentos y segmentados, aunque no son frecuentes, lo que permite que la misma posición cambie progresivamente en la amplitud de los rangos de movimiento de cada segmento, sin que uno implique exactamente el mismo movimiento del otro.

*Segunda Evaluación:* Los movimientos alternos de las extremidades incluye cuello y tronco, con cambios de dirección variable entre segmentos que se corresponden de manera temporal sin presentarse de manera simultánea, ocurren en patrones cruzados e ipsilaterales de las cuatro extremidades, igualmente se aprecian movimientos independientes de cada extremidad.

*Tercera Evaluación:* Los movimientos alternos ocurren con mayor frecuencia respecto a la evaluación anterior, se identifican movimientos distales que se integran al patrón del movimiento de toda la extremidad con la misma

característica del movimiento alterno fluido y frecuente que se da de manera proximal.

- ARMONÍA:

*Primera Evaluación:* Las extremidades presentan movimientos tanto de flexión como de extensión, en su mayor parte pegadas a la superficie de la incubadora, dando la impresión de que recorren la superficie en diferentes amplitudes del rango de movimiento, pero en un solo plano corporal. Aunque se presentan de manera intermitente, cada patrón es fluido y denota algo de elegancia, siguiendo una secuencia ordenada incluso cuando presenta pequeños movimientos en tronco.

*Segunda Evaluación:* Las extremidades secuencialmente cambian la dirección del movimiento, son evidentes los movimientos rotacionales que incluyen todos los segmentos corporales, pueden las cuatro extremidades moverse simultáneamente en diferentes patrones de movimiento, incluyendo también movimientos segmentados articulares sin dejar de ser fluidos y ordenados.

*Tercera Evaluación:* Los movimientos alternos en rotación de las extremidades, combinados con los movimientos de flexión y extensión segmentados en las articulaciones, que ocurren de manera simultánea con cambios respecto a la velocidad, imprimen un carácter ligero y diverso.

- CALIDAD:

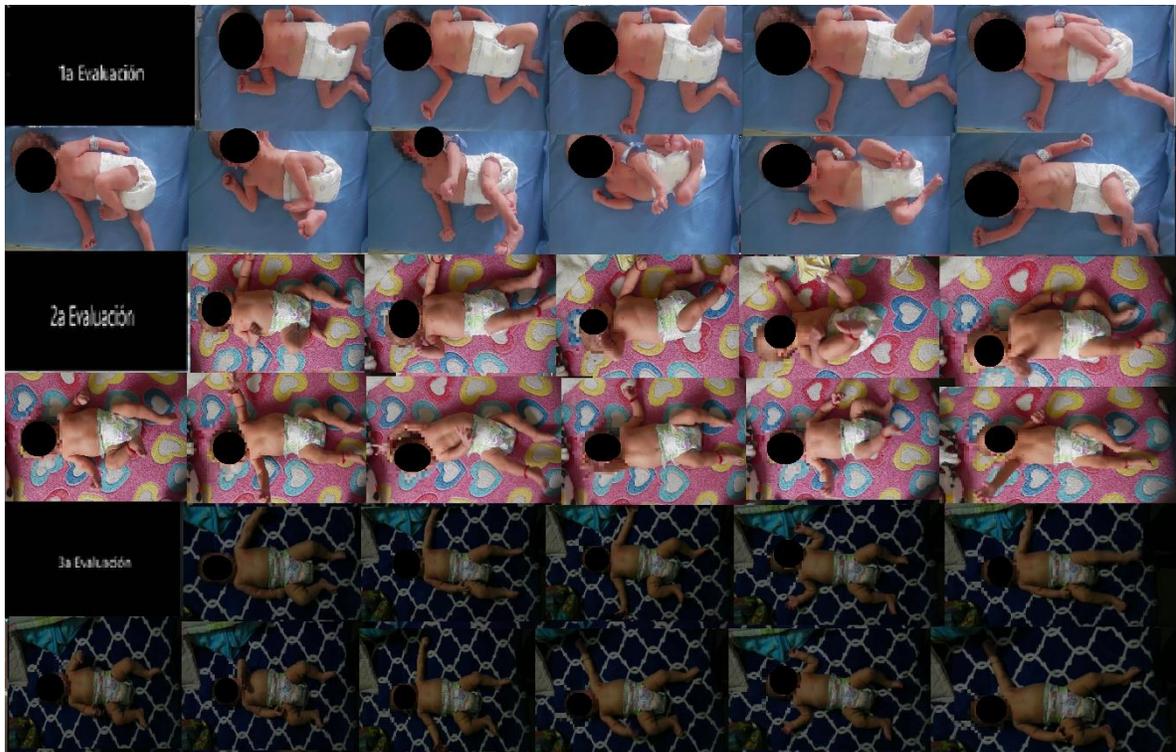
*Primera Evaluación:* En cuanto a la secuencia temporal de los movimientos pareciera pobre el repertorio respecto a variabilidad, dando la impresión de ser monótonos, pero pareciera estar asociado a su estado comportamental, que fluctúa entre períodos de alerta y sueño activo en los que el movimiento progresivamente disminuye su intensidad y velocidad.

*Segunda Evaluación:* Se evidencia mayor variabilidad en los patrones de movimiento, que dan la apariencia de ser más complejos y amplios en cuanto a la posibilidad de exploración de los rangos de movilidad articular, fluctúan

tanto en dirección como en velocidad y secuencialidad sin dar la apariencia de ser caóticos.

*Tercera Evaluación:* Los movimientos alternos entre las extremidades y segmentos temporales, ocurren con mayor frecuencia y velocidad, el repertorio motor es mucho más amplio variando no solo las características espaciotemporales, sino su complejidad secuencial y ordenada que permite que, a pesar de presentar movimientos simultáneos y distintos en las cuatro extremidades, estos no se vean caóticos o desordenados.

Código 7 (gemelo 1):



- SIMETRÍA:

*Primera Evaluación:* Las cuatro extremidades se mantienen tendidas sobre la superficie de la incubadora, sus movimientos son alternos y secuenciales entre ellos. Incluyen todos los segmentos corporales: extremidades, cuello y tronco, con movimientos segmentados y variables en cuanto a la dirección,

amplitud y velocidad, generando patrones de movimiento cruzados en diferentes planos de movimiento.

*Segunda Evaluación:* De manera persistente, aunque se evidencian movimientos alternos de las extremidades inferiores y de miembro superior derecho constantemente, el lactante mantiene postura de espadachín, el miembro superior izquierdo se mantiene extendido y en abducción con el giro de la cabeza en esa dirección, patrón que no ocurre hacia el lado derecho. Una vez el cuello exhibe un cambio en la dirección de su movimiento, el miembro superior izquierdo, progresivamente va ampliando su repertorio y rango de movilidad, inicialmente presenta movimientos simples de flexo-extensión hasta llegar a movimientos de rotación y segmentados de toda la extremidad.

*Tercera Evaluación:* Persiste el patrón extensor del miembro superior izquierdo, aunque respecto a la evaluación previa es independiente de la dirección del movimiento del cuello, y es predominantemente proximal, aunque el hombro aparentemente se mantenga rígido por algunos periodos de tiempo en los segmentos distales, hay movimiento fluido y alterno. Los movimientos alternos ocurren con mayor frecuencia, respecto a la evaluación anterior en las otras tres extremidades.

- ARMONÍA:

*Primera Evaluación:* Los movimientos combinados de todos los segmentos corporales permiten que, a pesar de ir en direcciones diferentes, el eje corporal cambie de posición de un lado al otro sin alterar el carácter fluido que se evidencia en las extremidades.

*Segunda Evaluación:* están presentes los movimientos alternos de los segmentos articulares de todas las extremidades, sin embargo, en el miembro superior izquierdo, el movimiento denota un carácter menos fluido y brusco, los movimientos alternos de los segmentos distales de esta extremidad, son bruscos y no tiene un carácter secuencial, el movimiento de un segmento implica el movimiento en bloque de toda la extremidad. Los movimientos de los miembros inferiores, miembro superior derecho, cuello y

tronco son independientes, alternos y con posibilidad de exploración de todo el rango de movilidad articular.

*Tercera Evaluación:* Es persistente el patrón extensor del miembro superior derecho, aunque en esta evaluación no se ve influenciado por la posición de la cabeza, de manera independiente y progresiva de distal a proximal los movimientos adquieren un carácter fluido como los demás segmentos corporales.

- CALIDAD:

*Primera Evaluación:* El repertorio motor es amplio y denota un carácter complejo, siendo variables tanto en velocidad, dirección y fluidez en conjunto o de manera independiente permitiendo que el recién nacido cambie de posición frecuentemente.

*Segunda Evaluación:* Se evidencia un patrón motor predominante y distinto en una de las extremidades, modificando toda la posibilidad de movimiento que evidencian los demás segmentos corporales. Progresivamente adquiere una aparente fluctuación en la dirección, pero la velocidad de inicio hace que se perciba como una sacudida una vez la cabeza, se mueva en dirección opuesta dando mayor posibilidad de movimiento a la extremidad.

*Tercera Evaluación:* el carácter rígido de la extremidad superior pareciera ya no depender de la posición de la cabeza; sin embargo, compromete de manera evidente el segmento proximal de la extremidad. A nivel distal el miembro superior izquierdo evidencia movimientos fluidos y variables como las demás extremidades.

Código 8:



- SIMETRÍA:

*Primera Evaluación:* Las cuatro extremidades se encuentran en flexión y abducción tendidas sobre la superficie, pero con frecuencia cambian su posición mediante movimientos alternos y secuenciales de todas las extremidades que ocurren como patrones cruzados o ipsilaterales haciendo que, combinados con los movimientos de rotación en cuello y tronco todo el eje corporal se mueva de lado.

