



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA
SECRETARIA DE SALUD
INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN
Luis Guillermo Ibarra Ibarra
ESPECIALIDAD EN:

Medicina de Rehabilitación

***Sorting Block Box: Una nueva herramienta de evaluación
funcional del Miembro Superior en niños con Parálisis Cerebral
y su correlación con otras escalas clínicas***

T E S I S

PARA OBTENER EL DIPLOMA
DE
MÉDICO ESPECIALISTA EN:

Medicina de Rehabilitación

P R E S E N T A:

Pamela Hernández Diez Canseco

PROFESOR TITULAR
Daniel David Chávez Arias

ASESORES
Maria Elena Arellano Saldaña
Yannick Quijano González



Ciudad de México

Febrero 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DR. DANIEL DAVID CHÁVEZ ARIAS
PROFESOR TITULAR

DRA. MATILDE L. ENRÍQUEZ
SANDOVAL
DIRECTORA DE EDUCACIÓN EN
SALUD

DRA. XOCHQUETZAL HERNÁNDEZ LÓPEZ
SUBDIRECTORA DE EDUCACIÓN MEDICA

DRA. MARIA ELENA ARELLANO
SALDAÑA
ASESOR CLÍNICO

DR. ROGELIO SANDOVAL VEGA GIL
JEFE DEL SERVICIO DE EDUCACIÓN
MEDICA

DR. YANNICK QUIJANO GONZÁLEZ
ASESOR METODOLÓGICO

Indice

Portada.....	1
Directorio.....	2
Agradecimientos.....	4
Antecedentes.....	5
Marco Teórico.....	10
Planteamiento del problema.....	14
Hipótesis.....	14
Objetivos.....	14
Metodología.....	15
Resultados.....	20
Discusión.....	39
Conclusión.....	42
Trabajo Futuro.....	42
Limitaciones.....	42
Referencias.....	43
Anexos.....	46

Agradecimientos

A mi madre, por enseñarme el valor de la perseverancia, la determinación y el respeto.

A mi hermano Luis, por sensibilizarme a la discapacidad y retarme a ser un mejor ser humano cada día.

A mis hermanos Victor Manuel y Tomás, por su apoyo incondicional durante los años difíciles.

A mis maestros, en especial a la Dra. Maria Elena Arellano y el Dr. Carlos Viñals. Son para mi ejemplo de paciencia, dedicación y disciplina.

Al equipo de Análisis de Movimiento, en especial a Yannick, por su invaluable apoyo y disposición.

Antecedentes

La parálisis cerebral es la causa más común de discapacidad predominantemente física, de instauración en los primeros años de vida, cuyas manifestaciones clínicas se perpetúan hasta la edad adulta. No se trata de una enfermedad *per se*, sino de un constructo nosológico compartido por quienes sufrieron un insulto cerebral no progresivo en la etapa pre, peri o postnatal. Es un término descriptivo, no un diagnóstico etiológico. Se trata de un trastorno del neurodesarrollo cuyas manifestaciones clínicas varían en función del tiempo de evolución, grado de participación, grado de limitación y/o habilidad funcional, partes del cuerpo afectadas y el tipo de trastorno del movimiento.¹

Afecta uno de cada 500 neonatos y se estima que hay alrededor de 17 millones de personas afectadas en el mundo.¹ En los últimos 40 años, poco cambio ha ocurrido en el número total de niños que desarrollan parálisis cerebral, con una incidencia aproximada de 2-2.5 por cada 1,000 nacidos vivos.² En México, la Secretaría de Salud entre los años 1998-2002 reporta una tasa de 3 casos por cada 10,000 nacidos vivos. En el Sistema Nacional para el Desarrollo Integral de la Familia, se atendieron en el periodo del 2000-2008; 22,213 pacientes con parálisis cerebral, ocupando la novena causa de atención. Así mismo, en base a datos proporcionados por la OMS, se estima que en el 2006, por lo menos 500,000 personas y su núcleo familiar vivían afectadas por la parálisis cerebral.³

Países como EUA, Taiwán y Egipto reportan prevalencias de 3 por cada 1,000 en poblaciones de 4-48 años. Una revisión acerca de la prevalencia de parálisis cerebral en países de bajo y mediano ingreso, revela resultados mixtos: un estudio revela menor prevalencia en países subdesarrollados, dos estudios revelan una prevalencia parecida, y 4 estudios revelan mayor prevalencia con 4.4-10 por cada 1,000 nacidos vivos.¹

El modesto incremento de la prevalencia de parálisis cerebral observado a finales del siglo XX en países desarrollados por el incremento en la supervivencia de niños muy prematuros, ahora tiende a estabilizarse por la introducción de la terapia de enfriamiento a neonatos con encefalopatía y el uso de sulfato de magnesio en mujeres con riesgo de parto pretérmino para neuro-protección del feto. En países en vías de desarrollo, la ictericia neonatal y la infección perinatal, continúan siendo importantes factores de riesgo.¹

La importancia de la homogenización del concepto *parálisis cerebral* motivó a la organización de un comité ejecutivo de expertos, quienes en el 2004 se reunieron en Bethesda, Maryland (EUA); para crear una definición que abordara aspectos importantes faltantes en definiciones previas tales como: la restricción en la actividad como parte indispensable del constructo nosológico, la importancia de las alteraciones no motoras y del comportamiento que frecuentemente acompañan a este trastorno, y el carácter progresivo de las alteraciones músculo esqueléticas que frecuentemente avanzan con la edad. Dicho comité generó un reporte publicado en el 2006, que define la parálisis cerebral de la siguiente manera:

“La parálisis cerebral (PC) describe un grupo de trastornos permanentes del desarrollo del movimiento y la postura que causan limitación en la actividad y que son atribuidos a alteraciones, no progresivas, que ocurrieron en el cerebro en desarrollo. Las alteraciones

*motoras están acompañadas frecuentemente por alteraciones en la sensación, percepción, cognición, comunicación y comportamiento, así como por epilepsia y alteraciones músculo-esqueléticas secundarias”.*⁴

Al realizar una correlación anátomo-funcional de dicha definición para una comprensión mas profunda, podríamos resumir lo siguiente:

“La parálisis cerebral describe un grupo de trastornos permanentes del desarrollo del movimiento y la postura.”

La disrupción del circuito córtico-estriado-tálamo-cortical y córtico-cerebelo-cortical compromete la planeación motora, coordinación, regulación de la fuerza muscular, aprendizaje motor y las habilidades motoras finas. La disrupción adicional de vías descendentes motoras hacia tallo cerebral y relevos espinales provoca retención de estrategias motoras inmaduras (co-contracción, pobre control motor selectivo), así como reflejos primitivos persistentes, reflejos hiperactivos y tono muscular anormal. La falta de control motor selectivo, la plasticidad sináptica excesiva y la pérdida de inhibición envolvente, son características de la distonía, donde en lugar de utilizar los patrones apropiados para una tarea, se activan demasiados patrones simultáneos. Tanto la distonía como la espasticidad son componentes de los trastornos del movimiento observados en la parálisis cerebral, que usualmente ocurren de forma separada, pero también pueden ocurrir en combinación.⁴

“...que causan limitación en la actividad...”

La conjunción de las alteraciones biomecánicas, el aumento de la demanda energética derivado de las alteraciones del movimiento, agravado por el uso frecuente de ortesis, la dificultad para cumplir los requerimientos nutricionales y las barreras arquitectónicas, resultan en una disminución de la actividad en las personas con parálisis cerebral.

Sin embargo, la limitación en la actividad no es sólo consecuencia, sino agravante de las manifestaciones clínicas de la parálisis cerebral. Todos los recién nacidos tienen inervación polisináptica. Para que haya una inhibición recíproca de músculos antagonistas y una supresión gradual de los reflejos de estiramiento recíprocos, se requiere un proceso de eliminación de las sinapsis redundantes, el cual es dependiente del grado de actividad del neonato. Movimientos de menor complejidad, como los observados en la parálisis cerebral, condicionan una restricción de la experiencia sensori-motora, impactando sobre el aprendizaje motor.⁴

“...y que son atribuidos a alteraciones, no progresivas, que ocurrieron en el cerebro en desarrollo...”

En el 90% de los casos, las lesiones resultantes son dadas por procesos destructivos en un cerebro sano, más que por alteraciones en el desarrollo del cerebro. Las lesiones por hipoxia-isquemia cobran mayor importancia en el recién nacido a término ya que la demanda metabólica es mayor que la del pretérmino. Además de la cascada de excitotoxicidad por glutamato, intervienen mecanismos de liberación de citocinas pro-

inflamatorias, generando daño a las neuronas circundantes.⁴

“...Las alteraciones motoras están acompañadas frecuentemente por alteraciones en la sensación, percepción, cognición, comunicación y comportamiento...”

El control motor se basa en la progresión: percepción – cognición – acción. Por lo tanto, alteraciones de la percepción (visuales, auditivas) condicionan un pobre control motor. En el caso de las alteraciones de la percepción visual, se han relacionado con lesiones en los sistemas dorsal y ventral. El sistema ventral está involucrado en la identificación y reconocimiento de objetos. El sistema dorsal está involucrado en el procesamiento de la localización espacial de un objeto en relación con el observador. Para entrar en perspectiva de las alteraciones no motoras de la parálisis cerebral: 1 de cada 2 tiene discapacidad intelectual, 1 de cada 4 tiene trastornos del comportamiento, 1 de cada 4 tiene comunicación no verbal, 1 de cada 5 tiene alteraciones del sueño, 1 de cada 10 tiene ceguera, 1 de cada 25 tiene sordera.⁵

“...así como por epilepsia...”

Definida como dos o más crisis convulsivas afebriles, no neonatales.⁴ 1 de cada 4 tiene epilepsia.⁵

“...y alteraciones músculo-esqueléticas secundarias”

Las fibras musculares en la parálisis cerebral son de menor longitud y diámetro, con menor área generadora de fuerza. Paradójicamente, la longitud de las sarcómeras es casi el doble de lo normal. Dichos cambios paradójicos son observados predominantemente en músculos biarticulares, particularmente en los músculos flexores del carpo, isquiotibiales y flexores plantares. Hay un aumento de la matriz extracelular que aumenta la rigidez del músculo, pero no altera su módulo de elasticidad. También se ha observado que expresan isoformas inmaduras de las cadenas pesadas de miosina que normalmente se encuentran sólo en neonatos o niños muy pequeños, así como una reducción de hasta un 70% de las células satélite comparados con controles.¹

También hay un defecto del remodelado de la anteversión femoral fetal que condiciona una anteversión promedio de 40° y una torsión tibial externa secundaria a las fuerzas biomecánicas anormales generadas durante la marcha.¹ La luxación de cadera se presenta en 1 de cada 3.⁵ Anteriormente se atribuía a los síntomas positivos del síndrome de neurona motora superior (espasticidad, co-contracción), sin embargo, la pobre respuesta a intervenciones de este tipo y la correlación lineal entre luxación de cadera y el Sistema de Clasificación de la Función Motora Gruesa (sistema de clasificación que gradúa habilidad para control de tronco, sedestación y marcha en niños con PC), sugieren que los síntomas negativos (debilidad, pobre control motor selectivo, pobre coordinación, déficit sensorial) tienen mayor importancia.¹

Una vez comprendida su definición podemos pasar al abordaje diagnóstico. Si bien el diagnóstico de la parálisis cerebral es clínico, el Subcomité de Normas de Calidad de la Academia Americana de Neurología y el Comité de Práctica de la Sociedad de Neurología

Infantil recomiendan que, de ser posible, el diagnóstico de parálisis cerebral sea confirmado por imagen. Se debe tener en cuenta que del 11-17% de los niños con parálisis cerebral tienen estudios de RM normales.¹ En la actualidad se puede realizar un diagnóstico temprano de la parálisis cerebral a las 12 semanas de edad corregida con la evaluación cualitativa de los Movimientos Generales de Prechtl, la cual tiene un valor predictivo del 98%, con una sensibilidad del 98%, y una especificidad del 91%; lo que la convierte en la herramienta con mayor rendimiento diagnóstico (% de Sensibilidad: RM 80-87%, examen neurológico en edad pretérmino 57-86%, examen neurológico en edad postérmino 68-96%).⁵ Incluso tiene valor predictivo para determinar con evaluaciones seriadas si el desenlace neurológico será una parálisis cerebral espástica (bilateral ó unilateral) ó discinética.⁶ Así pues, lo recomendable es un adecuado interrogatorio para identificar los factores de riesgo duros para PC, un examen neurológico estandarizado seriado, la evaluación cualitativa de los Movimientos Generales de Prechtl en los periodos de ventana, estudios de neuroimagen complementarios, y descartar diagnósticos alternativos.⁵

Respecto a su clasificación topográfica, el grupo de colaboradores para la Vigilancia de la Parálisis Cerebral en Europa (SCPE, por sus siglas en inglés), estableció en el 2007 la división de la parálisis cerebral en 3 subtipos principales: espástica (que corresponde al 90% de los casos), discinética y atáxica. Se determinó también que el subtipo espástico se subdivide topográficamente en afección unilateral o bilateral, para describir si la afección se limita a un hemisferio o ambos, respectivamente. Los subtipos atáxico y discinético se toman como afecciones bilaterales.

Enfocándonos a la extremidad superior, las alteraciones en la función manual se presentan en 3 de cada 4 personas con parálisis cerebral.⁵ Medidas funcionales de la extremidad superior, tales como *Melbourne Assessment 2* (MA2, por sus siglas en inglés), *Quality of Upper Extremity Skills Test* (QUEST, por sus siglas en inglés), *Shriners Hospital for Children Upper Extremity Evaluation* (SHUEE, por sus siglas en inglés); a pesar de tener un amplio uso en ensayos clínicos por sus adecuadas propiedades psicométricas, representan retos importantes: seleccionar la herramienta adecuada para lo que se busca evaluar, experiencia y/o capacitación requerida para su aplicación, en algunas se requiere el uso de aditamentos como videocámaras, el costo de los kit de aplicación y el tiempo requerido para su aplicación, puntuación e interpretación. Se deben tomar en cuenta factores que pueden alterar las pruebas como la edad, trayectoria de crecimiento, capacidad intelectual y motivación del paciente. Una alternativa más eficiente en caso de no contar con los recursos económicos o de tiempo, necesarios para las herramientas observacionales más intensivas, son las medidas de habilidad reportadas por los padres como el ABILHAND-Kids, o las medidas de desenlace individualizadas como el *Goal Attainment Scaling*.⁷

Si tomamos en cuenta que la intervención terapéutica con mayor apoyo y consistencia es el entrenamiento de la función manual en parálisis cerebral con involucro unilateral¹, la cual corresponde al 39% de las presentaciones topográficas de la PC⁵, cobra importancia contar con una herramienta sensible, confiable y, sobre todo, objetiva.

Para proveer una descripción objetiva y detallada de los patrones de movimiento de la extremidad superior, se requieren mediciones cuantitativas, las cuales proveen una

descripción objetiva del desempeño de tareas en la extremidad superior, basadas en mediciones técnicas y cálculos, incluyendo parámetros tales como: ángulos de movimiento articular; duración, velocidad y suavidad del movimiento, entre otros. El uso de dicho análisis en las extremidades superiores es una herramienta valiosa que puede proveer información adicional de los patrones de movimiento observados en pacientes con parálisis cerebral.⁸

En el Instituto Nacional de Rehabilitación, en el periodo comprendido entre el 2009-2015, se atendió un promedio de 250 pacientes con parálisis cerebral al año.⁹ Al ser un centro de referencia en México y América Latina para el manejo multi e interdisciplinario del paciente con parálisis cerebral, es necesario buscar una metodología y herramientas objetivas que complementen las estrategias clínicas y permitan un seguimiento estrecho y confiable de la respuesta a las intervenciones terapéuticas, para así brindar una atención con calidad.

En la presente tesis, se analizará la correlación de los datos arrojados por un instrumento objetivo-cuantitativo para la valoración de la función del miembro superior con cuatro instrumentos clínicos de evaluación de la función de miembro superior en infantes con parálisis cerebral. Se seleccionaron pacientes del área de hospitalización de la división de Rehabilitación Pediátrica del INR LGII con diagnóstico de Parálisis Cerebral unilateral, entre 4-14 años de edad. Previo consentimiento informado de los padres/tutores, se realizaron mediciones antropométricas (peso, talla, longitud de piernas, brazos, antebrazos y manos) y se aplicaron las escalas: MAS, MTS, MACS y BFMF. Las escalas fueron aplicadas por un médico residente en Medicina de Rehabilitación con 8 meses de entrenamiento en aplicación de MAS, 2 meses de entrenamiento en MACS y BFMF y 1 semana de entrenamiento en MTS. Terminadas las mediciones antropométricas y la aplicación de escalas clínicas, se colocó al sujeto frente al instrumento de valoración cuantitativa, se le explicó el proceso de ejecución de la prueba, se le permitió hacer un ensayo, y una vez listo, inició la prueba. Se le pidió al sujeto que colocara las 4 piezas en el tablero y que las regresara, posteriormente, a su posición inicial, repitiendo 3 veces la tarea con cada lado. Terminada la prueba, se regresó al sujeto al área de hospitalización de Rehabilitación Pediátrica del INR. En las subsecuentes páginas del presente trabajo, se desarrolla el marco teórico asociado con el tema, los objetivos de estudio, su justificación, metodología, resultados, discusión, conclusiones del estudio y trabajo futuro recomendado para la investigación.

Marco teórico

En el marco de la Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud (CIF), la **estructura** de la extremidad superior lleva a cabo **funciones** diversas (como regular el tono y fuerza muscular), que le permiten llevar a cabo **actividades** diversas (como el agarrar, soltar y manipular objetos), necesarias para **participar** como miembros activos de la sociedad.

No necesariamente una intervención dirigida sobre una **función** va a influir sobre la realización de una **actividad**, de ahí la importancia de conocer las categorías de la CIF, comprender cómo se interrelacionan, y qué factores **ambientales** y **personales** intervienen.

Un ejemplo de relación **estructura-función** o **función-actividad** es el modelo de la espasticidad, donde una alteración de la **función** de regulación del tono muscular (hipertono), condiciona una contractura de la **estructura** muscular y articular, con limitación del arco de movimiento de la misma. Una intervención sobre la **función** de regular el tono muscular (hipertono), como el uso de toxina botulínica, en conjunto con terapia ocupacional bimanual, sinergiza la intervención e incide tanto en **función** (regulación del hipertono) como en **actividad** (tomar y llevar objetos).

La **División de Rehabilitación Pediátrica del Instituto Nacional de Rehabilitación LGII** utiliza, dentro del marco de la CIF, instrumentos de medición de la **función** (Escala de Tardieu Modificada y Escala de Ashworth Modificada) y de la **actividad** (Sistema de Clasificación de la Habilidad Manual para niños con Parálisis Cerebral, Función Motora Fina Bimanual y Sistema de Clasificación de la Función Motora Gruesa) en infantes con parálisis cerebral. Éstos, además de un dispositivo de valoración cuantitativa del miembro superior (utilizado en el INR LGII) se describen a continuación:

Escalas de evaluación

Escala de Tardieu Modificada (MTS)

Es una escala que cuantifica la severidad de la espasticidad y es un auxiliar para evaluar la efectividad de las intervenciones terapéuticas dirigidas al manejo de la espasticidad. Se define R2 que corresponde a el máximo rango de movilidad de la articulación involucrada en el grupo muscular a evaluar. Por su parte, R1 se mide moviendo el grupo muscular a estudiar desde su posición más corta a la más larga con un estiramiento rápido, marcando el R1 donde se percibe la resistencia muscular en respuesta al estiramiento. Se miden R1 y R2 con goniómetro y se calcula R2-R1. Una diferencia pequeña entre R1 y R2 indica contractura. Una diferencia grande entre R1 y R2 indica el potencial beneficio de una intervención terapéutica dirigida a tratar la espasticidad.⁷ No requiere entrenamiento. Hay reportes de que la confiabilidad no varía a pesar de la mayor participación de evaluadores experimentados. Tiene una confiabilidad inter-observador y *test-retest* de adecuada a excelente (ICC = 0.58-0.72).¹⁰

Escala de Asworth Modificada (MAS)

Es una medida de hipertonía, es decir, la resistencia del músculo al movimiento pasivo. Se mide movilizándolo el grupo muscular a evaluar abarcando todo su rango de movimiento en un segundo. La respuesta se gradúa en una escala de 6 puntos con base en el grado de resistencia muscular al movimiento.⁷ No requiere entrenamiento. Tiene una confiabilidad inter-observador con resultados variables, ICC que van de pobres a excelentes. Tiene un coeficiente de correlación intraclase de adecuado a excelente (0.6-0.83).¹¹

Sistemas de Clasificación de la Función Motora

Antes de continuar con los Sistemas de Clasificación de la Función Motora, hay ciertos aspectos importantes a destacar respecto a la evaluación de la espasticidad. La espasticidad es uno de los tres mecanismos de la hipertonía mediada neurológicamente, otros son la distonía y la rigidez. Se trata de un fenómeno clínico donde los músculos sobre reaccionan al estímulo de un estiramiento rápido.⁷ El componente velocidad-dependiente es crucial y así lo marca la definición fisiológica de la espasticidad creada por el neurólogo australiano James Lance en 1980. La respuesta del reflejo de estiramiento incrementa de manera lineal a la velocidad del estiramiento. Otros factores como el sueño y las aferencias vestibulares alteran el movimiento, la postura, los cambios tróficos a nivel muscular y los reflejos de estiramiento, cuya expresión dinámica afecta el grado de espasticidad. Los reflejos de estiramiento en sujetos con parálisis cerebral también alteran su excitabilidad con las intervenciones terapéuticas como el ejercicio, cirugías, inmovilizaciones y el desuso secundario; así mismo se reportan cambios de las propiedades viscoelásticas del músculo.¹

Los efectos de un músculo rígido, acortado o hiperactivo son biomecánicamente equivalentes, sólo el examen clínico puede diferenciar entre las tres condiciones.¹ De ahí que el interrogatorio y la exploración física son y serán elementos indispensables de la práctica clínica, independientemente del complemento con otras tecnologías no humanas. Además de que varios factores hacen variar el grado de espasticidad en un sujeto con una lesión neurológica invariable, la espasticidad sólo explica de manera parcial el pobre desempeño motor en la parálisis cerebral. La debilidad, el pobre control motor selectivo, la ataxia o discinesia (que corresponden al 23 y 25% de los GMFCS I-III, respectivamente⁵), la apraxia, las alteraciones visuoespaciales, la discapacidad intelectual (en caso de presentarla), incluso el dolor (3 de cada 4 tienen dolor⁵), impactan de manera importante la función motora.

Los Sistemas de Clasificación permiten unificar el lenguaje entre médicos, investigadores, cuidadores, redes de apoyo. Universalizan la comprensión del desempeño motor de un sujeto, al alcance de un número. El Sistema de Clasificación de Habilidad Manual (MACS), Función Motora Fina Bimanual (BFMF) y el Sistema de Clasificación de la Función Motora Gruesa (GMFCS) forman parte de un conjunto de instrumentos para clasificar, en diferentes rubros, la función del motora de los niños con parálisis cerebral. Son escalas ordinales de 5 niveles, donde el nivel I representa buen funcionamiento y el nivel V representa discapacidad significativa.⁷

Sistema de Clasificación de la Habilidad Manual (MACS)

Es un sistema de clasificación, el cual cataloga la habilidad usual para manipular objetos en las actividades diarias de los niños con parálisis cerebral de 4 a 18 años de edad. También existe un “Mini-MACS” para niños de 1-4 años de edad.⁷ El MACS está enfocado en representar cómo el niño se desempeña de manera habitual en el ambiente del hogar, la escuela y la comunidad. Clasifica el uso colaborativo de ambas manos, de manera conjunta. Está diseñado para reflejar el desempeño típico del niño, no su capacidad máxima. Se determina interrogando a la persona que conoce mejor al niño en su ambiente habitual. Los objetos manipulados en cuestión son aquellos que son importantes y apropiados para la edad del niño. La clasificación de un niño se debe realizar con referencia a niños de la misma edad. No requiere entrenamiento. Tiene una excelente confiabilidad entre terapeutas con un ICC de 0.97¹² y de 0.96 comparando terapeutas con padres, mostrando además estabilidad en el tiempo.¹³

Función Motora Fina Bimanual (BFMF)

Es un sistema de clasificación de la habilidad motora fina del niño para agarrar, sostener y manipular objetos en cada mano por separado. Se propone como una escala complementaria al MACS, donde el enfoque es evaluar el uso fino de la mano, cada mano por separado. Es la clasificación principal de la función manual registrada por el SCPE y tiene un amplio uso en estudios epidemiológicos. Al igual que MACS, debe ser contestada por una persona que conozca el desempeño habitual del niño, en particular la habilidad motora fina de cada mano por separado. No requiere entrenamiento. Tiene una alta correlación con MACS (Spearman $\rho = 0.89$, IC: 0.86-0.9, $p < 0.001$), lo que sugiere su validez de constructo.¹⁴

Sistema de Clasificación de la Función Motora Gruesa (GMFCS)

Es un sistema de clasificación de la función motora gruesa basado en el movimiento que se inicia de forma voluntaria, con énfasis en el desempeño al sentarse y caminar. Las distinciones entre los niveles, se basan en las limitaciones funcionales (como la dificultad para correr, saltar, subir escaleras), el uso de auxiliares de la marcha (andadera, bastones), o en el caso de los niveles de mayor afección, la movilidad en silla de ruedas y el control voluntario (como el control de cuello). Es una medida del desempeño habitual, no de la máxima capacidad del niño. Al depender la función motora de la edad, se proveen descripciones separadas para cada nivel según la edad. Los grupos por edad son: menores de 2 años, 2-4 años, 4-6 años, 6-12 años y en el 2008 se agregó en la versión extendida y revisada el grupo de 12-18 años. Los niños menores de 2 años deben ser evaluados con base en su edad corregida en caso de ser prematuros. También conocido como Palisano (por su autor principal), se realiza interrogando a la persona que conoce el desempeño habitual de la función motora gruesa del niño. No requiere entrenamiento. Tiene un muy buen nivel de confiabilidad global ($\kappa = 0.75$) para los niños de 2-12 años de edad.¹⁵ Además, presenta una confiabilidad inter-observador alta ($G=0.93$) y confiabilidad *test-retest* alta ($G=0.79$). Presenta un valor predictivo positivo a la edad de 1-2 años para estimar la caminata a los 12 años. Por estas razones, el GMFCS puede predecir la función motora gruesa para niños con PC.¹⁶

Instrumentos cuantitativos de valoración funcional del miembro superior

El *Sorting Block Box (SBB)* es un tablero instrumentado con sensores de fuerza y presencia que detectan el momento en que 4 piezas de madera de diferentes formas son introducidas en sus respectivos huecos. Utiliza sensores inerciales que se colocan sobre la mano y muñeca del sujeto a evaluar para obtener de manera simultánea la aceleración y velocidad angular de ambos segmentos. Se le pide al sujeto que coloque las 4 piezas de madera en sus huecos correspondientes y que, posteriormente, las regrese a su posición inicial, repitiendo 3 veces la tarea, con cada lado. El SBB demostró ser una herramienta válida para diferenciar el miembro superior afectado del no afectado en niños con PC espástica unilateral a partir del uso de métricas de suavidad de movimiento. Mediante el uso de tres métricas de suavidad se analizan 16 sub-movimientos derivados de colocar (8) y retirar (8) las 4 piezas del tablero. El rango de normalidad de movimiento se determina con base en las métricas de suavidad obtenidas de un grupo control de niños sanos. En promedio, las métricas de suavidad para el lado afectado se encuentran fuera de rango de normalidad hasta por 5.31 desviaciones estándar. El instrumento cuenta con validaciones de grupos extremos, constructo, confiabilidad y medición de grados de afectación motora del miembro superior en niños con PC espástica unilateral.²⁰

Planteamiento del problema

¿Cuál es el nivel de confiabilidad de las escalas clínicas MAS, MTS, así como de los sistemas de clasificación MACS y BFMF al ser utilizadas como una herramienta de evaluación del desempeño motor del miembro superior en infantes con PC espástica unilateral?