*Segunda Evaluación:* Mientras los miembros superiores se encuentran en flexión los miembros inferiores se extienden, se alternan los movimientos entre las cuatro extremidades entre hemicuerpos, y entre tren superior y tren inferior, cambiando de flexión a extensión de manera secuencial.

*Tercera Evaluación:* Se alternan los movimientos de las extremidades en patrones cruzados de movimiento, cambiando de flexión a extensión además de movimientos en rotación. Aunque existe la tendencia de los miembros superiores a mantenerse sobre la línea media del cuerpo en flexión de todos los segmentos corporales (manos en puño bajo el mentón).

- ARMONÍA:

*Primera Evaluación:* En todos los segmentos corporales se aprecian movimientos en diferentes planos y ejes. Presenta movimientos rotacionales superpuestos sobre el mismo eje de la articulación, variable uno del otro de manera que los movimientos de rotación que permiten que el tronco cambie de posición no afectan la fluidez y elegancia con la que se presentan.

*Segunda Evaluación:* Los movimientos segmentados de las extremidades, del cuello y el tronco en constante cambio de velocidad y dirección evidencian movimientos que parecen de contorsión. Son fluidos y elegantes uno tras otro, permitiendo evidenciar patrones de movimiento ligeros y variables.

*Tercera Evaluación:* El movimiento de los miembros inferiores es fluido y secuencial, cuando se flexiona en conjunto con el tronco pareciera reforzar el patrón flexor que predomina en los miembros superiores. Una vez se extiende una de las extremidades superiores o uno de sus segmentos distales, progresivamente ambas empiezan a mostrar el mismo carácter fluido y diverso de las extremidades inferiores.

- CALIDAD:

*Primera Evaluación:* Los movimientos son fluidos, suaves y lentos; son segmentados dando la apariencia de ser complejos y variables, combinados permiten movimientos que exploran todo el arco de movimiento disponible, que con la secuencialidad ordenada que llevan, permiten movimientos arqueados de todo el eje corporal.

*Segunda Evaluación:* Respecto a la evaluación previa, el repertorio motor adquiere un carácter más complejo, con movimientos contorsionales del tronco que no altera la fluidez de los demás segmentos corporales.

*Tercera Evaluación:* El repertorio motor en general es más amplio; sin embargo, se evidencia un patrón flexor en miembros superiores que es reforzado por la flexión de los demás segmentos corporales, este no es constante y luego del cambio de alguno de los segmentos progresivamente

muestra las mismas características variables y complejas que exhiben los miembros inferiores.

Código 9:



- SIMETRÍA:

*Primera Evaluación:* Las cuatro extremidades se encuentran en flexión y abducción tendidas sobre la superficie, muestran poca variabilidad en cuanto al eje en el que se mueven, los movimientos son alternos entre las cuatro extremidades, el movimiento de un segmento implica el movimiento de toda la extremidad.

*Segunda Evaluación:* Mientras los miembros superiores se encuentran en flexión, los miembros inferiores se mantienen extendidos. Respecto a la evaluación previa, el repertorio motor es mayor, exhibiendo patrones de movimiento cruzados entre las extremidades que, secuencialmente, permiten que los extremos distales se aproximen o se alejen de la línea media corporal.

- ARMONÍA:

*Primera Evaluación:* Presenta movimientos aparentemente en un solo plano de movimiento, las extremidades se mantienen tendidas sobre la superficie dando la apariencia que, con el movimiento acarician y exploran el plano en

el que se encuentran con un carácter fluido, aunque ocasionalmente una vez alcanzan lo que sería el rango máximo, presentan una sacudida que se origina en el segmento proximal de la extremidad.

*Segunda Evaluación:* Son evidentes los movimientos segmentados de las extremidades, del cuello y el tronco, que demuestran un constante cambio de dirección y amplitud entre ellos. Las sacudidas que se evidenciaron en la primera evaluación ya no están presentes. Los movimientos son fluidos y ligeros, independientes entre segmentos.

- CALIDAD:

*Primera Evaluación:* Los movimientos son fluidos de inicio, pero aparentemente cuando llegan a un tope dependiente de la amplitud, se vuelven fuerte y rápidos, tienden a ser movimientos repetitivos con poca variabilidad en la dirección del movimiento.

*Segunda Evaluación:* Respecto a la evaluación previa, el repertorio motor adquiere un carácter más complejo, con movimientos segmentados claros que cambian el carácter monótono hallado anteriormente, de manera similar se integran todos los patrones de manera tal que la ejecución fluctúa sin cambios repentinos de dirección o velocidad.

Código 11:



- SIMETRÍA:

*Primera Evaluación:* Las cuatro extremidades se encuentran en flexión y abducción tendidas sobre la superficie, pero con frecuencia cambian su posición mediante movimientos alternos y secuenciales de las extremidades, que combinados con la flexión y rotación del tronco producen que todo el eje corporal se mueva de lado a lado.

*Segunda Evaluación:* Mientras los miembros superiores se encuentran en flexión los miembros inferiores se extienden, se alternan los movimientos entre las extremidades inferiores. Los miembros superiores se mantienen en flexión completa (manos en puño bajo el mentón), con pequeños movimientos de rotación distal las extremidades superiores liberan el patrón flexor y ocasionalmente se extienden hasta lograr la apertura de la mano.

- ARMONÍA:

*Primera Evaluación:* En todos los segmentos corporales se aprecian movimientos en diferentes planos y ejes. Presenta movimientos en rotación del tronco que se conjuga con los movimientos de las extremidades, haciendo que el eje corporal cambie su posición de un lado a otro.

*Segunda Evaluación:* El movimiento de los miembros inferiores es fluido y secuencial, distinto a lo que se evidencia en miembros superiores. Mientras se perciben cambios de dirección y amplitud de los movimientos segmentarios de los miembros inferiores, el cambio en el patrón flexor de los miembros superiores es rápido y sin una secuencia aparente, dando la impresión de ser bruscos. La cabeza se mantiene alineada con el eje corporal, con poca rotación en rangos amplios de movimiento.

- CALIDAD:

*Primera Evaluación:* Los movimientos son fluidos, suaves y lentos; son segmentados dando la apariencia de ser complejos y variables, combinados permiten movimientos que exploran todo el arco de movimiento disponible,

que con la secuencialidad ordenada que llevan permiten cambios de posición de todo el eje corporal.

*Segunda Evaluación:* Respecto a la evaluación previa el repertorio motor evidencia un patrón predominantemente flexor en miembros superiores, que al ser liberado evidencia movimientos fuertes y con poca fluidez que combinados con los movimientos alternos de los miembros inferiores parecen ser caóticos y sin alguna secuencia aparente.

## ANÁLISIS

La evaluación neurológica y las herramientas disponibles para el seguimiento de los recién nacidos es variada y a lo largo de la historia ha ido sufriendo una serie de transformaciones que incluyen elementos que, si bien se superponen y amplían la visión simplista de una base genética; para la presente investigación, estas no contemplan una relación específica entre los elementos que se consideran ejes centrales en el desarrollo motor temprano de los niños(as). A partir del fundamento teórico de las herramientas existentes, bajo categorías descriptivas se recabaron elementos que han sido definidos históricamente, pero que desde lo cualitativo no se han integrado en lo semiológico. Sus adaptaciones han estado enfocadas en ampliar el espectro que defina no solo la integridad del desarrollo motor, si no que permiten evaluar su madurez. La propuesta de esta investigación tiene un propósito predefinido y es: “Integrar” elementos que ponen en evidencia la evaluación de la función más allá de lo estructural, postulando el movimiento como resultado.

Una vez realizada la descripción detallada de cada una de las evaluaciones de los recién nacidos, considerando las categorías para la calificación del movimiento propuestas, se procedió a hacer el análisis cualitativo de los hallazgos respecto a lo que se identificó en el seguimiento de los participantes. Intentando resolver la pregunta, ¿Puede la motilidad espontánea neonatal ser un indicador semiológico correlacionable con la progresión del tono muscular como evaluación integradora del desarrollo motor?

Los resultados y la asociación del movimiento como indicador de la progresión del tono muscular se presentan de acuerdo con el seguimiento realizado en los participantes, considerando que las evaluaciones longitudinales, brindan información sobre la progresión del desarrollo y no lo que daría cuenta una única evaluación, lo que permite el seguimiento de picos, cambios o mesetas en el desarrollo, incluso en algunos casos, la regresión en patrones distintivos ya evaluados en cada niño(a). La comparación intra-sujeto se realizó creando una cinta de video continua de las dos o tres evaluaciones realizadas a cada niño(a), de manera que facilitara la identificación de cambios en el desarrollo y posibles apariciones, persistencia o desaparición de características en el movimiento, para luego relacionarlos con la progresión esperada del tono muscular del niño(a) de acuerdo con la edad en la que se realizó cada evaluación.

En los 9 niños(as), en quienes se logró realizar el seguimiento al menos en dos ocasiones antes de cumplir los tres meses de edad corregida, se hizo una recomposición de cada uno de los elementos evaluados con el fin de presentar una descripción integral de los hallazgos. A nivel general, se encontró que aquellos resultados que de manera transitoria presentaron desviaciones no tuvieron impacto mayor sobre lo que se pudo describir de las evaluaciones de la motilidad espontánea. Pero, recopilando los datos obtenidos en 2 casos puntuales, en los que el seguimiento describió características no esperadas dentro de las categorías que describen el movimiento, se pueden detallar algunas premisas que llevan a la configuración de la hipótesis que relaciona un indicador con otro y que más allá, de detectar condiciones que pudieran ser transitorias, pone en evidencia condiciones a las que debería hacerse seguimiento en términos de poder anticipar alteraciones en el desarrollo motor en etapas posteriores.