¿Existe una correlación estadísticamente significativa entre las escalas clínicas (MAS, MTS), los sistemas de clasificación de la función motora (MACS, BFMF, GMFCS) y los resultados de la herramienta cuantitativa de valoración motora del miembro superior (SBB)?

Hipótesis

Las escalas clínicas de valoración funcional (MAS, MTS), así como los sistemas de clasificación de la función motora (MACS, BFMF) del miembro superior, tienden a presentar una menor confiabilidad y objetividad en relación con la función motora medida por instrumentos cuantitativos objetivos como el SBB. Sin embargo, deberá existir un indicador significativo de correlación entre los instrumentos clínicos (MAS, MTS, MACS, BFMF, GMFCS) y el instrumento objetivo de valoración de la función del miembro superior (SBB) en infantes con PC espástica unilateral. Esto servirá como antesala para la creación de una herramienta híbrida de valoración del desempeño motor, que presente nivel de confiabilidad mayor al demostrado por las herramientas clínicas que serán estudiadas.

Objetivo general

Obtener la confiabilidad de las escalas clínicas (MAS, MTS, MACS, BFMF) al ser utilizadas como instrumentos de valoración funcional del miembro superior en sujetos de 4-14 años con parálisis cerebral espástica unilateral y compararlo con los resultados obtenidos por un instrumento cuantitativo objetivo validado.

Objetivos específicos

Calcular la correlación entre los resultados del MACS, BFMF, MTS, MAS y SBB.

Calcular la correlación entre los resultados del MACS, BFMF, MTS y MAS con GMFCS.

Calcular confiabilidad MACS, BFMF, MTS y MAS en relación con SBB y GMFCS.

Calcular si las mediciones obtenidas con el SBB, MACS, MTS y MAS detectan diferencias estadísticamente significativas entre los lados afectado y no afectado, de los pacientes estudiados.

Metodología

Se seleccionó una muestra de 11 pacientes pediátricos entre 4 y 14 años diagnosticados con parálisis cerebral espástica unilateral. Se solicitaron cartas de permiso y aprobación a los padres y/o tutores de los niños que participaron en los ensayos. Se llevó a cabo la aprobación del Comité de Ética del INR (registrado con el código INR# 45/15).

- Criterios de inclusión
 - Niños diagnosticados de PC espástica unilateral entre 4 y 14 años.
- Criterios de exclusión
 - Niños con discapacidad intelectual.
 - Niños que toman narcóticos.
 - Niños sin control de tronco.
 - Niños con antecedente de aplicación de toxina botulínica en miembros superiores en los últimos 6 meses.
- Criterios de eliminación
 - Niños que no siguen el protocolo experimental.
 - Niños que no desean participar o firmar el consentimiento informado, otorgado exclusivamente por un clínico.

Tabla 1. Variables dependientes del estudio.

Sociodemográfica	Niveles de medición
Género	Femenino / Masculino
Edad	Años
Escala clínica funcional	Niveles de medición
Sistema de Clasificación de la Función Motora Gruesa (GMFCS)¹⁹	<p>Para la descripción detallada de la Clasificación, incluyendo la descripción por grupos de edad <i>ver ANEXO 3</i>. De manera general:</p> <p>I: puede correr o saltar con limitación en velocidad, equilibrio y coordinación.</p> <p>II: requiere tomarse de barandal para subir/bajar escaleras y puede requerir auxiliar para deambular distancias largas.</p> <p>III: utiliza auxiliar de la marcha en interiores y silla de ruedas para distancias largas.</p> <p>IV: puede deambular distancias cortas con asistencia, silla de ruedas para distancias largas.</p> <p>V: usa silla de ruedas para todo tipo de movilidad, habilidad limitada para mantener posiciones antigravitatorias con tronco y extremidades.</p>
Sistema de Clasificación de la Habilidad Manual (MACS)¹²	<p>1: Manipula objetos fácil y exitosamente</p> <p>2: Manipula la mayoría de los objetos pero con un poco de reducción en la calidad y/o velocidad del logro</p>

	<p>3: Manipula los objetos con dificultad; necesita ayuda para preparar y/o modificar actividades</p> <p>4: Manipula una limitada selección de objetos fácilmente manipulables en situaciones adaptadas</p> <p>5: No manipula objetos y tiene habilidad severamente limitada para ejecutar aún acciones sencillas</p>
<p>Nivel de espasticidad con Escala de Tardieu Modificada¹⁷</p>	<p>0: Sin resistencia durante el movimiento pasivo</p> <p>1: Poca resistencia durante el movimiento pasivo y no hay resistencia clara en un ángulo específico.</p> <p>2: Resistencia definida en un ángulo específico, que interrumpe un movimiento pasivo, seguido de una liberación de la misma.</p> <p>3: Clonus agotable (de menos de 10 segundos, cuando se mantiene la presión) que ocurre a un ángulo preciso, seguido de liberación.</p> <p>4: Clonus inagotable (de más de 10 segundos, cuando se mantiene la presión) que ocurre a un ángulo preciso.</p> <p>5: Sin movimiento.</p>
<p>Nivel de espasticidad con Escala de Ashworth Modificada¹⁸</p>	<p>0: No hay cambios en la respuesta del músculo en los movimientos de flexión o extensión.</p> <p>1: Ligero aumento en la respuesta del músculo al movimiento (flexión ó extensión) visible con la palpación o relajación, o solo mínima resistencia al final del arco del movimiento.</p> <p>1+: Ligero aumento en la resistencia del músculo al movimiento en flexión ó extensión, seguido de una mínima resistencia en todo el resto del arco de movimiento (menos de la mitad).</p> <p>2: Notable incremento en la resistencia del músculo durante la mayor parte del arco de movimiento articular, pero la articulación se mueve fácilmente.</p> <p>3: Marcado incremento en la resistencia del músculo; el movimiento pasivo es difícil en la flexión o extensión.</p> <p>4: Las partes afectadas están rígidas en flexión o extensión cuando se mueven pasivamente.</p>

Función Bimanual ¹⁴	Motora	Fina	<p>Nivel I: Una mano; manipula sin restricciones. La otra mano: manipula sin restricciones ó con limitaciones en las habilidades motoras finas más avanzadas.</p> <p>Nivel II: (a) Una mano: manipula sin restricciones. La otra mano: habilidad sólo para agarrar o sostener. (b) Ambas manos; Limitaciones en las habilidades motoras finas más avanzadas.</p> <p>Nivel III: (a) Una mano: manipula sin restricciones. La otra mano no tiene habilidad funcional. (b) Una mano: limitaciones en las habilidades motoras finas más avanzadas. La otra mano: habilidad sólo de agarrar o peor.</p> <p>Nivel IV: (a) Ambas manos: habilidad sólo de agarrar. (b) Una mano: habilidad sólo de agarrar. La otra mano: habilidad sólo de sostener o peor.</p> <p>Nivel V: Ambas manos: habilidad sólo de agarrar o peor.</p>
--------------------------------	--------	------	--

Se seleccionaron pacientes del área de hospitalización de la división de Rehabilitación Pediátrica del INR LGII con diagnóstico de Parálisis Cerebral espástica unilateral, de entre 4-14 años, que cumplieran los criterios de inclusión. Se trasladaron a la Torre de Investigación, al 7mo piso, al Laboratorio de Análisis de Movimiento. Previo consentimiento informado (*ver ANEXO 1*) y firma de carta permiso por parte de los padres/tutores, se realizaron mediciones antropométricas (peso, talla, longitud de piernas, brazos, antebrazos y manos) y se aplicaron los instrumentos: MAS, MTS, MACS y BFMF (*ver ANEXO 2*). Los instrumentos de valoración clínica fueron aplicados por un solo médico residente en Medicina de Rehabilitación con 8 meses de entrenamiento en aplicación de MAS, 2 meses de entrenamiento en MACS y BFMF y 1 semana de entrenamiento en MTS. Terminadas las mediciones antropométricas y la aplicación de escalas clínicas, se sentaron los sujetos experimentales frente al SBB, se instrumentaron, se explicó el proceso de ejecución de la prueba, se realizó un ensayo, y una vez listo, comienza la prueba.²⁰Al finalizar, los sujetos fueron regresados al área de hospitalización de Rehabilitación Pediátrica. El GMFM se obtuvo del expediente clínico, usando el nivel que se le asignó a su ingreso (los pacientes ingresaron 24-48 horas previas a su participación en el protocolo).



Figura 1. Sujeto realizando la valoración cuantitativa usando el SBB.²⁰

Después de realizada la valoración cuantitativa funcional en el SBB, se procesan los datos obtenidos del tablero y del sensor inercial (acelerómetro-giroscopio-magnetómetro) y se obtienen dos valores: la métrica de longitud de arco espectral (SALM, ecuación 1) y la escala basada en suavidad para la función del miembro superior (SSULF, función 1).

$$SALM \triangleq - \int_0^{\omega_c} \sqrt{\left(\frac{1}{\omega_c}\right)^2 + \left(\frac{d\hat{V}(\omega)}{d\omega}\right)^2} d\omega$$

Ec. 1

La ecuación 1 modela la métrica de longitud de arco espectral, la cual mide la cantidad de sub-movimientos pertenecientes a una tarea motora realizada. Utiliza los valores medidos por el sensor inercial (colocado en la mano) para dar una medida cuantitativa, adimensional, robusta y con respuesta monótona. A mayor suavidad de movimiento (expresada por un valor SALM cercano a cero), mayor control neuro-motor se demuestra; por el contrario, a menor suavidad de movimiento (valores SALM lejanos a cero), se deduce un menor control neuro-motor dentro de cualquier movimiento estudiado.

$$SSULF = f(SALM) = \begin{cases} 1, & 0 \leq SALM \leq 3.13 \\ 2, & 3.14 \leq SALM \leq 5.26 \\ 3, & 5.27 \leq SALM \leq 7.12 \\ 4, & 7.13 \leq SALM \leq 9.76 \\ 5, & SALM \geq 9.77 \end{cases}$$

Fn. 1

La función 1 expresa la Escala Basada en Suavidad para la Función del Miembro Superior, la cual fue modelada utilizando la base de datos del presente experimento, más los resultados de una muestra de 50 infantes sanos. Se propuso esta función para agilizar la lectura de resultados al tener un marco de referencia intuitivo y similar a las herramientas clínicas utilizadas para valorar el miembro superior.²⁰ Para su creación, se utilizó el algoritmo de K-medias y una segmentación a 5 clases, cada una con valores separados entre sí con una significancia estadística de $p < 0.01$. Al ser una función dependiente de SALM, los resultados igual a 1 pertenecen a los rasgos motores de los niños sanos. Los valores 2 a 5 modelan la suavidad de movimiento para los sujetos con PC en 4 diferentes niveles. Para propósito de este estudio se utilizará el promedio de las 16 sub-actividades en los 3 intentos; es decir, se realiza una reducción de 16 movimientos en uno (su media) y de 3 intentos en uno (su media). Esto con el propósito de compararlos con los valores de las escalas clínicas y de los sistemas de clasificación (que solamente presentan una medición).

Finalmente, se compararon los resultados obtenidos por cada método y se realizaron los análisis estadísticos pertinentes para cumplir con los objetivos del estudio. Las tablas exhibidas en la siguiente sección (Resultados) fueron procesadas y creadas utilizando el software IBM SPSS 21. Se presentan estadísticos descriptivos, frecuencias, correlaciones, análisis de confiabilidad y análisis de varianza (ANOVA).

RESULTADOS

La tabla 2 muestra los resultados promedio de suavidad de movimiento de cada paciente, así como las calificaciones obtenidas por cada instrumento clínico de valoración. BFMF, MTS y MAS con GMFCS

Tabla 2. Resultados por paciente: Se incluye el promedio de las dos medidas de suavidad de movimiento (métrica SALM y escala SSULF), las escalas clínicas aplicadas en hombro, codo, muñeca y mano (MAS, MTS) y los sistemas de clasificación de la función motora (BFMF, MACS y GMFCS).

		SALM Promedio	SSULF Promedio	MAS Hombro	MAS Codo	MAS Muñeca	MAS Mano	Tardieu Hombro	Tardieu Codo	Tardieu Muñeca	Tardieu Mano	Bimanual	MACS	Palisano (GMFCS)	
PX001 Der	<i>Lado No Afectado</i>	2.0425	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	
PX002 Izq		2.0388	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	
PX003 Izq		2.5369	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2
PX004 Der		2.5338	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
PX005 Izq		2.4475	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2A	0	1
PX006 Izq		2.4113	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2A	0	1
PX007 Izq		1.9306	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2A	0	2
PX008 Izq		2.2169	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2A	0	2
PX009 Der		2.9750	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3
PX010 Der		2.5231	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4
PX011 Izq		2.4419	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
PX001 Izq	<i>Lado Afectado (Parético)</i>	2.1775	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	2	
PX002 Der		2.1631	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
PX003 Der		3.4731	2	0	1	1	1	1	0	2	1	1	1	2	2
PX004 Izq		4.0700	2	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	2	1
PX005 Der		3.8456	2	1	1+	0	0	0	1	2	0	0	2A	2	1
PX006 Der		3.8488	2	1	1+	1	1	1	1	3	1	1	2A	2	1
PX007 Der		3.1350	2	0	1	1	1	1	0	2	1	1	2A	2	2
PX008 Der		3.6544	2	0	1	1	1	1	0	1	1	1	2A	2	2
PX009 Izq		3.2281	2	1	1+	1	0	0	1	2	1	1	1	1	3
PX010 Izq		3.1406	2	1	1+	1+	0	0	1	2	2	2	1	1	4
PX011 Der		3.1706	2	1	1	1+	1+	1+	1	2	1	1	1	1	1

A continuación, se presentan los estadísticos descriptivos de los resultados encontrados. La Tabla 3 muestra los rangos (mínimo-máximo), media y desviación estándar de cada variable. Las tablas subsecuentes (4-16) muestran las frecuencias de aparición por cada resultado.