En el recién nacido con código de participante número 7, se realizaron 3 evaluaciones: Gemelo 1, masculino de 36 semanas de edad gestacional, con peso al nacer de 2280 gr. La primera evaluación se realizó a las -3 semanas de la edad al término, la segunda a la semana 1 de edad corregida y la tercera a las 7.5 semanas de edad corregida. Se mantuvo en estado de alerta tranquilo y alerta activo en las evaluaciones, la progresión del tono muscular en miembros inferiores no evidenció resultados distintos a lo esperado; en cuanto a miembros superiores detonó una respuesta limitada en la última etapa del seguimiento, es decir un aumento en la resistencia al paso del codo por la línea media en la última

evaluación. Sin ser este un hallazgo aislado, en la evaluación del tono muscular activo en el paso de la cabeza por la línea media, desde la segunda evaluación se encontró un evidente aumento del tono de los músculos extensores del cuello que no permitió que la cabeza pasara por delante de la línea media; de esta manera, en la maniobra inversa, la respuesta tuvo una calificación nominada “demasiado bueno”, que no configura en sí misma una respuesta esperada. Esto es coherente con los resultados de la maniobra previa, la cabeza se mantuvo por detrás de la línea media. En relación con la caracterización de sus movimientos en la misma evaluación, se encontró que de manera persistente el lactante mantenía postura de espadachín, poniendo en evidencia un movimiento disarmónico respecto a las otras extremidades, poco fluido y poco variable; en la tercera evaluación, aunque persistía el patrón extensor del miembro superior izquierdo, respecto a la evaluación previa era independiente de la dirección del movimiento del cuello, y predominantemente proximal. La armonía del movimiento, de acuerdo con la progresión del tono muscular denota un carácter menos fluido, en términos de calidad se describe un movimiento brusco que aparentemente hace que el movimiento de su miembro superior izquierdo no tenga un carácter secuencial dentro de toda la caracterización; finalmente, el movimiento de un segmento que implica el movimiento en bloque de toda la extremidad dependiente de la posición de la cabeza respecto a la línea media resulta asimétrico.

La literatura documenta que algunos problemas neuromotores en los niños(as) prematuros(as) son causados por desequilibrios entre la potencia muscular activa y pasiva que se producen como resultado de la salida temprana del entorno intrauterino (93), algunos factores fisiológicos y ambientales pueden contribuir a los desequilibrios de los grupos musculares: inmadurez neuromuscular, dirección caudo-cefálica del desarrollo neurológico, hipotonía global, fuerza gravitacional y mantenimiento de una misma posición durante largos períodos en la superficie plana de un colchón de incubadora. Incluso cabría pensar, que al ser este niño(a) producto de un embarazo gemelar, la posibilidad de movimiento previa a su nacimiento puede introducir información sensorial que modifica la redes de procesamiento que permiten su respuesta motora.

Dicha ejecución motora puede estar influenciada por variables como el grado de estiramiento o tensión de las fibras musculares, la velocidad y la aceleración del cambio de dirección o de movimiento. El huso neuromuscular provee información al sistema nervioso

relacionada con los cambios en la longitud muscular y la velocidad del movimiento, y este a su vez se encarga de transmitir información que no sólo converge en el nivel de procesamiento inferior. En conjunto con estructuras del nivel medio, como las interneuronas, este receptor se encarga no solo de información propioceptiva de tipo eferente, si no que de acuerdo con su inervación es capaz de transmitir información aferente que facilita la alternancia entre la activación de grupos musculares agonistas, antagonistas y sinergistas.

Sin embargo, características como la tixotropía son resultado funcional de la interacción de los diferentes niveles de procesamiento, en los que el umbral de respuesta de los receptores como el huso neuromuscular se modifica de acuerdo con lo que sería la memoria muscular previa. En diversos estudios, se han usado condicionamientos para analizar la posible variación de la respuesta muscular modificando la actividad aferente y el rango de registro del huso neuromuscular, demostrando que la sensibilidad del huso neuromuscular se modifica de acuerdo con el historial previo del músculo y que éste a su vez modifica las características mecánicas del movimiento: su velocidad, intensidad y frecuencia.

Otro de los participantes que da cuenta de hallazgos diferenciales que llevan a este tipo de razonamiento, es el caso del participante 11. Recién nacido masculino de 32 de semanas de edad gestacional, con peso al nacer de 1800 gr. Quien cumplió con dos de las tres evaluaciones propuestas, la primera a las -6 semanas de la edad al término, la segunda con 6 semanas de edad corregida. En cuanto a la evaluación del tono muscular pasivo en tren inferior, no presentó ninguna respuesta evidente desviada de lo esperado para la etapa en la que fue evaluado; en miembros superiores en la segunda evaluación, fue imposible realizar la maniobra de la bufanda, ninguna de las dos extremidades permitió el movimiento del codo por delante del pecho. Respecto a su motilidad, en la primera evaluación, aunque predominó la postura en flexión y abducción de las extremidades tendidas sobre la superficie, con frecuencia estas generaban cambios de posición de todo el eje corporal mediante movimientos alternos y secuenciales de las extremidades, que combinados con la flexión y rotación del tronco hacen que todo el eje corporal se moviera en bloque. Para la segunda evaluación, en la que se evidenció un aumento del tono muscular en la cintura escapular, los miembros superiores se encontraron predominantemente en flexión (manos

en puño bajo el mentón). Pequeños movimientos de rotación distal que progresivamente liberaron el patrón flexor permitieron que ocasionalmente sus brazos se extendieran hasta lograr la apertura de la mano, con movimientos fuertes y de poca fluidez, que combinados con los movimientos alternos de los miembros inferiores parecen ser caóticos y sin alguna secuencia aparente.

Tradicionalmente se ha considerado que, en etapas tempranas del desarrollo los movimientos surgen a partir de procesos sinápticos de menor complejidad y se proyectan hacia dimensiones de complejidad sináptica creciente. Sin embargo, la ejecución de un movimiento requiere de la activación coordinada de grupos musculares agonistas y sinergistas, junto con la inhibición de sus antagonistas. Ahora, cuando estos movimientos son evidentes en etapas tempranas del periodo neonatal logrando ser un signo de la indemnidad del sistema nervioso, constituye un ejemplo de organización de redes sinápticas que permiten la ejecución simultánea y alterna de movimientos coordinados y precisos, con características que no necesariamente son excluyentes entre sí y que además no configuran redes completamente maduras o ya instauradas.

Los diferentes niveles de procesamiento constituyen interacciones sinápticas para el control de conductas motoras complejas, concebidas principalmente como consecuencia intrínsecas del sistema y no por la influencia directa de estímulos provenientes del medio externo, como se hace evidente en los movimientos espontáneos que se evidencian incluso en etapas tempranas de la gestación (7 – 7,5 semanas). Estos circuitos sinápticos también posibilitan la activación selectiva de algunos patrones de movimiento y la supresión de otros, propiciando el desarrollo de la disociación motriz de los segmentos corporales. Desde esta perspectiva, la instauración, el mantenimiento y la selección de circuitos sinápticos básicos requeridos para el desarrollo de habilidades motoras, son determinados no únicamente por la carga genética, sino por la forma dinámica en la que la conectividad de redes de distintos niveles de control motor que aún se encuentran en desarrollo seleccionan las conexiones que garantizan mayor adaptabilidad, de aquellas que cumplen un papel transitorio dentro de patrones de movimiento útiles en contextos ambientales igualmente transitorios, como el ambiente de baja carga gravitacional intrauterino, o el cambio abrupto

a un ambiente gravitatorio precoz, como al que se ven expuestos los recién nacidos prematuros.

Estos procesos de autorregulación y auto organización en los diferentes niveles de procesamiento del sistema nervioso modifican la modulación de circuitos de alta complejidad, las relaciones locales e intersegmentales, fortalecidas en una serie de interacciones sinápticas multidireccionales que favorecen la plasticidad del sistema nervioso en desarrollo. Desde los niveles inferiores de procesamiento, la modulación de la selectividad y la alternancia en la activación muscular requerida para la organización del movimiento voluntario se modifica a partir de la interpretación, integración y utilización de estímulos sensoriales mecánicos registrados como los que permiten el huso neuromuscular o el órgano tendinoso de Golgi.

En el medio líquido del ambiente uterino, el efecto de la gravedad es mínimo, una vez el neonato se encuentra en el ambiente extrauterino, debe someterse a contrarrestar la fuerza de gravedad en una posición aparentemente tendido sobre una superficie, como si dicha fuerza lo forzaría a estar contra ella. Sumado a esto, con las condiciones inherentes al cuidado en las unidades de recién nacidos en las que se encontraron estos niños(as) hasta cumplir el peso ideal y las condiciones mínimas que garantizaran su crecimiento, algunas posiciones, incluso las que mantuvieron en el pecho de su madre durante su estancia intrahospitalaria pudieron restringir su movilidad, cambiando dichos registros sensoriales base con los que el sistema nervioso empezó a desarrollarse.

Entonces, el desarrollo de la postura y la movilidad en los recién nacidos requiere un equilibrio óptimo entre el tono muscular activo y el pasivo. Sin necesidad de enmarcar el comportamiento motor de estos recién nacidos en categorías específicas, que respondan a un tipo de movimiento esperado para estos tres primeros meses de vida, es evidente que haciendo un seguimiento longitudinal de varios elementos de su desarrollo y cómo estos evolucionan a lo largo del tiempo, se puede identificar variaciones que puede ser o no transitorias, y que a largo plazo podrían ser la razón por la cual se limitó o no se logró la adquisición de habilidades motoras o en hitos específicos del desarrollo.

Los recién nacidos con bajo peso al nacer con frecuencia muestran diferencias en su resultado neurológico, por esto existen intervenciones o más bien modelos de seguimiento que anticipan condiciones específicas como lo es el programa madre canguro. Estas condiciones específicas pueden ser transitorias y expresarse como depresión de respuestas específicas, así como disminución del tono muscular, retraso de las funciones motoras gruesas y/o el no alcance de los hitos del desarrollo. La elección de un parámetro que describa específicamente la progresión del desarrollo del niño(a), nos permitió reconocer la motilidad espontánea como una variable prometedora de la madurez e integridad del sistema nervioso como ha sido reconocido en los fetos y los prematuros, no solo como evidencia de la supremacía de niveles que control superior que se ven fuertemente influenciados por movimientos, que más allá de ser al azar promueven, facilitan o inhiben procesos tan complejos como la selección de redes que resultan ser favorables a largo plazo en el desarrollo de tareas complejas. El rico repertorio de diferentes posibilidades de movimiento plantea la pregunta respecto a su significado funcional, es difícil imaginar que todos estos movimientos sean simplemente un repertorio de estructuras neurales en desarrollo, no solo son importantes para la regulación de la muerte celular natural en el cerebro y la médula espinal si no, que también modulan el ajuste fino de la conectividad sináptica.

Es importante mencionar que integrar la evaluación del estado conductual de los niños(as), permitió relacionar el comportamiento postural del neonato o el lactante en un contexto predeterminado. En todos los participantes fue posible reconocer un repertorio motor dependiente de su estado conductual. En la literatura existen estudios como el de Wolff (103), que respaldan la necesidad de establecer criterios diferenciadores en los eventos transitorios por los que pasa el neonato en un tiempo específico, reconociendo que el aumento o disminución en los patrones de movimiento pueden estar relacionados con el estado conductual o emocional en el que se encuentre el niño(a). Razón por la que en la presente investigación intentamos reducir o eliminar factores que pudieran influenciar conductas específicas como el estados 1 o 5 como lo describe Prechtl, en los que el sueño o el llanto activo pueden modificar los hallazgos en la evaluación llevando a conclusiones erróneas.

Sin lugar a duda, la transición temprana a la vida extrauterina crea un desafío para el recién nacido pretérmino, que lucha por mantener patrones de funcionamiento previamente organizados, frente a estímulos abrumadores tan simples como el efecto de la gravedad sobre su corporalidad. No solo los sistemas fisiológicos del niño(a) son inmaduros, sino que se requiere que él o ella se estabilice en el nuevo entorno y que deba usar sus energías para recuperarse de condiciones inherentes al nacimiento anticipado. Por lo tanto, la promoción de una evaluación en términos de temporalidad, fisiología y las particularidades del comportamiento y desarrollo en estos niños(as) es esencial para promover e intervenir en pro de un desarrollo “ideal”, claro para lo que cada caso particular requiere.

De los elementos descritos queda claro que la variabilidad es un componente esencial en el desarrollo de la capacidad de movimiento. Sin embargo, para comprender su papel en cualquier etapa particular del desarrollo, es importante relacionarlo con el tipo de elementos elegidos para la evaluación y los hallazgos encontrados. Al pretender una aproximación fisiológica a todos los referentes que se encuentran respecto a la evaluación neurológica, se tienen dos elementos fundamentales que responden de manera global a los procesos que parecieran darse de manera independiente y que resultan luego en un respuesta madura. Primero, la evaluación refleja como eje fundamental del desarrollo motor representado básicamente en la funcionalidad de estructuras subcorticales, de lo que se deriva la evaluación del tono muscular que cambia la mirada paradigmática que considera al recién nacido en un conjunto de estructuras inmaduras. Segundo, los patrones de movimiento espontáneos en los neonatos que lejos de ser al azar o dar respuesta a un estímulo externo específico, se pueden describir como respuestas complejas que en sí mismas configuran una intencionalidad sobre el ambiente y el sistema nervioso en sí mismo.

A pesar de esta puesta, la investigación no pretende que se configure la idea de que el movimiento define el todo de la evaluación neurológica; pero sí, que se reconozca una mirada multimodal que permita contemplar otras características en la evaluación que no necesariamente implican el evaluador evaluando, o generando una demanda para obtener una respuesta específica del recién nacido. El movimiento, como un proceso que toma en cuenta elementos del entorno y que puede regularse, modularse y ejecutarse con características puntuales relacionadas con hallazgos determinantes de lo anatómico y lo funcional, puede ser integrado a la evaluación neurológica como indicador semiológico de

procesos que no deben ser únicamente reconocidos de control inferior o de estructuras que aún inmaduras. Sus hallazgos permiten evidenciar el desarrollo temprano de patrones de activación muscular alternante que posibilitan la identificación de respuestas motoras que permanecen relativamente invariables luego del nacimiento, independiente de si el nacimiento es pretérmino; y que se van refinando de acuerdo con la selección de sinapsis previas que se refuerzan facilitando el control progresivo del movimiento y eliminando aquellas que son poco funcionales de acuerdo a la demanda de factores epigenéticos.

## **DISCUSIÓN**

Esta investigación es la primera en el país que se realiza con el fin de establecer una aproximación fisiológica que integre criterios de evaluación específicos del desarrollo motor. De ninguna manera se sugiere que los exámenes neurológicos repetidos se reemplacen por observaciones de solo movimientos espontáneos de los recién nacidos o los lactantes, se considera que, la posibilidad de incluir este tipo de elementos dentro del examen neurológico es un proceso alternativo y complementario que puede mejorar los conceptos diagnósticos que pretenden anticipar y reducir los efectos de alteraciones en el desarrollo. Dado que la observación es un método económico, poco intrusivo, rápido y fácil de realizar, puede ser una extensión ideal a la evaluación ya existente de la función neuromotora del recién nacidos, estudios como el de Ferrari et al. (92) confirman la fiabilidad y validez de la observación como parte de la evaluación de lactantes de alto riesgo.

Esta intención de precisar los criterios que influyen o modifican el desarrollo motor en los lactantes y que pueden ser seguidos a lo largo del desarrollo de los recién nacidos, especialmente en la población de riesgo, está inmersa en el esfuerzo de los avances científicos que se dan en torno a la atención perinatal. Permitiendo establecer mejores servicios de cuidado neonatal, aumentando las tasas de supervivencia de muchos recién nacidos de alto riesgo en países que, como el caso de Colombia la cifra sigue siendo casi un 10% de la totalidad de recién nacidos; lo que muestra que, a pesar de la disminución en las tasas de natalidad y fecundidad sigue siendo este, un problema de salud pública no de mortalidad si no de morbilidad a largo plazo y calidad de vida. Por esto, no solo la atención

perinatal se considera un elemento que asegure la disminución de secuelas del nacimiento pretérmino, la posibilidad de anticipar un retraso en el desarrollo de los recién nacidos de alto riesgo y su reconocimiento temprano es importante, a fin de brindar servicios de intervención temprana, mejorando la calidad de vida de ellos y de sus familias.

Esta investigación pretendió reconocer elementos que han dejado de ser respuestas reflejas estereotipadas, no coordinadas y al azar, como elementos que demuestran desde etapas tempranas del desarrollo la supremacía del control motor en estructuras que aún se encuentran en desarrollo. Explorar las formas en las que el movimiento no es solo la respuesta procesos de conexión sináptica si no que es una forma de refinamiento de esas conexiones, propone una visión multimodal distinta a la que se considera se da la madurez del sistema nervioso, incluso una configuración distinta a lo que el movimiento implica cuando tiene una demanda o tarea específica.

La puesta que enmarca esta investigación, configura una evaluación con un peso descriptivo de categorías que han sido históricamente calificadas en escalas tanto numéricas como nominales, se cree le da un peso de considerable interés al seguimiento cualitativo del desarrollo en una estrecha vigilancia longitudinal, en la que categorías que parecen ser simples o similares, agrupan elementos que definen particularidades del movimiento, y en lo que no se requiere entrenamiento respecto a una técnica específica de evaluación, más que el refinamiento de habilidades como la observación y la capacidad de integrar distintos componentes de la evaluación neuromotora.

El movimiento en el feto y el recién nacido ha sido estudiado como una medida potencialmente predictora de los desórdenes neurológicos bajo condiciones específicas que se enmarcan en resultados como lo que resume un acto grama, pero que por sus características puntuales exige condiciones de entrenamiento al que no tienen acceso todos los profesionales inmersos en el estudio e intervención del desarrollo motor; en este sentido, el resultado de la revisión del estado del arte, en el que se identificaron variedad de herramientas que caracterizan lo motor, lo neurológico y lo comportamental, pero que no se relacionan entre sí y que en términos de temporalidad deben aplicarse en condiciones específicas dando respuesta a la mirada central de su estudio particular.

El análisis cualitativo de los movimientos generales consiste en la percepción de la Gestalt respecto a la complejidad, variabilidad y fluidez del movimiento del recién nacido o lactante. Estos movimientos son espontáneos y su repertorio es rico y complejo, con una organización espacio – temporal (98). En contraste con el examen neurológico convencional, esta evaluación representa una herramienta útil, sencilla y a la cabecera del paciente de naturaleza no invasiva, el seguimiento longitudinal y detallado de los patrones de movimiento espontáneo en los recién nacidos puede proporcionar información valiosa. Pero ¿cómo debe evaluarse?, se plantea un punto esencial: la distinción entre "cantidad" y "calidad" de los patrones motores. ¿Existen investigaciones que lo planteen en relación con otras escalas del desarrollo?

La evaluación del movimiento de los recién nacidos ha sido desarrollada desde diferentes perspectivas, Lynette Chandler et al. (99) evalúa el rendimiento del motor así como la calidad del movimiento, por medio de una herramienta de evaluación potencialmente útil y rentable, evalúa los componentes motores gruesos y finos del desarrollo motor, mientras que las herramientas recientemente desarrolladas, como los movimientos generales, la escala Albert Infants Motor y el Test of Infant Motor Performance, evalúan sólo el componente motor bruto. Esta evaluación se estableció basado en el enfoque neuromaduracional, con poco énfasis en la observación del movimiento espontáneo, que parece tener un valor predictivo para los resultados futuros del desarrollo motor (100).