Tabla 3. Estadísticos Descriptivos para cada variable

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
SALM Promedio	22	1.9306	4.0700	2.677505	.6518896
SSULF Promedio	22	1	2	1.41	.503
MAS Hombro	22	0	1	.27	.456
MAS Codo	22	0	2	.68	.780
MAS Muñeca	22	0	2	.55	.671
MAS Mano	22	0	2	.41	.590
Tardieu Hombro	22	0	1	.27	.456
Tardieu Codo	22	0	3	.86	1.037
Tardieu Muñeca	22	0	2	.55	.671
Tardieu Mano	22	0	2	.55	.671
Bimanual	22	1	2	1.36	.492
MACS	22	0	2	.86	.834
Palisano GMFCS	22	1	4	1.82	.958

Tabla 4. Frecuencias para SALM Promedio

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
1.9306	1	4.2	4.5	4.5
2.0350	1	4.2	4.5	9.1
2.0388	1	4.2	4.5	13.6
2.0425	1	4.2	4.5	18.2
2.1631	1	4.2	4.5	22.7
2.1706	1	4.2	4.5	27.3
Válidos 2.1775	1	4.2	4.5	31.8
2.2169	1	4.2	4.5	36.4
2.4113	1	4.2	4.5	40.9
2.4419	1	4.2	4.5	45.5
2.4475	1	4.2	4.5	50.0
2.5231	1	4.2	4.5	54.5
2.5338	1	4.2	4.5	59.1

	2.5369	1	4.2	4.5	63.6
	2.6544	1	4.2	4.5	68.2
	2.9750	1	4.2	4.5	72.7
	3.1406	1	4.2	4.5	77.3
	3.2281	1	4.2	4.5	81.8
	3.4731	1	4.2	4.5	86.4
	3.8456	1	4.2	4.5	90.9
	3.8488	1	4.2	4.5	95.5
	4.0700	1	4.2	4.5	100.0
	Total	22	91.7	100.0	
Perdidos	Sistema	2	8.3		
Total		24	100.0		

Tabla 5. Frecuencias para SSULF Promedio

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
	1	13	54.2	59.1
Válidos	2	9	37.5	100.0
	Total	22	91.7	100.0
Perdidos	Sistema	2	8.3	
Total		24	100.0	

Tabla 6. Frecuencias para MAS-Hombro

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
	0	16	66.7	72.7
Válidos	1	6	25.0	100.0
	Total	22	91.7	100.0
Perdidos	Sistema	2	8.3	
Total		24	100.0	

Tabla 7. Frecuencias para MAS-Codo

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
0	11	45.8	50.0	50.0
Válidos 1	7	29.2	31.8	81.8
2	4	16.7	18.2	100.0
Total	22	91.7	100.0	
Perdidos Sistema	2	8.3		
Total	24	100.0		

Tabla 8. Frecuencias para MAS-Muñeca

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
0	12	50.0	54.5	54.5
Válidos 1	8	33.3	36.4	90.9
2	2	8.3	9.1	100.0
Total	22	91.7	100.0	
Perdidos Sistema	2	8.3		
Total	24	100.0		

Tabla 9. Frecuencias para MAS-Mano

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
0	14	58.3	63.6	63.6
Válidos 1	7	29.2	31.8	95.5
2	1	4.2	4.5	100.0
Total	22	91.7	100.0	
Perdidos Sistema	2	8.3		
Total	24	100.0		

Tabla 10. Frecuencias para MTS-Hombro

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
0	16	66.7	72.7	72.7
Válidos 1	6	25.0	27.3	100.0
Total	22	91.7	100.0	
Perdidos Sistema	2	8.3		
Total	24	100.0		

Tabla 11. Frecuencias para MTS-Codo

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
0	12	50.0	54.5	54.5
1	2	8.3	9.1	63.6
Válidos 2	7	29.2	31.8	95.5
3	1	4.2	4.5	100.0
Total	22	91.7	100.0	
Perdidos Sistema	2	8.3		
Total	24	100.0		

Tabla 12. Frecuencias para MTS-Muñeca

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
0	12	50.0	54.5	54.5
Válidos 1	8	33.3	36.4	90.9
2	2	8.3	9.1	100.0
Total	22	91.7	100.0	
Perdidos Sistema	2	8.3		
Total	24	100.0		

Tabla 13. Frecuencias para MTS-Mano

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
0	12	50.0	54.5	54.5
Válidos 1	8	33.3	36.4	90.9
2	2	8.3	9.1	100.0
Total	22	91.7	100.0	
Perdidos Sistema	2	8.3		
Total	24	100.0		

Tabla 14. Frecuencias para BFMF

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
1	14	58.3	63.6	63.6
Válidos 2	8	33.3	36.4	100.0
Total	22	91.7	100.0	
Perdidos Sistema	2	8.3		
Total	24	100.0		

Tabla 15. Frecuencias para MACS

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
0	9	37.5	40.9	40.9
Válidos 1	7	29.2	31.8	72.7
2	6	25.0	27.3	100.0
Total	22	91.7	100.0	
Perdidos Sistema	2	8.3		
Total	24	100.0		

Tabla 16. Frecuencias para GMFCS

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
1	10	41.7	45.5	45.5
2	8	33.3	36.4	81.8
Válidos 3	2	8.3	9.1	90.9
4	2	8.3	9.1	100.0
Total	22	91.7	100.0	
Perdidos Sistema	2	8.3		
Total	24	100.0		

Al considerar los resultados de las escalas de medición y sistemas de clasificación como variables ordinales, el cálculo del coeficiente de correlación de Spearman, otorgó información sobre la existencia de una relación monótonica entre las diferentes variables medidas y su magnitud. En otras palabras, se realizó la **validación concurrente** (o de criterio) de los resultados. La tabla 17 muestra el cálculo de correlaciones no paramétricas para el presente estudio.

Se observa que, para los resultados de SSULF, MAS-codo, MAS-muñeca, MTS-codo, MTS-muñeca, MTS-mano y Lado (afectado/no), existen correlaciones estadísticamente significativas ($p < 0.001$) positivas moderadas a altas en casi todos los casos; las excepciones son las correlaciones de estas variables con BFMF y GMFCS. Por el contrario, los sistemas de clasificación BFMF y GMFCS no presentan coeficientes de correlación estadísticamente significativos con las demás variables.

Los resultados reportados por la escala SSULF (SBB) presentan una correlación alta y estadísticamente significativa ($\rho \geq 0.85$, $p < 0.001$) con los valores de MAS-codo, MTS-codo, MACS y Lado. Un fenómeno similar se aprecia entre las múltiples correlaciones encontradas entre las mediciones de MAS y MTS. Los resultados de MACS tienen una correlación media-alta y estadísticamente significativa ($\rho \geq 0.7$, $p < 0.001$) con SSULF, MAS-codo, MTS-muñeca, MTS-mano y Lado. Con esto, es posible descartar que la relación monótonica observada sea motivo del azar; sin embargo, no se puede asumir una relación de causalidad entre las variables previamente analizadas.

Tabla 17. Coeficientes de Correlación de Spearman para todas las variables ordinales.

			SSULF_Promedio	MAS_Hombro	MAS_Codo	MAS_Muñeca	MAS_Mano	Tardieu_Hombro	Tardieu_Codo	Tardieu_Muñeca	Tardieu_Mano	Bimanual	MACS	Palisano_GMFCS	Lado	
Rho de Spearman	SSULF_Promedio	Coeficiente de correlación	1.000	.736**	.851**	.738**	.536*	.736**	.941**	.738**	.738**	.140	.815**	.047	.832**	
		Sig. (bilateral)	.	.000	.000	.000	.010	.000	.000	.000	.000	.000	.535	.000	.835	.000
		N	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	
MAS_Hombro	MAS_Hombro	Coeficiente de correlación	.736**	1.000	.755**	.543**	.219	1.000**	.770**	.543**	.543**	.543**	-.039	.489*	-.104	.612**
		Sig. (bilateral)	.000	.	.000	.009	.327	.	.000	.009	.009	.009	.865	.021	.644	.002
		N	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	
MAS_Codo	MAS_Codo	Coeficiente de correlación	.851**	.755**	1.000	.801**	.535*	.755**	.906**	.801**	.801**	.801**	.049	.794**	.044	.806**
		Sig. (bilateral)	.000	.000	.	.000	.010	.000	.000	.000	.000	.000	.829	.000	.846	.000
		N	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	
MAS_Muñeca	MAS_Muñeca	Coeficiente de correlación	.738**	.543**	.801**	1.000	.772**	.543**	.778**	.964**	.964**	.964**	-.168	.663**	.110	.725**
		Sig. (bilateral)	.000	.009	.000	.	.000	.009	.000	.000	.000	.000	.456	.001	.627	.000
		N	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	
MAS_Mano	MAS_Mano	Coeficiente de correlación	.536*	.219	.535*	.772**	1.000	.219	.595**	.742**	.742**	.742**	-.009	.675**	-.217	.569**
		Sig. (bilateral)	.010	.327	.010	.000	.	.327	.004	.000	.000	.000	.969	.001	.333	.006
		N	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	
Tardieu_Hombro	Tardieu_Hombro	Coeficiente de correlación	.736**	1.000**	.755**	.543**	.219	1.000	.770**	.543**	.543**	.543**	-.039	.489*	-.104	.612**
		Sig. (bilateral)	.000	.	.000	.009	.327	.	.000	.009	.009	.009	.865	.021	.644	.002
		N	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	
Tardieu_Codo	Tardieu_Codo	Coeficiente de correlación	.941**	.770**	.906**	.778**	.595**	.770**	1.000	.778**	.778**	.778**	.091	.818**	-.061	.766**
		Sig. (bilateral)	.000	.000	.000	.000	.004	.000	.	.000	.000	.000	.686	.000	.787	.000
		N	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	
Tardieu_Muñeca	Tardieu_Muñeca	Coeficiente de correlación	.738**	.543**	.801**	.964**	.742**	.543**	.778**	1.000	1.000**	1.000**	-.168	.707**	.110	.725**
		Sig. (bilateral)	.000	.009	.000	.000	.000	.009	.000	.	.000	.000	.456	.000	.627	.000
		N	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	
Tardieu_Mano	Tardieu_Mano	Coeficiente de correlación	.738**	.543**	.801**	.964**	.742**	.543**	.778**	1.000**	1.000	1.000	-.168	.707**	.110	.725**
		Sig. (bilateral)	.000	.009	.000	.000	.000	.009	.000	.	.000	.000	.456	.000	.627	.000
		N	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	
Bimanual	Bimanual	Coeficiente de correlación	.140	-.039	.049	-.168	-.009	-.039	.091	-.168	-.168	-.168	1.000	.095	-.193	.000
		Sig. (bilateral)	.535	.865	.829	.456	.969	.865	.686	.456	.456	.456	.	.673	.390	1.000
		N	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	
MACS	MACS	Coeficiente de correlación	.815**	.489*	.794**	.663**	.675**	.489*	.818**	.707**	.707**	.707**	.095	1.000	-.107	.847**
		Sig. (bilateral)	.000	.021	.000	.001	.001	.021	.000	.000	.000	.000	.673	.	.635	.000
		N	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	
Palisano_GMFCS	Palisano_GMFCS	Coeficiente de correlación	.047	-.104	.044	.110	-.217	-.104	-.061	.110	.110	.110	-.193	-.107	1.000	.000
		Sig. (bilateral)	.835	.644	.846	.627	.333	.644	.787	.627	.627	.627	.390	.635	.	1.000
		N	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	
Lado	Lado	Coeficiente de correlación	.832**	.612**	.806**	.725**	.569**	.612**	.766**	.725**	.725**	.725**	.000	.847**	.000	1.000
		Sig. (bilateral)	.000	.002	.000	.000	.006	.002	.000	.000	.000	.000	1.000	.000	1.000	.
		N	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

Para medir la consistencia interna de cada conjunto de variables, se utilizó el Alfa de Cronbach; es decir, se calculó la **confiabilidad** de los resultados y, por ende, de cada herramienta como fuente de información sobre el desempeño motor. Para MAS y MTS, se agruparon los resultados de hombro, codo, muñeca y mano, como un mismo conjunto de datos, debido al constructo medido. Al tener solamente una medición de MACS, BFMF y GMFCS, se fueron adicionando a las variables previas (escalas clínicas) para observar si la confiabilidad de los datos (tomados como una sola prueba de desempeño motor) aumentaba. Se realizan todas las combinaciones posibles y se adiciona **SSULF al polinomio con mayor Alfa de Cronbach**; con ello se observa un **incremento máximo en la confiabilidad de los resultados ($\alpha \geq 0.9$)**, generando así la combinación más confiable para poder medir el desempeño motor del miembro superior, al considerar la suma de: suavidad de movimiento y control neuromotor (SSULF), severidad de la espasticidad (MTS), hipertoncicidad (MAS), habilidad para manipular objetos en actividades diarias (MACS), función motora fina (BFMF) y/o función motora gruesa (GMFCS). La tabla 18 resume los cálculos del Alfa de Cronbach para todas las combinaciones y adiciones de variables.

Tabla 18. Cálculos de confiabilidad para todas las variables y sus combinaciones. **Los coeficientes ≥ 0.9 se consideran clínicamente aceptables.**

<i>Combinación</i>	<i>Alfa de Cronbach</i>
MAS (hombro + codo + muñeca + mano)	0.84
MTS (hombro + codo + muñeca + mano)	0.89
<i>MAS + MTS</i>	<i>0.94</i>
MAS + MACS	0.87
MAS + BFMF	0.73
MAS + GMFCS	0.66
MTS + MACS	0.91
MTS + BFMF	0.79
MTS + GMFCS	0.76
MACS + BFMF	0.20
MACS + GMFCS	0.00
BFMF + GMFCS	0.00
<i>MAS + MTS + SSULF</i>	<i>0.95</i>
<i>MAS + MTS + MACS</i>	<i>0.94</i>
MAS + MTS + BFMF	0.91
MAS + MTS + GMFCS	0.89
<i>MAS + MTS + MACS + SSULF</i>	<i>0.95</i>
<i>MAS + MTS + MACS + BFMF</i>	<i>0.92</i>
MAS + MTS + MACS + GMFCS	0.90
MAS + MTS + BFMF + GMFCS	0.86
<i>MAS + MTS + MACS + BFMF + SSULF</i>	<i>0.93</i>
<i>MAS + MTS + MACS + BFMF + GMFCS</i>	<i>0.88</i>
<i>MAS + MTS + MACS + BFMF + GMFCS + SSULF</i>	<i>0.90</i>

Las tablas 19-22 muestran cómo incrementa o decrementa la magnitud del Alfa de Cronbach al eliminar cualquiera de las variables de los polinomios (combinaciones) que resultaron con una mayor confiabilidad (*MAS+MTS+SSULF*, *MAS+MTS+MACS+SSULF*, *MAS+MTS+MACS+BFMF+SSULF* y *MAS+MTS+MACS+BFMF+GMFCS+SSULF*). Se observa que, en general, el efecto más adverso se genera al eliminar SSULF y el más favorable al eliminar MAS-mano, BFMF y/o GMFCS.