Los movimientos espontáneos de los fetos y los recién nacidos prematuros se refieren a actividades motoras generadas endógenamente que no pueden estar relacionadas con estímulos externos, las escuelas que se han dedicado a su estudio han establecido características determinantes para la identificación de patrones motores determinados por la edad o etapa del desarrollo en la que se encuentre el individuo. La calidad ha estado relacionada con las características sutiles, organizadas y fluidas del movimiento, tal como lo describe Prechtl, que describió los llamados Movimiento generales (GM), movimientos continuos pequeños y elegantes, que involucran extremidades y cabeza y, a veces, incluso el tronco; y que tienen unas características específicas de acuerdo con su apariencia y la etapa en la que se evalúan. Esta observación aparentemente de una transformación

significativa en la producción motora espontánea en un rango de edad particular plantea la cuestión de su función neurológica (90), reforzando la premisa de que estos movimientos finos, continuos y organizados pueden calibrar y establecer pautas en el desarrollo del sistema en sentido bidireccional, no solo de dentro hacia afuera.

Las condiciones mecánicas musculares cambian fundamentalmente en la transición de la vida intrauterina a la vida extrauterina. A pesar de este cambio, el carácter de los patrones de movimiento sigue siendo el mismo que en el feto durante semanas después del nacimiento, armónicos, sincrónicos y de calidad, con un carácter fluido y elegante que lejos de ser al azar o configurarse como una respuesta meramente refleja, indica un continuo de funciones neuronales desde la vida prenatal hasta la postnatal.

El trabajo realizado por Carolina Panvequio (91), de la escuela brasileña, con una trayectoria de más de 10 años de seguimiento de los recién nacidos pretérmino, establece una herramienta cuantitativa que ligada a los elementos configurados desde la descripción de las características de los movimientos generales, permite hacer una calificación en una escala patrones motores normales/anormales. Con el fin de establecer una escala accesible, válida, reproducible y confiable configuró una escala relevante para la práctica clínica, reconociendo nuevamente la importancia de integrar un instrumento de evaluación para la detección e intervención precoz de alteraciones en el desarrollo de una población de alto riesgo. Sin embargo, al estar basada en la escala ya conocida de los Movimientos Generales, exige previamente un entrenamiento y capacitación con el fin de objetivar dichas características de la evaluación. Frente a esto, la presente investigación reafirma la importancia de incluir estos elementos en la evaluación neurológica tradicional, tomando las bases del desarrollo del movimiento como fundamento para indicar la progresión de la madurez del sistema nervioso bajo categorías generales que pueden reconocer de manera simple elementos puntuales de la caracterización de lo que más bien no se espera encontrar.

Sin pretender establecer una escala, esta propuesta permite apostar a una propuesta integradora en la que elementos que convergen en diferentes herramientas de evaluación, se relacionen con el fin de anticipar de manera temprana variaciones en el desarrollo. No

solo sobre lo que se considera patológico, si no por aquellas desviaciones que pudieran representar variaciones particulares de los recién nacidos que sean facilitadores o barreras de habilidad motoras a largo plazo, teniendo en cuenta que este tipo de evaluación se trata de una evaluación subjetiva que exige un buen fundamento teórico que lo sustente. Por esto, vincular un elemento tradicionalmente reconocido como método de evaluación eficiente en el contexto de la predicción de alteraciones neurológicas del recién nacido como lo es el tono muscular, aporta una fuerza natural a una evaluación práctica, sencilla y que no requiere entrenamiento, que es sensible a cambios longitudinalmente evaluados, considerando diferencias intra-sujeto, no generalidades que se alejan de lo que es la variabilidad del desarrollo.

Al redefinir los criterios de elegibilidad para el seguimiento sistemático del recién nacido sobre la base de una evaluación neurológica temprana, se puede lograr una asignación de recursos más apropiada y una intervención oportuna. Esto es lo que ha llevado a extensos programas de seguimiento, a determinar los elementos que representan la necesidad de intervención. En nuestro país el programa madre canguro, con años de experiencia en el reconocimiento de condiciones específicas de los recién nacidos prematuros configura un espacio en el que implementar herramientas específicas relacionadas fisiológicamente, como la que proponemos en esta investigación, amplía el espectro de información que se obtiene respecto a la madurez del sistema nervioso, permitiendo proyectar intervenciones preventivas y efectivas que reduzcan la necesidad de intervención únicamente sobre condiciones en el desarrollo motor ya establecidas, impactando directamente en la calidad de vida del niño(a), sus padres y/o familia.

Los intentos de predecir la integridad neurológica en función de procesos estructurales ya conocidos siguen teniendo algunas dificultades en individuos que por las condiciones de su gestación se consideran en riesgo. La evaluación ineficaz de estos niños abarca dos condiciones, por un lado, que muchos de ellos que necesitan una intervención temprana para prevenir discapacidades futuras; por otro, la posibilidad de obviar algunos criterios que puede que se consideren no susceptibles de desarrollar algún daño neurológico por tanto no serían sometidos a tratamientos innecesarios. Esta investigación promueve la producción de nuevas investigaciones en el país abordando mecanismos puntuales que

lean el sistema nervioso como una realidad variable que depende de factores internos y externos que facilitan, potencian o inhiben factores necesarios en el desarrollo. Además, se busca crear vínculos con grupos de investigación con formación específica en el tema central de la investigación, favoreciendo avances conceptuales importantes en el campo para la población infantil del país.

Las investigaciones realizadas para describir las variaciones de las redes neuronales establecidas en los niveles inferiores de procesamiento durante periodos críticos del desarrollo neuromotor, no han arrojado resultados claros que permitan precisar los procesos fisiológicos que desde niveles superiores influyen en el desarrollo y refinamiento del movimiento. Es necesario formular otras propuestas metodológicas que permitan hacer un seguimiento más prolongado en el tiempo con el fin de identificar los procesos de regulación y control evidentes en signos clínicos como variables semiológicas, contemplando como parte la normalidad las variaciones en las condiciones ideales

Se pretende aportar tanto para el conocimiento de las características particulares del desarrollo de los recién nacidos, como para la optimización en la implementación o mejoramiento de la información que resulta de una evaluación integral del desarrollo motor en periodos perinatales iniciales. Modelos motores innatos pueden ser modificados, influenciados o variados por condiciones prenatales, elementos estructurales, conformación e integración de información que converge de los distintos sistemas sensoriales, incluyendo relaciones específicas con los estímulos ofrecidos por el entorno y como estos también influyen en la conformación neural que determina el desarrollo del recién nacido. Estableciendo entonces, una relación fisiológica entre la progresión del tono muscular y los hallazgos de la evaluación de la motilidad espontánea descritos desde tres categorías que resuman las características variables del repertorio motor del infante, siendo un indicador semiológico representativo y anticipatorio del desarrollo neuromotor global.

## CONCLUSIONES

- Este trabajo de investigación permitió reconocer que la evaluación de la motilidad espontánea se relaciona con la progresión gradual del tono muscular tanto pasivo como activo medido con los protocolos de Claudine Amiel - Tison (20). Los datos presentados proporcionan pautas generales para la interpretación de un examen neurológico estructurado con base en la premisa de que el movimiento es un indicador de la progresión del tono muscular.
- De manera sintética presentar una aproximación fisiológica desde la metodología cualitativa, integrando criterios de evaluación tradicional del desarrollo motor con una propuesta conceptual integradora, hace un aporte y conforma un vínculo claro con la práctica clínica.
- El diagnóstico de desarrollo neonatal basado en consideraciones enmarcadas en escalas que miden procesos “ideales”, crea la necesidad de develar la existencia de procesos de control superior que varían de acuerdo con condiciones epigenéticas, y hacen del desarrollo motor un proceso variable, que no está predeterminado, ni es lineal y que no necesariamente condiciona alteraciones.
- La identificación anticipada de posibles alteraciones en el desarrollo motor permite iniciar de forma temprana una intervención eficaz, retrasando o reduciendo complicaciones, también mejorar el pronóstico de aquellos que presentan alteraciones evidentes; además, permite a las familias obtener recursos y ayudas, mejorando la calidad de vida del recién nacido y su red social.
- Una de las finalidades de la investigación es aportar al grupo de profesionales interesados en este campo de intervención, el soporte argumentativo en el cual basar los resultados entregados a los padres de cada niño; pensando en uno de los temas más complejos en la historia natural del desarrollo, EL PRONÓSTICO. A partir de la lectura de un pronóstico tan acertado o anticipado como sea posible, se

pretende aportar en el campo de la atención en problemas de salud pública que afectan al país y a la sociedad.

## LIMITACIONES, ALCANCES Y PROYECCIÓN

- Dadas las limitaciones de la muestra y de la posibilidad de ampliar el seguimiento en el tiempo (teniendo en cuenta las condiciones de pandemia). Se considera que estas conclusiones deben servir como base para estudios más amplios y con mayor continuidad en el tiempo con respecto al desarrollo motor intra-sujeto.
- El sistema de salud del país dificulta ese seguimiento continuo y sensible, como se evidencio en la presente investigación debido a trámites administrativos, la continuidad en la evaluación de los recién nacidos prematuros que inicia en la institución en la que nace el niño(a), puede verse interrumpida por derivaciones establecidas por las EPS.
- El pequeño número de niños examinados y el tiempo reducido de seguimiento no permiten afirmar que sucede a largo plazo con esas variaciones que pudieron ser transitorias o si definitivamente se establecieron como alteración en el desarrollo.

Se considera se requieren estudios adicionales en una cohorte más grande seguida longitudinalmente durante mayor tiempo, que dé cuenta de desenlaces de desarrollo conocidos para proporcionar datos normativos confiables y reproducibles en términos de estandarizar un modelo de evaluación, basado en esta propuesta inicial.