Tabla 19. Efectos de eliminación por elemento para combinación MAS + MTS + SSULF

	Media de la escala si se elimina el elemento	Varianza de la escala si se elimina el elemento	Correlación elemento-total corregida	Alfa de Cronbach si se elimina el elemento
SSULF Promedio	4.14	21.076	.882	.927
MAS Hombro	5.27	21.922	.767	.942
MAS Codo	4.86	18.981	.856	.936
MAS Muñeca	5.00	19.810	.861	.935
MAS Mano	5.14	21.838	.583	.949
Tardieu Hombro	5.27	21.922	.767	.942
Tardieu Codo	4.68	16.703	.899	.939
Tardieu Muñeca	5.00	19.810	.861	.935
Tardieu Mano	5.00	19.810	.861	.935

Tabla 20. Efectos de eliminación por elemento para combinación MAS + MTS + MACS + SSULF

	Media de la escala si se elimina el elemento	Varianza de la escala si se elimina el elemento	Correlación elemento-total corregida	Alfa de Cronbach si se elimina el elemento
SSULF Promedio	5.00	27.524	.902	.931
MAS Hombro	6.14	28.695	.745	.947
MAS Codo	5.73	25.160	.865	.940
MAS Muñeca	5.86	26.314	.839	.941
MAS Mano	6.00	28.381	.606	.951
Tardieu Hombro	6.14	28.695	.745	.947
Tardieu Codo	5.55	22.450	.917	.941
Tardieu Muñeca	5.86	26.219	.854	.941
Tardieu Mano	5.86	26.219	.854	.941
MACS	5.55	25.403	.767	.946

Tabla 21. Efectos de eliminación por elemento para combinación MAS + MTS + MACS +BFMF + SSULF

	Media de la escala si se elimina el elemento	Varianza de la escala si se elimina el elemento	Correlación elemento-total corregida	Alfa de Cronbach si se elimina el elemento
SSULF Promedio	6.36	27.576	.914	.910
MAS Hombro	7.50	28.833	.739	.927
MAS Codo	7.09	25.229	.871	.918
MAS Muñeca	7.23	26.565	.816	.921
MAS Mano	7.36	28.528	.600	.930
Tardieu Hombro	7.50	28.833	.739	.927
Tardieu Codo	6.91	22.468	.927	.918
Tardieu Muñeca	7.23	26.470	.831	.921
Tardieu Mano	7.23	26.470	.831	.921
MACS	6.91	25.420	.779	.923
Bimanual	6.41	32.539	-.022	.949

Tabla 22. Efectos de eliminación por elemento para combinación MAS + MTS + MACS +BFMF + GMFCS + SSULF

	Media de la escala si se elimina el elemento	Varianza de la escala si se elimina el elemento	Correlación elemento-total corregida	Alfa de Cronbach si se elimina el elemento
SSULF Promedio	8.18	28.442	.911	.871
MAS Hombro	9.32	29.751	.730	.889
MAS Codo	8.91	25.991	.879	.876
MAS Muñeca	9.05	27.284	.835	.880
MAS Mano	9.18	29.775	.538	.895
Tardieu Hombro	9.32	29.751	.730	.889
Tardieu Codo	8.73	23.446	.902	.873
Tardieu Muñeca	9.05	27.188	.850	.879
Tardieu Mano	9.05	27.188	.850	.879
Bimanual	8.23	33.708	-.064	.915
MACS	8.73	26.589	.733	.884
Palisano (GMFCS)	7.77	32.660	.001	.932

Por último, se realizó la **validación específica de constructo** de las escalas clínicas (MAS, MTS), los sistemas de clasificación (MACS, BFMF, GMFSC) y la herramienta cuantitativa de valoración funcional (SBB-SSULF) al analizar, mediante sus varianzas si existen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.01$) entre las mediciones de los lados afectados y no afectados de todos los sujetos de estudio. La Tabla 23 muestra la validación.

Tabla 23. ANOVA de un factor para las variables, en relación con la lateralidad medida

		<i>Suma de cuadrados</i>	<i>gl</i>	<i>Media cuadrática</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
SSULF Promedio	Inter-grupos	3.682	1	3.682	45.000	.000
	Intra-grupos	1.636	20	.082		
	Total	5.318	21			
MAS_Hombro	Inter-grupos	1.636	1	1.636	12.000	.002
	Intra-grupos	2.727	20	.136		
	Total	4.364	21			
MAS_Codo	Inter-grupos	7.682	1	7.682	30.179	.000
	Intra-grupos	5.091	20	.255		
	Total	12.773	21			
MAS_Muñeca	Inter-grupos	4.545	1	4.545	18.519	.000
	Intra-grupos	4.909	20	.245		
	Total	9.455	21			
MAS_Mano	Inter-grupos	2.227	1	2.227	8.750	.008
	Intra-grupos	5.091	20	.255		
	Total	7.318	21			
Tardieu_Hombro	Inter-grupos	1.636	1	1.636	12.000	.002
	Intra-grupos	2.727	20	.136		
	Total	4.364	21			
Tardieu_Codo	Inter-grupos	13.136	1	13.136	27.788	.000
	Intra-grupos	9.455	20	.473		
	Total	22.591	21			
Tardieu_Muñeca	Inter-grupos	4.545	1	4.545	18.519	.000
	Intra-grupos	4.909	20	.245		
	Total	9.455	21			
Tardieu_Mano	Inter-grupos	4.545	1	4.545	18.519	.000
	Intra-grupos	4.909	20	.245		
	Total	9.455	21			
Bimanual	Inter-grupos	.000	1	.000	.000	1.000
	Intra-grupos	5.091	20	.255		
	Total	5.091	21			
MACS	Inter-grupos	10.227	1	10.227	46.875	.000
	Intra-grupos	4.364	20	.218		
	Total	14.591	21			

	Inter-grupos	.000	1	.000	.000	1.000
Palisano_GMFCS	Intra-grupos	19.273	20	.964		
	Total	19.273	21			

Se observa que para todos los casos donde hay mediciones en ambos lados del sujeto, se reportan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.01$). Por supuesto que en el caso de BFMF y GMFCS es imposible tener un resultado favorable, puesto que la medición es única y no consideran lateralidad. Por ejemplo, para SSULF, la prueba demuestra una diferencia estadísticamente significativa ($F(1,20) = 45$, $p < 0.0001$); esto se puede complementar con un gráfico de las medias, por lado (afectado/no afectado), como lo muestra la figura 2.

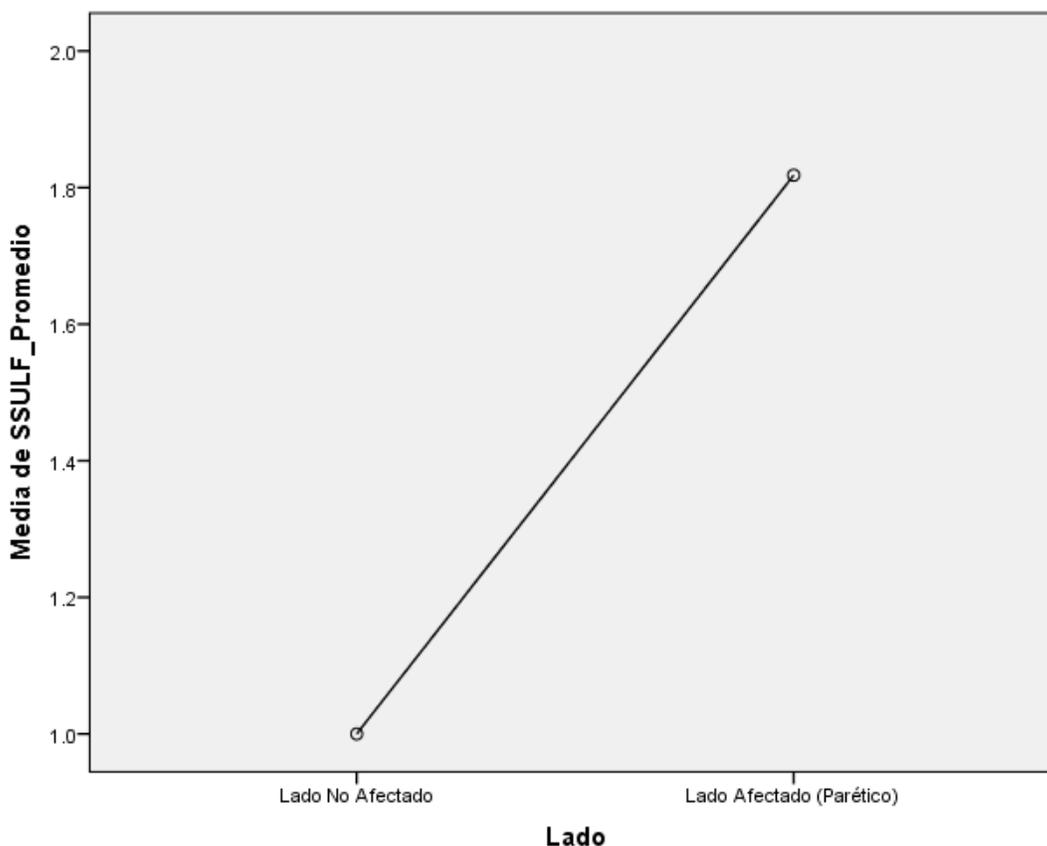


Fig. 2: Gráfico de las medias para SSULF. Se muestran los resultados para los lados afectado (parético) y no afectado, con una diferencia en magnitud entre ellas (se comprueba que hay un menor control neuro-motor para los lados afectados).

Resultados complementarios se obtienen si se modifica el marco de referencia (la variable independiente) a los resultados de SSULF o al GMFCS, mismos que para efectos de este ejercicio, se presumen como un *estándar de oro* por sus múltiples validaciones y amplio uso (respectivamente). Esto se muestra en las tablas 24 y 25.

Tabla 24. ANOVA de un factor tomando SSULF como marco de referencia.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
MAS_Hombro	Inter-grupos	2.364	1	2.364	23.636	.000
	Intra-grupos	2.000	20	.100		
	Total	4.364	21			
MAS_Codo	Inter-grupos	8.858	1	8.858	45.258	.000
	Intra-grupos	3.915	20	.196		
	Total	12.773	21			
MAS_Muñeca	Inter-grupos	4.873	1	4.873	21.275	.000
	Intra-grupos	4.581	20	.229		
	Total	9.455	21			
MAS_Mano	Inter-grupos	2.070	1	2.070	7.890	.011
	Intra-grupos	5.248	20	.262		
	Total	7.318	21			
Tardieu_Hombro	Inter-grupos	2.364	1	2.364	23.636	.000
	Intra-grupos	2.000	20	.100		
	Total	4.364	21			
Tardieu_Codo	Inter-grupos	19.668	1	19.668	134.569	.000
	Intra-grupos	2.923	20	.146		
	Total	22.591	21			
Tardieu_Muñeca	Inter-grupos	4.873	1	4.873	21.275	.000
	Intra-grupos	4.581	20	.229		
	Total	9.455	21			
Tardieu_Mano	Inter-grupos	4.873	1	4.873	21.275	.000
	Intra-grupos	4.581	20	.229		
	Total	9.455	21			
Bimanual	Inter-grupos	.099	1	.099	.399	.535
	Intra-grupos	4.991	20	.250		
	Total	5.091	21			
MACS	Inter-grupos	9.822	1	9.822	41.188	.000
	Intra-grupos	4.769	20	.238		
	Total	14.591	21			
Palisano_GMFCS	Inter-grupos	.076	1	.076	.079	.781
	Intra-grupos	19.197	20	.960		
	Total	19.273	21			

Tabla 25. ANOVA de un factor tomando GMFCS como marco de referencia.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
SSULF_Promedio	Inter-grupos	.043	3	.014	.049	.985
	Intra-grupos	5.275	18	.293		
	Total	5.318	21			
MAS_Hombro	Inter-grupos	.964	3	.321	1.701	.203
	Intra-grupos	3.400	18	.189		
	Total	4.364	21			
MAS_Codo	Inter-grupos	.673	3	.224	.334	.801
	Intra-grupos	12.100	18	.672		
	Total	12.773	21			
MAS_Muñeca	Inter-grupos	.455	3	.152	.303	.823
	Intra-grupos	9.000	18	.500		
	Total	9.455	21			
MAS_Mano	Inter-grupos	.818	3	.273	.755	.534
	Intra-grupos	6.500	18	.361		
	Total	7.318	21			
Tardieu_Hombro	Inter-grupos	.964	3	.321	1.701	.203
	Intra-grupos	3.400	18	.189		
	Total	4.364	21			
Tardieu_Codo	Inter-grupos	.716	3	.239	.196	.897
	Intra-grupos	21.875	18	1.215		
	Total	22.591	21			
Tardieu_Muñeca	Inter-grupos	.455	3	.152	.303	.823
	Intra-grupos	9.000	18	.500		
	Total	9.455	21			
Tardieu_Mano	Inter-grupos	.455	3	.152	.303	.823
	Intra-grupos	9.000	18	.500		
	Total	9.455	21			
Bimanual	Inter-grupos	.691	3	.230	.942	.441
	Intra-grupos	4.400	18	.244		
	Total	5.091	21			
MACS	Inter-grupos	.691	3	.230	.298	.826
	Intra-grupos	13.900	18	.772		
	Total	14.591	21			

Al proponer SSULF como variable independiente, los resultados son los mismos que los mostrados en la Tabla 23; es decir, todas las variables dependientes muestran la capacidad de distinguir entre lado afectado/no afectado de manera estadísticamente significativa ($p < 0.001$), a excepción de BFMF y GMFCS.

Por el contrario, al fijar el valor Palisano como marco de referencia, ninguna variable es capaz de demostrar diferencias entre resultados que se agrupan conforme a las calificaciones del GMFCS. La prueba *post-hoc* de Tukey demuestra que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los niveles medidos por el GMFCS (únicamente del I al IV, para el presente estudio). Esto se muestra en la Tabla 26. Con este supuesto, en otras palabras, las mediciones de suavidad del movimiento, control neuromotor, severidad de la espasticidad, hipertoncicidad, habilidad para manipular objetos en actividades diarias y de función motora fina no tienen diferencias en cualquiera de los grupos del GMFCS, lo cual, en la realidad es incorrecto.

Tabla 26. Tabla de Comparaciones múltiples para prueba post-hoc de Tukey, tomando como referencia los valores de GMFCS.

Variable dependiente	(I) Palisano_GMFCS	(J) Palisano_GMFCS	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
SSULF Promedio	1	2	.025	.257	1.000	-.70	.75
		3	-.100	.419	.995	-1.29	1.09
		4	-.100	.419	.995	-1.29	1.09
	2	1	-.025	.257	1.000	-.75	.70
		3	-.125	.428	.991	-1.33	1.08
		4	-.125	.428	.991	-1.33	1.08
	3	1	.100	.419	.995	-1.09	1.29
		2	.125	.428	.991	-1.08	1.33
		4	.000	.541	1.000	-1.53	1.53
	4	1	.100	.419	.995	-1.09	1.29
		2	.125	.428	.991	-1.08	1.33
		3	.000	.541	1.000	-1.53	1.53
MAS Hombro	1	2	.400	.206	.247	-.18	.98
		3	-.100	.337	.991	-1.05	.85
	4	-.100	.337	.991	-1.05	.85	
	2	1	-.400	.206	.247	-.98	.18

		4	.000	.601	1.000	-1.70	1.70
		1	-.500	.465	.709	-1.82	.82
	4	2	-.500	.475	.722	-1.84	.84
		3	.000	.601	1.000	-1.70	1.70
		2	.400	.206	.247	-.18	.98
	1	3	-.100	.337	.991	-1.05	.85
		4	-.100	.337	.991	-1.05	.85
		1	-.400	.206	.247	-.98	.18
	2	3	-.500	.344	.483	-1.47	.47
		4	-.500	.344	.483	-1.47	.47
Tardieu Hombro		1	.100	.337	.991	-.85	1.05
	3	2	.500	.344	.483	-.47	1.47
		4	.000	.435	1.000	-1.23	1.23
		1	.100	.337	.991	-.85	1.05
	4	2	.500	.344	.483	-.47	1.47
		3	.000	.435	1.000	-1.23	1.23
		2	.375	.523	.889	-1.10	1.85
	1	3	.000	.854	1.000	-2.41	2.41
		4	.000	.854	1.000	-2.41	2.41
		1	-.375	.523	.889	-1.85	1.10
	2	3	-.375	.872	.973	-2.84	2.09
		4	-.375	.872	.973	-2.84	2.09
Tardieu Codo		1	.000	.854	1.000	-2.41	2.41
	3	2	.375	.872	.973	-2.09	2.84
		4	.000	1.102	1.000	-3.12	3.12
		1	.000	.854	1.000	-2.41	2.41
	4	2	.375	.872	.973	-2.09	2.84
		3	.000	1.102	1.000	-3.12	3.12
		2	.000	.335	1.000	-.95	.95
	1	3	.000	.548	1.000	-1.55	1.55
		4	-.500	.548	.798	-2.05	1.05
		1	.000	.335	1.000	-.95	.95
	2	3	.000	.559	1.000	-1.58	1.58
		4	-.500	.559	.808	-2.08	1.08
Tardieu Muñeca		1	.000	.548	1.000	-1.55	1.55
	3	2	.000	.559	1.000	-1.58	1.58
		4	-.500	.707	.893	-2.50	1.50
		1	.500	.548	.798	-1.05	2.05
	4	2	.500	.559	.808	-1.08	2.08
		3	.500	.707	.893	-1.50	2.50

		2	.000	.335	1.000	-.95	.95
1		3	.000	.548	1.000	-1.55	1.55
		4	-.500	.548	.798	-2.05	1.05
		1	.000	.335	1.000	-.95	.95
2		3	.000	.559	1.000	-1.58	1.58
		4	-.500	.559	.808	-2.08	1.08
Tardieu Mano		1	.000	.548	1.000	-1.55	1.55
	3	2	.000	.559	1.000	-1.58	1.58
		4	-.500	.707	.893	-2.50	1.50
		1	.500	.548	.798	-1.05	2.05
4		2	.500	.559	.808	-1.08	2.08
		3	.500	.707	.893	-1.50	2.50
		2	-.100	.235	.973	-.76	.56
1		3	.400	.383	.726	-.68	1.48
		4	.400	.383	.726	-.68	1.48
		1	.100	.235	.973	-.56	.76
2		3	.500	.391	.587	-.60	1.60
		4	.500	.391	.587	-.60	1.60
Bimanual		1	-.400	.383	.726	-1.48	.68
	3	2	-.500	.391	.587	-1.60	.60
		4	.000	.494	1.000	-1.40	1.40
		1	-.400	.383	.726	-1.48	.68
4		2	-.500	.391	.587	-1.60	.60
		3	.000	.494	1.000	-1.40	1.40
		2	-.100	.417	.995	-1.28	1.08
1		3	.400	.681	.935	-1.52	2.32
		4	.400	.681	.935	-1.52	2.32
		1	.100	.417	.995	-1.08	1.28
2		3	.500	.695	.888	-1.46	2.46
		4	.500	.695	.888	-1.46	2.46
MACS		1	-.400	.681	.935	-2.32	1.52
	3	2	-.500	.695	.888	-2.46	1.46
		4	.000	.879	1.000	-2.48	2.48
		1	-.400	.681	.935	-2.32	1.52
4		2	-.500	.695	.888	-2.46	1.46
		3	.000	.879	1.000	-2.48	2.48

Discusión

En la investigación científica, el arte de medir es un componente fundamental a través del cual se busca evaluar estados subjetivos, de forma reproducible y válida. Las escalas clínicas reúnen las observaciones del clínico de manera sistemática, con el objetivo de unificar la visión de los observadores y la evaluación de la respuesta del sujeto de prueba.²¹

El objetivo de un programa de rehabilitación en pacientes con Parálisis Cerebral, es que desarrollen de manera óptima su potencial, reduciendo el grado de limitación y promoviendo la participación en el contexto social del paciente y su familia. La creciente necesidad de justificar recursos para la atención de niños con discapacidad, de medir la efectividad de las intervenciones terapéuticas, y de brindar información específica de los cambios en el desempeño al paciente y/o familiar; hace indispensable la contribución de los clínicos en el proceso de medición del desenlace, haciendo uso de herramientas que hayan mostrado ser relevantes, confiables, válidas y apropiadas para el contexto clínico a evaluar.²²

Los instrumentos de evaluación clínica se clasifican en base a su habilidad para discriminar entre individuos, predecir el estado futuro y evaluar la función y sus cambios en el tiempo o posterior a un tratamiento. Las escalas MAS y MTS, discriminan la presencia y severidad de hipertonia y espasticidad respectivamente.⁷ Sistemas de Clasificación como el MACS y el BFMF, discriminan la habilidad manual y la función motora fina bimanual respectivamente, entre individuos, comparando el sujeto de estudio con otros niños de su edad definidos en la literatura.²² El GMFCS además de discriminar la función motora gruesa entre individuos, tiene la capacidad de predecir no sólo la marcha¹⁶; también la capacidad de bajar escalones, sentarse sin apoyo o sostener la cabeza.²³ Si bien los instrumentos de evaluación previamente comentados evalúan función y actividad, son operador-dependiente y tienen menor sensibilidad para medir cambios percibidos por el paciente o familiar.²⁴ Por este motivo, diversos estudios han preferido el uso de parámetros cinemáticos como medidas primarias de desenlace, para evaluar cuantitativa y objetivamente los movimientos de la extremidad superior, evitando así las desventajas del uso de escalas ordinales, cualitativas, subjetivas.²⁵

Un ejemplo de evaluación cuantitativa es la tecnología robótica, que abarca objetivos tanto terapéuticos como de evaluación. Desde el punto de vista terapéutico, cumple con las recomendaciones basadas en las teorías del aprendizaje motor donde los movimientos repetitivos, dirigidos a objetivos, asistidos a demanda, con una retroalimentación sensorial y un ambiente atractivo; promueven la reorganización de las redes neuronales y el desarrollo motor.²⁵ En cuanto a su capacidad de evaluación, la información obtenida tiene mayor resolución, mejor confiabilidad intra e interobservador respecto a escalas clínicas, y

puede cuantificar algunas métricas físicas (parámetros cinemáticos y de fuerza) que pueden ser útiles para el análisis de la recuperación neurológica. Provee datos necesarios para la evaluación de la capacidad del paciente, el progreso obtenido posterior al tratamiento, necesidades terapéuticas emergentes e incluso se puede utilizar para validar la efectividad de nuevos ejercicios²⁴ o utilizarse como herramienta adicional a las escalas clínicas, para cuantificar el grado de mejoría en el desempeño motor posterior a aplicación de toxina botulínica.²⁶ Sin embargo, la tecnología robótica tiene la desventaja del elevado costo, por lo que se utiliza de manera secundaria como herramienta de evaluación, cuando ya se cuenta con ella como herramienta terapéutica.

En el Instituto Nacional de Rehabilitación LGII, se cuenta con el Laboratorio de Análisis de Movimiento, donde se hace uso de herramientas cuantitativas y objetivas que se utilizan como complemento a las escalas clínicas para la evaluación del desempeño motor de pacientes con Parálisis Cerebral y otras patologías neurológicas.

En el presente trabajo se generó un modelo híbrido, que engloba las contribuciones de las Escalas Clínicas, los Sistemas de Clasificación y el *Sorting Block Box* (usando la escala SSULF), con una confiabilidad muy elevada, apropiada para su uso en el ámbito clínico ($\alpha \geq 0.9$).²¹ Sin embargo, GMFCS y BFMF no mostraron correlación estadísticamente significativa con las demás variables y disminuyeron la confiabilidad cuando fueron sumadas a cualquiera de las variables de los polinomios (combinaciones) que resultaron con una mayor confiabilidad. Además, el GMFCS al ser usado como variable independiente no fue capaz de diferenciar entre resultados agrupados conforme a su calificación. Hay varias posibles explicaciones a este fenómeno: tanto GMFCS como BFMF están diseñadas para calificar el desempeño motor sin diferenciar un hemicuerpo de otro, a diferencia de MAS y MTS, en los cuales se califica cada lado por separado. Si bien el BFMF incluye en su descripción la función motora de cada mano, el puntaje que se otorga va en relación con el producto de la función de ambas manos. En el caso de MACS, aunque evalúa la habilidad habitual del uso cooperativo de ambas manos, hay una correlación entre los grados I-III de MACS y la afección unilateral (un hemicuerpo), a diferencia de la afección bilateral (ambos hemicuerpos), que puede tener cualquier nivel de MACS.²⁷ Se debe tener en cuenta que BFMF tiene únicamente validez de constructo por su alta correlación con MACS. En el caso de GMFCS, se ha reportado que es análogo con MACS solamente en un 52%, por lo que no se pueden utilizar de forma intercambiable sino complementaria, ya que Palisano correlaciona con movilidad y MACS con autocuidado.²⁸ Además en el caso de GMFCS, cada grupo etáreo tiene sus propias descripciones de lo que significa cada nivel, y dichas descripciones son, a *grosso modo*, en base a la capacidad de controlar el cuello, sentarse, caminar y subir escaleras, sin contemplar de manera específica la función de miembros superiores. Otro punto importante es que el GMFCS es el único que no se valoró por el médico rehabilitador que realizó las demás mediciones al momento de la exploración, sino que se obtuvo del expediente clínico, obtenido por una evaluación a

su ingreso, 24-48 horas previas a la realización de las pruebas con el SBB. Además, los únicos pacientes con GMFCS>2 (1 paciente con GMFCS III y 1 paciente con GMFCS IV), estaban postoperados de tenotomías multinivel en ese momento, su GMFCS previo a las tenotomías era de III y I, respectivamente. Por lo previamente mencionado, es esperado que se encuentre correlación entre MAS, MTS, MACS y SSULF, y no se encuentre en BFMF y GMFCS.

Se deben tener en cuenta los posibles sesgos y errores en la aplicación de MACS, BFMF, MAS y MTS. Como ya se comentó previamente, la tonicidad tiene variación con múltiples elementos como el sueño, aferencias vestibulares, intervenciones terapéuticas, entre otros. También se ha descrito una variación en la espasticidad edad-dependiente, con una tendencia al incremento en los primeros cuatro años de vida, y posteriormente un decremento anual de la espasticidad hasta los 12 años.¹ Todo lo previamente mencionado puede influir en la calificación obtenida en MAS y MTS y su correlación con las demás variables. Si bien, ninguno de los instrumentos de evaluación aplicados requiere capacitación, es conveniente tener experiencia para su valoración.⁷ Por un lado, se anula el sesgo de las variaciones inter-observador al ser sólo un evaluador, pero por otro lado; la experiencia del médico rehabilitador en la aplicación de dichos instrumentos al momento de la evaluación era relativamente corta (8 meses de entrenamiento en aplicación de MAS, 2 meses de entrenamiento en MACS y BFMF y 1 semana de entrenamiento en MTS), tomando en cuenta que en general se entiende como experimentado a un médico de edad avanzada y una larga trayectoria en el campo de la evaluación clínica.²¹

Una muestra de mayor tamaño, que permita estratificar por grupos etáreos y grados de función motora; permiten la observación de grupos de estudio más homogéneos, teniendo en cuenta que la confiabilidad y validez no son propiedades fijas e inmutables, sino que varían en función del grupo al que se administra.²¹

Como ya se comentó, las pruebas cualitativas conllevan subjetividad. Sin embargo, la conversación con el paciente y/o su familiar, enriquece la información clínica y la manera en que los pacientes se diferencian unos de otros, independientemente de las propiedades psicométricas de la herramienta aplicada. Por lo que, el error de medición se puede reducir a través de entrenamiento, habilidades de entrevista y, en especial, experiencia clínica.²¹

Conclusión

Se demostró la correlación estadísticamente significativa del SBB y resultados del MACS, MTS, y MAS. Se comprobó que el GMFCS carece de correlación estadísticamente significativa con MACS, BFMF, MTS y MAS. Se observó una elevada confiabilidad del MACS, MTS y MAS en relación al SBB; por el contrario, BFMF y GMFCS disminuyeron la confiabilidad. Se demostró que las mediciones obtenidas con el SBB, MACS, MTS y MAS detectan diferencias estadísticamente significativas entre los lados afectado y no afectado, de los pacientes estudiados.