- La propuesta que hace esta investigación brinda a los profesionales herramientas argumentativas para auto interpretarse y para redefinir sus propuestas de intervención en niños(as) en los que la calidad de vida y la anticipación de alteraciones pueden enmarcar procesos incluso de impacto en la salud pública del país.

## BIBLIOGRAFÍA

1. García Alix A, Quero J. Conducta Motora. Los movimientos generales. In: Ediciones Díaz de Santos, editor. Evaluación neurológica del Recién Nacido. España; 2010. p. 695–723.
2. Tsubokura H. Clinical significance of general movements. PubMed. 2002;34(2):1–8.
3. Nakajima Y, Einspieler C, Marschik PB, Bos AF, Prechtl HFR. Does a detailed assessment of poor repertoire general movements help to identify those infants who will develop normally? Early Hum Dev. 2006;82(1):53–9.
4. GENOVESI FRANÇOZO F. Comparação entre os General Movements Assessment e Escala Motora Infantil de Alberta em recém-nascidos e lactentes de risco para alterações do desenvolvimento. Universidade de São Paulo; 2017.
5. Francisco R, Valdés R, Fabré LA, Hernández HL, Garcell JR, Malagón GV, et al. Influencia de la prematuridad sobre el sistema nervioso en la niñez y en la adultez. Rev Cuba Neurol y Neurocir. 2015;5(1):1–9.
6. Moreno PDC. Desarrollo motor durante los dos primeros años de vida de nacidos con peso inferior a 1,500 gramos. Factores determinantes del desarrollo y evaluación de un programa de estimulación. [Internet]. Tesis Doctoral. Universidad de Málaga; 2009. Available from: <http://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/4980/TD de Pablo de Cabo Moreno.pdf?sequence=1>
7. Maganto C, Cruz S. Desarrollo Físico Y Psicomotor En La Etapa Infantil [Internet]. 2008. 1–41 p. Available from: [http://www.sc.ehu.es/ptwmamac/Capi\\_libro/38c.pdf](http://www.sc.ehu.es/ptwmamac/Capi_libro/38c.pdf)
8. Alfonso Mendoza Tascón L, Isabel Claros Benítez D, Isabel Mendoza Tascón L, Deyfilia Arias Guatibonza M, Bibiana Peñaranda Ospina C, Cauca Tuluá Colombia RESUMEN del. Epidemiología de la prematuridad, sus determinantes y prevención del parto prematuro. Rev Chil Obs Ginecol [Internet]. 2016;81(4):330–42. Available from: <http://www.scielo.cl/pdf/rchog/v81n4/art12.pdf>
9. Peláez Ruiz JG, Romero Pradilla R, Buitrago López A. Guía de práctica clínica del recién nacido sano. 2nd ed. Ministerio de Salud y Protección Social, Colciencias, Centro Nacional de Investigación en Evidencia y Tecnologías en Salud CINETS, editors. Bogotá; 2013. 1–358 p.
10. DANE. Nacimientos [Internet]. 2018. Available from: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/salud/nacimientos-y->

defunciones/nacimientos

11. Informe anual UNICEF Colombia 2015. Colombia; 2015.
12. DANE. Nacimiento por tiempo de gestación según departamento, municipio y área de residencia de la madre [Internet]. Nacimientos 2018. 2018. Available from: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/salud/nacimientos-y-defunciones/nacimientos/nacimientos-2017>
13. DANE. Nacimiento por peso al nacer según departamento y área de residencia de la madre [Internet]. Nacimientos 2018. 2018. Available from: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/salud/nacimientos-y-defunciones/nacimientos/nacimientos-2018>
14. Fernandez R, D´Apremont I, Domínguez A, Tapia J. Supervivencia y morbilidad en recién nacidos de muy bajo peso al nacer en una Red Neonatal sudamericana. *Scielo*. 2014;112(5):405–12.
15. Riechi T, Valeriana M, Ciasca S. Impacto de parto prematuro y bajo peso al nacer en la cognición, la conducta y el aprendizaje de los niños en edad escolar. *Rev Paul Pediatría*. 2011;29(4):495–501.
16. Parada Rico DA, López Guerrero N, Martínez Laverde M. Bajo peso al nacer y su implicación en el desarrollo psicomotor. *Rev Cienc y Cuid*. 2015;12(2):87–99.
17. Buckanoff M, Chai J, Chen X, Chua PG, Danieli A, Delfino M, et al. La primera infancia importa para cada niño. UNICEF; 2017. 1–192 p.
18. Clair K. Neonatal Assessment Procedures : A Historical Review Author. *Child Dev*. 2016;49(2):280–92.
19. Quero A, García-Alix J. Evaluación neurológica del recién nacido. Ediciones. 2011.
20. Tison CA, Grenier A. Vigilancia Neurológica durante el primer año de vida. Masson, editor. 1988. 175 p.
21. Connolly K, Forssberg H. Neurophysiology and Neuropsychology of Motor Development. 1st ed. 1997. 392 p.
22. Macias Melo L. Fisioterapia en pediatría. McGraw-Hill, editor. 2002.
23. Salgado P. Desarrollo motor normal. Análisis desde el enfoque de neurodesarrollo. 2007;18.
24. Bozzalla L, Naiman F. Abordaje Psicomotor del Recien Nacido. p. 1–27.
25. Kliegman R, Behrman R. Tratado de Pediatría. 19th ed. Elsevier., editor. 2013.
26. Illingworth R. El niño normal: los problemas de los primeros años de vida y su tratamiento. El Manual Moderno, editor. 1993.

27. Rice D, Barone S. Critical periods of vulnerability for the developing nervous system: Evidence from humans and animal models. *Environ Health Perspect.* 2000;108(SUPPL. 3):511–33.
28. Erzurumlu R, Killackey H. Periodos críticos y sensibles en neurobiología. In: Del Río Lugo N, editor. *Experiencia y organización cerebral*. México; 1993. p. 151–99.
29. Zuk L. Fetal and infant spontaneous general movements as predictors of developmental disabilities. *Dev Disabil Res Rev.* 2011;17(2):93–101.
30. Bloch EA. Seguimiento del desarrollo psicomotor de prematuros extremos mediante la Escala de Desarrollo Infantil de Kent ( EDIK ) cumplimentada por los padres y situación neuroevolutiva a los 2 y 5 años . Seguimiento del desarrollo psicomotor de prematuros extremos. Artículo [Internet]. 2010;195. Available from: [http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/2505/EAB\\_TESIS.pdf?sequence=1](http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/2505/EAB_TESIS.pdf?sequence=1)
31. Ruggia R. Evaluación neurológica del Recien Nacido. Orientaciones para el pediatra-neonatólogo. *Rev Med Uruguay [Internet].* 1989;5:45–51. Available from: <http://www.rmu.org.uy/revista/1989v1/art6.pdf>
32. Gardner JM, Karmel BZ, Magnano CL, Norton KI, Brown EG. Neurobehavioral Indicators of Early Brain Insult in High-Risk Neonates. *APA website home [Internet].* 1990;26(4):563–75. Available from: <http://psycnet.apa.org/index.cfm?fa=buy.optionToBuy&id=1990-28720-001>
33. Domínguez-Dieppa F. Estudio del neurodesarrollo del neonato de riesgo. *InfoMed Red salud Cuba [Internet].* 2000;1–28. Available from: [http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/pediatrica/neurodesarrollo\\_en\\_neonatos\\_de\\_alto\\_riesgo.pdf](http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/pediatrica/neurodesarrollo_en_neonatos_de_alto_riesgo.pdf)
34. Gloria Saavedra CAR. Evaluación Neurológica del Recién Nacido. *Rev Gastrohnutp [Internet].* 2011;13(1):S71–82. Available from: <http://revgastrohnutp.univalle.edu.co/a11v13n1s1/a11v13n1s1art7.pdf>
35. González Rodríguez C. La actividad motriz del niño de 0 a 1 año. *efdeportes Revista Digital.* 2001;
36. Thomas A, Dargassies A. *Etude neurologique sur nouveau ne et le jeune nourrisson.* Masson, editor. Paris; 1952.
37. Ramírez Andrade F. *Manual de Neonatología.* Potosina EU, editor. México; 1998. 209 p.
38. Alvarado Ruíz GA, Márquez Vázquez RE. La neurología del desarrollo o neurodesarrollo. In: *NEURODESARROLLO Y ESTIMULACION TEMPRANA EN*

- PEDIATRÍA. 2012. p. 125–38.
39. Suh-Fang Jeng, Li-Chiou Chen K-ITY. Kinematic Analysis of Kicking Movements in Preterm Infants With Very Low Birth Weight and. *Phys Ther* [Internet]. 2002;82(2):148–59. Available from: <https://pdfs.semanticscholar.org/934a/07284f99c5e4bbe0e9c20fadd448190d56a0.pdf>
  40. Āijna Hadders A. Putative neural substrate of normal and abnormal general movements. *Elsevier*. 2007;31:1181–90.
  41. Rodriguez, M. Calderón, L., Cabrera, L., Ibarra, N., Moya, P. y Faas A. Análisis de Consistencia Interna de la Escala Bayley del Desarrollo Infantil para la Ciudad de Córdoba (Primer año de Vida). *Evaluar*. 2005;5(1515–1867):55–69.
  42. López Gómez S, Cajal Cernuda CJ, Ordóñez Blanco SM, Uribe Rodríguez AF. Identificación y valoración neuropsicológica del riesgo perinatal: instrumentos. *Dev Neuropsychol*. 2008;59(4):316–26.
  43. Zuluaga JA. Neurodesarrollo y estimulación. Editorial Panamericana, editor. 2001. 1–295 p.
  44. Hamer EG, Bos AF, Hadders-algra M. Early Human Development Specific characteristics of abnormal general movements are associated with functional outcome at school age. *Early Hum Dev* [Internet]. 2016;95:9–13. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2016.01.019>
  45. Prechtl HFR. Qualitative changes of spontaneous movements in fetus and preterm infant are a marker of neurological dysfunction. *Early Hum Dev*. 1990;23(3):151–8.
  46. Hadders-Algra M. General movements: a window for early identification of children at high risk for developmental disorders. *J Pediatr*. 2004;145(2):S12–8.
  47. Valle SC, Støen R, Sæther R, Jensenius AR, Adde L. Test-retest reliability of computer-based video analysis of general movements in healthy term-born infants. *Early Hum Dev* [Internet]. 2015;91(10):555–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2015.07.001>
  48. Adde L, Helbostad J, Jensenius AR, Langaas M, Støen R. Identification of fidgety movements and prediction of CP by the use of computer-based video analysis is more accurate when based on two video recordings. *Physiother Theory Pract*. 2013;29(6):469–75.
  49. Adde L, Helbostad JL, Jensenius AR, Taraldsen G, Støen R. Using computer-based video analysis in the study of fidgety movements. *Early Hum Dev* [Internet].