La mayor confiabilidad ($\alpha=0.95$) se obtuvo con la suma de contribuciones de los instrumentos MAS+MTS+SSULF y MAS+MTS+MACS+SSULF. A través del uso de herramientas heterogéneas (hipertono+espasticidad+habilidad manual+suavidad de movimiento), no redundantes, fáciles de aplicar; se comprueba de forma matemática que el uso del SBB, lejos de buscar reemplazar el uso de otros instrumentos; refuerza su utilidad, y aunque se trate de escalas subjetivas, su conjunción puede crear una herramienta robusta y confiable.

Trabajo futuro

Para complementar los resultados obtenidos en este trabajo, se requiere realizar una validación intraclase ya sea con el mismo médico rehabilitador que realizó las evaluaciones, o con algún otro evaluador. Se necesita ampliar el tamaño de muestra para realizar una estratificación por edades y nivel de afección motora. También es menester medir los cambios del desempeño motor en el tiempo y evaluar las respuestas post-intervención terapéutica.

Limitaciones

El tamaño de la muestra es pequeño (11 pacientes) y el grupo heterogéneo, con diversos grados de afección motora. El tiempo para realizar el estudio es corto, con más tiempo se pueden realizar los componentes faltantes mencionados en el apartado de Trabajo Futuro. El acceso a pacientes se vió limitado por el antecedente de diversas intervenciones terapéuticas que alteran los resultados del estudio. La experiencia del evaluador al momento del estudio es, para todas las herramientas, menor a un año de entrenamiento. Las variaciones de la tonicidad en el tiempo, al ser evaluadas en una sola medición, no necesariamente reflejan la tonicidad promedio del sujeto a evaluar.

Referencias

1. Graham, H.K, Rosenbaum, P, Paneth, N, Dan, B, Lin, J.P. Cerebral Palsy. *Nature Reviews Disease Primers*. 2016;2(15082): 1-2.
2. Eunson, P. Aetiology and epidemiology of cerebral palsy. *Paediatrics and Child Health*. 2016;26(9): 367-368.
3. CENETEC. Guía de Práctica Clínica Abordaje y Manejo del Niño con Parálisis Cerebral Infantil con Comorbilidades Neurológicas y Músculo Esqueléticas. México: Secretaría de Salud, 2010. [Online]. Available from: http://www.cenetec.salud.gob.mx/descargas/gpc/CatalogoMaestro/420_GPC_ParalisisCerebralInfantil/IMSS-420-10-GER_ParalisisCerebralInfantil_CN.pdf [Accessed 19 November 2018].
4. Rosenbaum, P, Paneth, N, Leviton, A, Goldstein, M, Bax, M. A report: the definition and classification of cerebral palsy April 2006. *Dev Med Child Neurol Suppl*. 2007;49(S109): 8-9.
5. Novak, I. Evidence-Based Diagnosis, Health Care, and Rehabilitation for Children With Cerebral Palsy. *Journal of Child Neurology*. 2014;29(8): 1145-1147.
6. Cioni, G, Belmonti, V, Einspieler, C. Early diagnosis and prognosis in cerebral palsy. In: Shepherd, R.B (ed.) *Cerebral Palsy in Infancy: Targeted Activity to Optimize Early Growth and Development*. London: Elsevier Ltd; 2013. p. 182-183.
7. Wallen, M, Stewart, K. Grading and Quantification of Upper Extremity Function in Children with Spasticity. *Semin Plast Surg*. 2016;30(1): 5-13.
8. Jaspers, E, Desloovere, K, Bruyninckx, H, Molenaers, G, Klingels, K. Review of quantitative measurements of upper limb movements in hemiplegic cerebral palsy. *Gait Posture*. 2009;30(4): 395-404.
9. Archivo interno, Instituto Nacional de Rehabilitación “Luis Guillermo Ibarra Ibarra”, Rehabilitación Pediátrica, 2015.
10. Fosang, A.L, Galea, M.P, Mccoy, A.T, Reddiough, D.S, Story, I. Measures of muscle and joint performance in the lower limb of children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*. 2003;45(10): 664-665.
11. Yam, W.K, Leung, M.S. Interrater reliability of Modified Ashworth Scale and Modified Tardieu Scale in children with spastic cerebral palsy. *J Child Neurol*. 2006;21(12): 1031-1035.

12. Eliasson, A.C, Krumlinde-sundholm, L, Rösblad, B, Beckung, E, Arner, M. The Manual Ability Classification System (MACS) for children with cerebral palsy: scale development and evidence of validity and reliability. *Dev Med Child Neurol.* 2006;48(7): 549-554.
13. Öhrvall, A.M, Krumlinde-sundholm, L, Eliasson, A.C. The stability of the Manual Ability Classification System over time. *Dev Med Child Neurol.* 2014;56(2): 185-186.
14. Elvrum, A.K, Andersen, G.L, Himmelmann, K, Beckung, E, Öhrvall, A.M. Bimanual Fine Motor Function (BFMF) Classification in Children with Cerebral Palsy: Aspects of Construct and Content Validity. *Phys Occup Ther Pediatr.* 2016;36(1): 1-2.
15. Palisano, R.J, Rosenbaum, P, Bartlett, D, Livingston, M.H. Content validity of the expanded and revised Gross Motor Function Classification System. *Dev Med Child Neurol.* 2008;50(10): 744-750.
16. Wood, E, Rosenbaum, P. The Gross Motor Function Classification System for Cerebral Palsy: a study of reliability and stability over time. *Dev Med Child Neurol.* 2000;42(5): 292-296.
17. Ansari, N.N, Naghdi, S, Hasson, S, Azarsa, M.H, Asarnia, S. The Modified Tardieu Scale for the measurement of elbow flexor spasticity in adult patients with hemiplegia. *Brain Inj.* 2008;22(13-14): 1009-1010.
18. Pandyan, A.D, Johnson, G.R, Price, C.I, Curless, R.H, Barnes, M.P. A review of the properties and limitations of the Ashworth and modified Ashworth Scales as measures of spasticity. *Clin Rehabil.* 1999;13(5): 373-374.
19. Palisano, R. CanChild. [Online]. Available from: https://www.canchild.ca/system/tenon/assets/attachments/000/000/079/original/GMFCS-ER_Translation-Spanish.pdf [Accessed 25 November 2018].
20. Quijano Y. Upper Limb Functional Assessment for children with Cerebral Palsy using the Sorting Block Box [Tesis Doctoral]. Atizapán de Zaragoza (Edo. de Méx): Instituto Tecnológico de Monterrey; 2016. 144 p.
21. Streiner, D.L, Norman, G.R, Cairney, J. *Health Measurement Scales a practical guide to their development and use.* (5th ed.). United Kingdom: Oxford University Press; 2015.
22. Damiano, D, Graham, H.K, Rosenbaum, P, Boyd, R.N, Bax, M. *Management of the Motor Disorders of Children with Cerebral Palsy.*(2nd ed.). London: Mac Keith Press; 2004.
23. Rosenbaum, P.L, Walter, S.D, Hanna, S.E, Palisano, R.J, Russell, D.J. Prognosis for gross motor function in cerebral palsy: creation of motor development curves. *JAMA.* 2002;18(11): 1357-1363.

24. Peri, E, Bififi, E, Maghini, C, Servodio iammarrone, F, Gagliardi, C. Quantitative Evaluation of Performance during Robot-assisted Treatment. *Methods Inf Med.* 2016;55(1): 84-88.
25. Gilliaux, M, Renders, A, Dispa, D, Holvoet, D, Sapin, J. Upper limb robot-assisted therapy in cerebral palsy: a single-blind randomized controlled trial. *Neurorehabil Neural Repair.* 2015;29(2): 183-192.
26. Frascarelli, F, Masia, L, Di rosa, G, Petrarca, M, Cappa, P. Robot-mediated and clinical scales evaluation after upper limb botulinum toxin type A injection in children with hemiplegia. *J Rehabil Med.* 2009;41(12): 988-994.
27. Klevberg, G.L, Østensjø, S, Krumlinde-sundholm, L, Elkjær, S, Jahnsen, R.B. Hand Function in a Population-Based Sample of Young Children with Unilateral or Bilateral Cerebral Palsy. *Phys Occup Ther Pediatr.* 2017;37(5): 528-540.
28. Öhrvall, A.M, Eliasson, A.C, Löwing, K, Ödman, P, Krumlinde-sundholm, L. Self-care and mobility skills in children with cerebral palsy, related to their manual ability and gross motor function classifications. *Dev Med Child Neurol.* 2010;52(11): 1048-1055.

Anexo 1: Carta de consentimiento informado



CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

NOMBRE DEL PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN:

SORTING BLOCK BOX: DISPOSITIVO PARA LA VALORACIÓN FUNCIONAL DEL MIEMBRO SUPERIOR (ETAPA 1)

TIPO DE INVESTIGACIÓN: TECNOLÓGICA

EN LA CIUDAD DE MÉXICO, DISTRITO FEDERAL, SIENDO LAS ____ HORAS DEL DÍA ____ DE _____ DE _____, ESTANDO PRESENTES EN EL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE MOVIMIENTO DEL INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN, SITAS EN CALZADA MÉXICO XOCHIMILCO NÚMERO DOSCIENTOS OCHENTA Y NUEVE, CUERPO IX, PISO 7, COLONIA ARENAL DE GUADALUPE, DELEGACIÓN TLALPAN, CÓDIGO POSTAL CATORCE MIL TRESCIENTOS OCHENTA Y NUEVE, MÉXICO, DISTRITO FEDERAL, LA DRA. MARÍA ELENA ARELLANO, DE REHABILITACIÓN PEDIÁTRICA, LA M. EN C. IVETT QUIÑONES, JEFE DE SERVICIO, Y EL C. _____, PADRE O TUTOR DEL (LA) MENOR DE NOMBRE _____, CON EL OBJETO DE DAR A CONOCER TANTO EL PROTOCOLO **SORTING BLOCK BOX: DISPOSITIVO PARA LA VALORACIÓN FUNCIONAL DEL MIEMBRO SUPERIOR**, CUYAS CARACTERÍSTICAS SE MENCIONAN A CONTINUACIÓN, COMO LA PRESENTE CARTA DE CONSENTIMIENTO E INFORMAR EN QUÉ CONSISTIRÁ LA PARTICIPACIÓN DEL (LA) MENOR MENCIONADO (A).

OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN:

Realizar la validación del Sorting Block Box (SBB), al estudiar sus atributos y compararlos con dispositivos de captura de movimiento de miembros superiores clínicamente probados que cumplen funciones equivalentes, completando pruebas experimentales preliminares con grupos pequeños de infantes sanos utilizando el dispositivo, en conjunto con las siguientes escalas de valoración clínicas: escala MACS, escala Bimanual, escala de Ashworth Modificada y escala de Tardieu.

JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN:

Se justifica se desarrolle este proyecto, debido a que el Sorting Block Box es un dispositivo nuevo, y antes de utilizar cualquier sistema de medición nuevo, éste tiene que ser validado con sistemas conocidos para saber si las mediciones hechas son correctas.

LA PARTICIPACIÓN DEL (LA) MENOR CONSISTIRÁ EN:

La participación de su hijo es VOLUNTARIA y consiste en lo siguiente: su hijo deberá presentarse en el Laboratorio de Análisis de Movimiento (7mo Piso, Torre de Investigación), donde será medido y pesado. Posteriormente un médico le practicará las 4

escalas clínicas para medir funcionalidad del miembro superior, todas estas **sin riesgo, sin molestias y sin dolor**. Posteriormente, se le colocará en la muñeca un brazalete instrumentado **sin riesgo, sin molestias y sin dolor**, que cuenta con un acelerómetro para medir cambios en la aceleración del miembro superior durante la prueba, el cual no produce **ninguna molestia, ni abrasión en la piel**. Su hijo deberá realizar una tarea de llenado y vaciado de piezas de madera del dispositivo “Sorting Block Box” (SBB).

Las escalas clínicas para medir funcionalidad del miembro superior son: escala MACS, que mide la capacidad de manipulación de objetos; escala Bimanual, que mide la capacidad de manipulación fina de objetos con ambas manos; escala de Ashworth, que mide la tonicidad muscular; y escala de Tardieu, que mide el nivel de espasticidad. Estas escalas son las pruebas alternativas que existen al dispositivo SBB, por lo que a mi hijo se le evaluará con los sistemas validados y reconocidos clínicamente. Su hijo estará monitoreado por el médico rehabilitador durante todo el proceso de evaluación.