2009;85(9):541–7. Available from:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2009.05.003>

50. van Iersel PAM, Bakker SCM, Jonker AJH, Hadders-Algra M. Does general movements quality in term infants predict cerebral palsy and milder forms of limited mobility at 6 years? *Dev Med Child Neurol.* 2016;58(12):1310–6.
51. Spittle AJ, Mcginley JL, Thompson D, Clark R, Fitzgerald TL, Mentiplay BF, et al. Motor trajectories from birth to 5 years of children born at less than 30 weeks' gestation: early predictors and functional implications. Protocol for a prospective cohort study. *J Physiother [Internet].* 2017;62(4):222–3. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jphys.2016.07.002>
52. Ronfani L, Vecchi Brumatti L, Mariuz M, Tognin V, Bin M, Ferluga V, et al. The Complex Interaction between Home Environment, Socioeconomic Status, Maternal IQ and Early Child Neurocognitive Development: A Multivariate Analysis of Data Collected in a Newborn Cohort Study. *PLoS One.* 2015;10(5).
53. Gómez Gómez M, Danglot Banck C, Aceves Gómez M. Clasificación de los niños recién nacidos. *Medigraphic.* 2012;79(1):32–9.
54. Kolb, B., & Gibb R. Brain Plasticity and Behaviour in the Developing Brain. *J Can Acad Child Adolesc Psychiatry.* 2011;20(4):265–76.
55. Poch Olivé ML. Neurobiología del desarrollo temprano. Contextos educativos Hospital San Millán, Logroño. 2001;4:79–94.
56. Toga AW, Thompson PM, Sowell ER. Mapping brain maturation. Elsevier. 2011;29(3):148–59.
57. Dobbing J, Sands J. Quantitative growth and development of human brain. 1973;(April).
58. Lagman A. Embriología Médica. Madrid: Interamericana; 1969.
59. Vilaltella JT, Carrafa AB. Genes y neurobiología del desarrollo. Universidad Autónoma de Barcelona.
60. Scott G. Biología del desarrollo. 7a Edición. Panamericana, editor. 2005.
61. Rojas M. Embriología del Sistema Nervioso. *Int J Med Surg Sci.* 2015;2(1):385–400.
62. Bayona Rodriguez F. Desarrollo embrionario del sistema nervioso central y órganos de los sentidos : Revisión. *Univ Odontol.* 2012;31(66):125–32.
63. Martinez S. Mecanismos generales del control molecular de la formación de las regiones del cerebro durante el desarrollo. *Rev Dismorfología y Epidemiol.*

- 2011;6(1).
64. Mandujano Valdés M, Sanchez Perez M del C, Muñoz Ledo P. El bipedalismo del humano. Casa del Tiempo, Laberinto. 2009;22–7.
  65. Lizana Arce P, Almagiá Florez AA. Principios de Neuroanatomía: Desarrollo del Sistema Nervioso. 2012. p. 1–38.
  66. Mayorquin Rojas A, Ortuño Sahagún D. Diferenciación celular en el sistema nervioso, el caso de las células neuro-gliales. *Rev Biociencias*. 2011;1(55):3–17.
  67. Oates J, Karmiloff-Smith A, Johnson M. La Primera Infancia en Perspectiva 7. El cerebro en desarrollo. Reino Unido; 2012.
  68. Rosselli M. Maduración cerebral y desarrollo cognoscitivo. *Rev Latinoam Ciencias Soc Niñez y Juv*. 2002;1(1):1–14.
  69. Deoni SCL, Mercure E, Blasi A, Gasston D, Thomson A, Johnson M, et al. Mapping Infant Brain Myelination with Magnetic Resonance Imaging. *J Neurosci* [Internet]. 2011;31(2):784–91. Available from: <http://www.jneurosci.org/cgi/doi/10.1523/JNEUROSCI.2106-10.2011>
  70. García Alix A, Quero J. Tono y fuerza muscular. Generalidades. In: Editores Díaz de Santos, editor. *Evaluación neurológica del Recién Nacido*. España; 2010. p. 568–602.
  71. Chang K, Redmond SA, Chan JR. Remodeling myelination: implications for mechanisms of neural plasticity. *Nat Neurosci*. 2016;19(2):190–7.
  72. Fosse VM, Heggelund P, Fonnum F. Postnatal development of glutamatergic, GABAergic, and cholinergic neurotransmitter phenotypes in the visual cortex, lateral geniculate nucleus, pulvinar, and superior colliculus in cats. *J Neurosci* [Internet]. 1989;9(2):426–35. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2563764>
  73. Garcés Viera MV, Suarez Escudero JC. Neuroplasticidad: aspectos bioquímicos y neurofisiológicos. *Rev CES Med* [Internet]. 2014;28(1):119–32. Available from: [http://www.cesmed.com/revista/ver\\_articulo.php?id\\_articulo=119](http://www.cesmed.com/revista/ver_articulo.php?id_articulo=119)
  74. Kawato M, Furukawa K, Suzuki R. A hierarchical neural-network model for control and learning of voluntary movement. *Biol Cybern*. 1987;57(3):169–85.
  75. Dobkin B, Carmichael T. Principle of recovery after stroke. 2005. 52–88 p.
  76. Alexander GE, Crutcher MD. Functional architecture of basal ganglia circuits: neural substrates of parallel processing. *Trends Neurosci*. 1990;13(7):266–71.
  77. Elaine M. Plasticidad neuronal. *InfoMed Red salud Cuba*. 2008;42(2):86–91.
  78. Mark J, De Haan M. *Developmental Cognitive Neuroscience: An Introduction*.

Cuarta Edi. 2015.

79. López MJ. Motor control theories, motor learning principles and Bobath concept. a case study in occupational therapy. *Rev electrónica Ter Ocup Galicia, TOG* [Internet]. 2013;10(18):13. Available from: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4509143&info=resumen&idioma=ENG>
80. Shumway-Cook, Anne Woollacott M. Teorías sobre el Control Motor. In: *Control Motor*. 1995. p. 1–84.
81. Cano de la Cuerda R, Molero Sánchez A, Carratalá Tejada M, Alguacil Diego IM, Molina Rueda F, Miangolarra-Page JC, et al. Teorías y modelos de control y aprendizaje motor. *Aplicaciones clínicas en neurorrehabilitación. Neurología* [Internet]. 2015;30(1):32–41. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nrl.2011.12.010>
82. Hikosaka O, Nakahara H, Rand MK, Sakai K, Lu X. Parallel neural networks for learning. *Trends Neurosci* [Internet]. 1999;22(10):464–71. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S0166-2236\(99\)01439-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0166-2236(99)01439-3)
83. Cazalets J, Houssaini S, Clarac F. Activation of the central pattern generators for locomotion by serotonin and excitatory amino acids in neonatal rat. *Physiology*. 1992;455:187–204.
84. Tong S, Baghurst P, Vimpani G, McMichael A. Socioeconomic Position, Maternal IQ, Home Environment, and Cognitive Development. *J Pediatr*. 2007;151(3).
85. Stiles J, Reilly J, Paul B, Moses P. Cognitive development following early brain injury: Evidence for neural adaptation. *Trends Cogn Sci*. 2005;9(3 SPEC. ISS.):136–43.
86. Mccarraher-wetzel AP, Wetzel RC. A Review of the Amiel-Tison Neurologic Evaluation of the Newborn and Infant. *Am J Occup Ther*. 1984;38(9):585–93.
87. Gosselin J, Gahagan S, Amiel-tison C. The Amiel-Tison neurological assesment at term: conceptual and methodological continuity in the course of follow up. *Ment Retard Dev Disabil Res Rev*. 2005;11:34–51.
88. Monterosso L, Kristjanson L, Cole J. Neuromotor Development and the in Very Low Birth Weight Infants. *Jognn*. 2002;31(2):2–10.
89. Wilson EM. Spontaneous Facial Motility in Infancy: A 3D Kinematic Analysis Jordan. *Dev Psychobiol*. 2009;48(1):16–28.
90. Prechtl HFR, Hopkins B. Developmental transformations of spontaneous

- movements in early infancy. *Early Hum Dev.* 1986;14(3–4):233–8.
91. Aizawa CYP. *Elaboração e análise da confiabilidade de uma escala para avaliação dos movimentos generalizados em lactentes com riscos para o desenvolvimento neuromotor.* [São Paulo]: Universidade de São Paulo; 2015.
  92. Cioni G, Ferrari F, Einspieler C, Paolicelli PB, Barbani MT, Prechtl HFR. Comparison between observation of spontaneous movements and neurologic examination in preterm infants. *Elsevier.* 1997;130(5):704–11.
  93. Guzzetta A, Belmonti V, Battini R, Boldrini A, Bruna P, Cioni G. Does the assessment of general movements without video observation reliably predict neurological outcome ? *Elsevier.* 2007;11:362–7.
  94. Bosa AF, Loonb AJ Van, Martijn A, Van RM, Okken A, Prechtl HFR. Spontaneous motility in preterm , small-for- gestational age infants I . Quantitative aspects. *Elsevier.* 1997;3782(97):115–29.
  95. Hospital Universitario Clinica San Rafael. Portafolio de Servicios [Internet]. 2018. Available from: <http://www.clinicasanrafael.co/hucsr/>
  96. Ministerio de Salud. RESOLUCION NUMERO 8430 DE 1993. Capitulo 1. Articulo 11 Colombia; 1993 p. 1–19.
  97. Prechtl HFR. The behavioural states of the newborn infant (a review). *Brain Res.* 1974;76(2):185–212.
  98. Connolly, Kevin J Forssberg H. *Neurophysiology and Neuropsychology of Motor Development.* London: Cambridge University Press; 1997. 1–343 p.
  99. Chandler LS, Harris SR, Swanson MW, Robinson NM. Predictive Validity of the “Movement Assessment of Infants.” *Dev Behav Pediatr.* 1984;5(6):336–42.
  100. Metgud DC, Patil VD. Movement Assessment of Infants as a Predictor of One Year Neuromotor Outcome in Very Low Birth Weight Infants. *Indian J Pediatr.* 2011;78(11):1383–7.

# ANEXOS

## ANEXO 1. CONSENTIMIENTO INFORMADO

La Maestría en Fisiología de la Universidad Nacional de Colombia y el Departamento de Neonatología del Hospital Universitario Clínica San Rafael, la invita a participar con su bebé en la investigación titulada “PATRONES DE MOTILIDAD ESPONTÁNEA COMO INDICADOR DE PROGRESIÓN DEL TONO MUSCULAR EN LACTANTES ATENDIDOS EN EL HOSPITAL SAN RAFAEL, BOGOTÁ”, cuyo objetivo principal consiste en describir las características del movimiento de su bebe en los 3 primeros meses de edad, permitiendo reconocer particularidades de su desarrollo motor.

Es importante para la evaluación:

- Que su bebé se encuentre entre 1 y 3 meses de edad o edad corregida
- Usted debe estar presente durante la evaluación.
- Se tomarán medidas que garanticen su comodidad y la de su bebe, en cuanto a tiempo de la evaluación, ruido y lugar para la evaluación
- Si su bebe requiere cuidados (alimentación, cambio de pañal, consuelo o lo necesario para que esté tranquilo durante la evaluación), se brindará el espacio y tiempo para que se realice.
- Su bebe estará parcialmente vestido, un pañal o un body serán suficientes de tal manera que puedan ser registrados los movimientos de las extremidades y estos no sean limitados; en posición supina (boca arriba), después de la alimentación, e idealmente en los períodos en los que esté despierto y tranquilo
- La observación y evaluación se hará en un tiempo máximo de 20 a 30 minutos,
  - o Inicialmente se implementará un cuestionario que será diligenciado a modo de entrevista corta, con el fin de conocer los aspectos sociodemográficos, antecedentes médicos personales y familiares, antecedentes de consumos e información general de su embarazo
  - o Luego se hará la evaluación de la posibilidad de respuesta motora y postural de su bebe en lo que se requiere que el examinador ponga a su bebe en una postura específica y observe la respuesta.

- Finalmente se hará un registro de video de 2-3 minutos, en los cuales su bebe estará acostado en una superficie plana, sin necesidad de manipulación por parte del evaluador.

La cámara para la grabación estará ubicada a 30-35 cm por encima de su bebe de tal manera que quede registrado el cuerpo completo

- El procedimiento de evaluación se realizará en tres momentos, con intervalos de evaluación de 3 a 4 semanas de acuerdo con la primera evaluación, en lo que se procurará que esté dentro de su cronograma de asistencia a Plan Canguro.
- Después de cada evaluación se realizará una retroalimentación que le permitirá conocer los resultados de esta.
- El día de la primera evaluación, se realizará una entrevista que busca indagar aspectos relacionados con su bebé.

En cuanto a su participación:

- Su participación en el proyecto es totalmente VOLUNTARIA, por lo tanto, podrá retirarse sin ningún compromiso si se le presenta algún inconveniente.

De la confidencialidad:

- Las mamás o papás y bebés participantes en la investigación serán identificadas(os) con un código específico para el registro de los resultados con el fin de proteger su identidad.
- Toda la información recolectada en la hoja de registro de datos básicos y en el cuestionario será confidencial y no será proporcionada a ninguna persona diferente a usted en ninguna circunstancia
- El vídeo solo será revisado por el director, codirector y el autor de la investigación (responsables del estudio)
- Solo los investigadores tendrán acceso al código y su identidad verdadera para poder localizarlo
- Las imágenes obtenidas no serán publicadas, y el informe final mostrará resultados con la codificación correspondiente. De ninguna manera se publicarán a través de ningún medio los nombres de los participantes.
- Así mismo, las personas que se hacen cargo del estudio se comprometen a mantener la privacidad de la información, al igual que el cumplimiento de los

acuerdos (puntualidad, aviso oportuno de las citas, retroalimentación) realizados para la evaluación.

Su participación en nuestro estudio es muy importante, pues permitirá, por un lado, conocer el desarrollo neuromotor de su bebé, y cómo se mantiene y/o cambia a través del tiempo; por otro lado, ampliar el campo de conocimientos del neurodesarrollo. Esto redundará posteriormente en beneficios para su bebé y los bebés que vendrán en el futuro.

Agradecemos de antemano su colaboración.

Después de haber leído completamente toda la información contenida en este documento, con la información necesaria para mi participación en la investigación titulada “PATRONES DE MOTILIDAD ESPONTÁNEA COMO INDICADOR DE PROGRESIÓN DEL TONO MUSCULAR EN LACTANTES ATENDIDOS EN EL HOSPITAL SAN RAFAEL, BOGOTÁ”,,, habiendo dispuesto el tiempo necesario para reflexionar sobre las implicaciones de mi decisión libre, consiente y voluntaria: Manifiesto que yo \_\_\_\_\_ he decidido autorizar mi participación y la de mi hijo(a) \_\_\_\_\_. En constancia, firmo este documento de consentimiento informado, en la ciudad de Bogotá el día \_\_\_\_\_ del mes de \_\_\_\_\_ del año \_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
Firma de la Madre o Padre

CC.

FECHA \_\_\_\_\_

Código \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Vanesa Stefany Pinillos Malagón

CC. 1018445465

Investigador Principal

## ANEXO 2. HOJA DE REGISTRO DE DATOS BÁSICOS DEL NIÑO(A) Y LA MADRE O PADRE

### **Datos del Recién Nacido/Lactante:**

Nombres: \_\_\_\_\_ Apellidos: \_\_\_\_\_  
Fecha de Nacimiento: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ Sexo: (\_\_\_) Femenino (\_\_\_) Masculino  
Edad: \_\_\_\_\_ Edad corregida: \_\_\_\_\_  
Identificación: (\_\_\_) R.C. (\_\_\_) Otro ¿Cuál? \_\_\_\_\_ Número \_\_\_\_\_  
Peso al Nacer: \_\_\_\_\_ EPS: \_\_\_\_\_

### **Datos de la Madre:**

Nombres: \_\_\_\_\_ Apellidos: \_\_\_\_\_  
Fecha de Nacimiento: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_  
Identificación: (\_\_\_) CC (\_\_\_) Otro ¿Cuál? \_\_\_\_\_ Número \_\_\_\_\_  
Dirección: \_\_\_\_\_ Localidad: \_\_\_\_\_  
Teléfono: \_\_\_\_\_  
EPS: \_\_\_\_\_

### **Datos del Padre:**

Nombres: \_\_\_\_\_ Apellidos: \_\_\_\_\_  
Fecha de Nacimiento: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_  
Identificación: (\_\_\_) CC (\_\_\_) Otro ¿Cuál? \_\_\_\_\_ Número \_\_\_\_\_  
Dirección: \_\_\_\_\_ Localidad: \_\_\_\_\_  
Teléfono: \_\_\_\_\_  
EPS: \_\_\_\_\_

### ANEXO 3. GUÍA DE EVALUACIÓN

#### REGISTRO DE EVALUACIÓN

	Fecha de la evaluación	Edad	Edad Corregida	Peso	Talla
I					
Observaciones:					

	Fecha de la evaluación	Edad	Edad Corregida	Peso	Talla
II					
Observaciones:					

	Fecha de la evaluación	Edad	Edad Corregida	Peso	Talla
III					
Observaciones:					

<b>EVALUACIÓN DEL TONO MUSCULAR ACTIVO</b>		<b>Calificación</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>
Paso activo de cabeza por línea media	Llevar a la posición sentado	Normal			
		Débil			
		Paso Pasivo			
		Caída hacia delante imposible			
	Maniobra inversa	Normal			
		Débil			
		Paso Pasivo			
		“demasiado bueno”			
Enderezamiento postural	Enderezamiento de los miembros inferiores y del tronco	Presente			
		Ausente			
		Actitud en tijera			
		Espontáneo en opistótonos			

<b>EVALUACIÓN DE LA MOTILIDAD ESPONTÁNEA</b>			<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>
E V A L U A C I	EXTENSIÓN DORSAL	Ausente o mínimo			
		Moderada			
		Excesivo (opistótonos)			
		Moderada			

Ó N D E L A X I S C O R P O R A L	FLEXIÓN VENTRAL	Ausente o mínimo			
		Ilimitado			
	COMPARACIÓ N DE CURVATURAS	Flexión >Extensión			
		Flexión <Extensión			
		Flexión y extensión excesiva			
	SIMETRÍA	Simétricos			
		Asimétricos			
	ARMONÍA	Armónicos			
		Caóticos			
	CALIDAD	Pobre			
Normal					
Movimientos anormales	Ausentes				
	Temblores				
	Mioclonías				
	Otros				

Descripción			
-------------	--	--	--