El Sorting Block Box es un dispositivo desarrollado en el Departamento de Bioingeniería del Imperial College de Londres, consta de un tablero con huecos de diferentes formas geométricas (cuadro, triángulo, círculo, rectángulo) y 4 piezas de madera que deben ser colocadas en sus respectivos espacios; dicho tablero tiene por dentro diversos sensores que detectan la fuerza del movimiento y si la pieza está o no en su lugar, además de mandar de manera paralela esta información por medio de una tarjeta de adquisición de datos, a una computadora. Tomando el diseño del Imperial College, en el Laboratorio de Bioingeniería Aplicada del ITESM CEM, se diseñaron piezas y tablero instrumentados similares agregando un sensor inercial de 6 grados de libertad (IMU), colocado en una muñequera donde se obtienen, de manera inalámbrica (vía Bluetooth), señales de la aceleración y giro para la muñeca que realiza los movimientos. Este segundo prototipo es el que será utilizado en el presente proyecto.

TIEMPO DE PARTICIPACIÓN DEL (LA) MENOR:

Las pruebas se llevarán a cabo en un solo día con una duración aproximada de una hora.

BENEFICIOS:

El participar en este proyecto de investigación le ofrece a su hijo el beneficio de obtener una valoración cuantitativa del funcionamiento de sus miembros superiores, además, estará participando en el desarrollo de un importante avance en el campo de la investigación tecnológica y clínica dedicada a las personas con Parálisis Cerebral. Para recibir los resultados de la evaluación deberá mandar un correo electrónico a amov@inr.gob.mx donde se le asignará una cita para la entrega y retroalimentación de éstos.

RIESGOS:

No existe ningún riesgo por participar en esta serie de pruebas y tampoco se identifican complicaciones relacionadas con utilizar el SBB, ya que en su estructura es un dispositivo similar a los juguetes para niños de 2 años en adelante donde seleccionan hasta 10 figuras de diferentes formas y los hacen coincidir con su par en un hueco situado en un cubo de madera o plástico.

PROCEDIMIENTOS ALTERNATIVOS:

No existen procedimientos alternativos asociados a este protocolo.

COMPENSACIONES ECONÓMICAS:

No habrá remuneración económica por la participación en el proyecto.

CONFIDENCIALIDAD:

La participación de su hijo es ANÓNIMA y CONFIDENCIAL, los registros obtenidos serán identificados a través de un número de expediente y todos los datos serán utilizados solo con fines de investigación. También se tomará material fotográfico y visual que será utilizado, para propósitos científicos y de enseñanza, siempre conservando la confidencialidad de su hijo, por lo que no habrá remuneración alguna por el uso y publicación de los mismos.

GASTOS: TODOS LOS GASTOS QUE SE ORIGINEN A PARTIR DEL MOMENTO EN QUE, VOLUNTARIAMENTE, USTED ACEPTA Y AUTORIZA LA PARTICIPACIÓN DEL (LA) MENOR EN EL PRESENTE PROTOCOLO **SORTING BLOCK BOX: DISPOSITIVO PARA LA VALORACIÓN FUNCIONAL DEL MIEMBRO SUPERIOR** Y QUE SE GENEREN POR SU PARTICIPACIÓN EN LA INVESTIGACIÓN, NO OCASIONARÁN NINGUNA EROGACIÓN PARA USTED.

SITUACIONES POR LAS CUÁLES PODRÁ SUSPENDERSE LA PARTICIPACIÓN EN EL PROTOCOLO:

En virtud de que la participación es única, no existen situaciones por las cuales podrá suspenderse la participación de su hijo en el protocolo. Sin embargo, aunque el padre o tutor haya autorizado la participación del (la) menor y haya firmado el Consentimiento Informado, si no es deseo del (la) menor participar, no se le obligará a hacerlo, por lo que se suspenderá su participación en el estudio.

INDEMNIZACIÓN:

Debido a que no existe ningún riesgo relacionado con la participación en este protocolo, no existe un pago por indemnización asociado a éste.

TIENE EL DERECHO DE RECIBIR RESPUESTA POR PARTE DE LA INVESTIGADORA PRINCIPAL, ASÍ COMO DE LOS PARTICIPANTES EN EL PROTOCOLO, CUYOS NOMBRES, DIRECCIONES Y NÚMEROS TELEFÓNICOS SE ENCUENTRAN AL FINAL DE LA PRESENTE CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO, A CUALQUIER PREGUNTA, ACLARACIÓN O DUDA, ACERCA DE LOS PROCEDIMIENTOS, RIESGOS, BENEFICIOS Y OTROS ASPECTOS RELACIONADOS CON LA INVESTIGACIÓN Y LA PARTICIPACIÓN DEL (LA) MENOR, LA CUAL PODRÁ SOLICITAR EN CUALQUIER MOMENTO.

YO _____, NACIDO (A) EN _____, EN MI CARÁCTER DE PADRE O TUTOR DEL (LA) MENOR DE NOMBRE _____ Y EDAD _____, BAJO PROTESTA DE DECIR VERDAD MANIFIESTO QUE FUI INFORMADO (A) DEL PROPÓSITO Y TIEMPO DE PARTICIPACIÓN DEL (LA) MENOR EN EL PROTOCOLO ARRIBA MENCIONADO, CON NÚMERO DE REGISTRO 45/15, CON LAS

CARACTERÍSTICAS SEÑALADAS, Y EN PLENO USO DE MIS FACULTADES, ES MI VOLUNTAD AUTORIZAR QUE MI MENOR HIJO (A), PARTICIPE EN EL PROTOCOLO **SORTING BLOCK BOX: DISPOSITIVO PARA LA VALORACIÓN FUNCIONAL DEL MIEMBRO SUPERIOR**.

NO OMITO MANIFESTAR QUE HE SIDO INFORMADO (A) CLARA, PRECISA Y AMPLIAMENTE, RESPECTO DEL PROCEDIMIENTO DEL PROTOCOLO **SORTING BLOCK BOX: DISPOSITIVO PARA LA VALORACIÓN FUNCIONAL DEL MIEMBRO SUPERIOR**, ASÍ COMO DE LOS RIESGOS A LOS QUE ESTARÁ EXPUESTO EL (LA) MENOR, YA QUE DICHO PROCEDIMIENTO ES CONSIDERADO DE **BAJO RIESGO**.

SE ME HA INFORMADO QUE AUNQUE YO HAYA AUTORIZADO LA PARTICIPACIÓN DE MI HIJO(A)/MENOR EN EL PROTOCOLO **SORTING BLOCK BOX: DISPOSITIVO PARA LA VALORACIÓN FUNCIONAL DEL MIEMBRO SUPERIOR**, Y HAYA FIRMADO LA CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO, SI NO ES EL DESEO DE MI HIJO (A) PARTICIPAR EN EL ESTUDIO, NO SE LE OBLIGARÁ.

HE LEÍDO Y COMPRENDIDO LA INFORMACIÓN ANTERIOR, Y TODAS MIS PREGUNTAS HAN SIDO RESPONDIDAS DE MANERA CLARA Y A MI ENTERA SATISFACCIÓN, POR PARTE DE _____, ASÍ MISMO SE ME INFORMÓ QUE EN CASO DE REQUERIR LOS RESULTADOS DE LA PRESENTE INVESTIGACIÓN, LOS OBTENDRÉ AL CONCLUIR EL PROTOCOLO Y CUANDO YA SEA DEL DOMINIO PÚBLICO, A TRAVÉS DEL CORREO ELECTRÓNICO amov@inr.gob.mx, DE LA MISMA MANERA QUE ME FUERON ENTREGADOS LOS RESULTADOS DE MI HIJO.

LA PRESENTE CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA REALIZAR EL PROTOCOLO **SORTING BLOCK BOX: DISPOSITIVO PARA LA VALORACIÓN FUNCIONAL DEL MIEMBRO SUPERIOR** ME FUE ENTREGADA CON EL TIEMPO SUFICIENTE PARA SER LEÍDA Y COMPRENDIDA.

ASIMISMO, MANIFIESTO QUE ME FUERON ENTREGADOS DIVERSOS DOCUMENTOS (DÍPTICOS, TRÍPTICOS, FOLLETOS, ETC.), CON INFORMACIÓN DE LAS ESCALAS CLÍNICAS QUE SERÁN APLICADAS A MI HIJO/MENOR Y DE LAS TAREAS QUE DEBERÁ REALIZAR DURANTE EL PROTOCOLO, LOS CUALES HE LEÍDO Y COMPRENDIDO.

SE HIZO DE MI CONOCIMIENTO QUE TENGO EL DERECHO A RETIRAR LA PARTICIPACIÓN DE MI MENOR HIJO (A) EN EL PROTOCOLO MENCIONADO EN CUALQUIER MOMENTO Y SIN NECESIDAD DE DAR EXPLICACIÓN.

ME HAN INFORMADO QUE DEBO FIRMAR LA PRESENTE CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA QUE LOS INVESTIGADORES SE ENCUENTREN EN POSIBILIDAD DE INICIAR Y REALIZAR EL PROTOCOLO **SORTING BLOCK BOX: DISPOSITIVO PARA LA VALORACIÓN FUNCIONAL**

DEL MIEMBRO SUPERIOR, DICHA CARTA SE ELABORA POR DUPLICADO ENTREGÁNDOME UN EJEMPLAR DE LA MISMA

EL PARTICIPAR EN ESTE ESTUDIO NO REPRESENTA NINGÚN RIESGO PARA MI HIJO, SIN EMBARGO, EN CASO DE QUE YO TENGA ALGUNA DUDA RELACIONADA CON ESTE ESTUDIO DURANTE EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN Y COMO RESULTADO DE LA PARTICIPACIÓN DE MI HIJO/MENOR EN EL ESTUDIO, PODRÉ COMUNICARME CON LOS RESPONSABLES DEL PROYECTO:

Responsables del proyecto:

Por Investigación Tecnológica, Laboratorio de Análisis de Movimiento: M. en C. Ivett Quiñones Torre de investigación, 7° piso. Jefe de servicio del Laboratorio de Análisis de Movimiento Tel. 59 99 1000 x 19801, 19702 amovimiento@inr.gob.mx	Por Rehabilitación Pediátrica Dra. María Elena Arellano Saldaña Tel. 59 99 1000 x 13504 3° Piso, edificio de Rehabilitación
M. en C. Ana Moreno Hernández Torre de investigación, 7° piso. Ing. Lidia Núñez Carrera Tel. 59 99 1000 x 19801 amovimiento@inr.gob.mx	

Instituto Nacional de Rehabilitación. Av. México Xochimilco 289 col. Arenal de Guadalupe, Tlalpan, CP. 14389

NOMBRE Y FIRMA DEL PADRE O TUTOR		FIRMA DEL INVESTIGADOR PRINCIPAL
QUIEN SE IDENTIFICA CON		<input type="checkbox"/> M. en C. Ivett Quiñones
		<input type="checkbox"/> Dra. María Elena Arellano Saldaña
TELÉFONO		
DIRECCIÓN		
e-mail		

NOMBRE Y FIRMA DEL PARTICIPANTE		
TELÉFONO		
DIRECCIÓN		
TESTIGOS:		
NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA
QUIEN SE IDENTIFICA CON		QUIEN SE IDENTIFICA CON
TELÉFONO		TELÉFONO
DIRECCIÓN		DIRECCIÓN

Nota: Los datos personales contenidos en la presente Carta de Consentimiento Informado, son considerados confidenciales de conformidad con lo dispuesto por los artículos 3, fracción II; 18, fracción II y 21 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública Gubernamental, por lo que la información confidencial proporcionada será utilizada exclusivamente para propósitos científicos y de enseñanza, siempre conservando la confidencialidad.

Anexo 2: Ficha clínica



PROTOCOLO DE MEDICIÓN SBB-MARCHA-BALANCE

INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN
División de Investigación Tecnológica
Laboratorio de Análisis de Movimiento

Ficha de identificación

Ciudad de México a: _____

Datos del paciente:

Proyecto
INR: 45/15

No. Carnet	
No. Registro	SBB-
Etapa	(1)___ (2)___ (3)___

Apellido Paterno	Apellido Materno	Nombre (s)
------------------	------------------	------------

mm/dd/aaaa
Fecha de nacimiento

Edad (años)	
Talla (cm)	
Peso (kg)	
Género	

Dirección:	Email:
Teléfonos:	Padre, Madre o Tutor:

Antropometría	Der. (cm)	Izq. (cm)	Diagramas de mediciones antropométricas
Longitud de piernas <small>Superficie superior del trocánter mayor al piso por debajo del maléolo lateral</small>			
Longitud de brazos <small>Del acromion al epicóndilo lateral</small>			
Longitud de antebrazos <small>Epicóndilo lateral al extremo distal del radio</small>			
Longitud de manos <small>Línea media del estiloides al tercio proximal de la tercera primera falange del dedo medio</small>			

Diagnóstico y observaciones:

Escalas clínicas

Ashworth modificada	<i>Hombro</i>	<i>Codo</i>	<i>Muñeca</i>	<i>Mano</i>
Derecho				
Izquierdo				
Observaciones:				
Tardieu	<i>Hombro</i>	<i>Codo</i>	<i>Muñeca</i>	<i>Mano</i>
Derecho				
Izquierdo				
Observaciones:				
Bimanual:	Miembro derecho	Miembro izquierdo		
Observaciones:				
MACS:	Miembro derecho	Miembro izquierdo		
Observaciones:				

Observaciones clínicas:

--

Médico:

Nombre:	
Firma:	

Anexo 3: Traducción al castellano del GMFCS



CanChild Centre for Childhood Disability Research
Institute for Applied Health Sciences, McMaster University,
1400 Main Street West, Room 408, Hamilton, ON, Canada L8S 1C7
Tel: 905-525-9140 ext. 27850 Fax: 905-522-6095
E-mail: canchild@mcmaster.ca Website: www.canchild.ca

GMFCS – E & R **Clasificación de la Función Motora Gruesa** **Extendida y Revisada**

GMFCS - E & R © 2007 CanChild Centre for Childhood Disability Research, McMaster University
Robert Palisano, Peter Rosenbaum, Doreen Bartlett, Michael Livingston

GMFCS © 1997 CanChild Centre for Childhood Disability Research, McMaster University
Robert Palisano, Peter Rosenbaum, Stephen Walter, Dianne Russell, Ellen Wood, Barbara Galuppi
(Reference: Dev Med Child Neurol 1997; 39:214-223)

Traducción realizada por: I. Tamara Arellano Martínez (contacto: iarellano@inr.gob.mx), Carlos P. Vitais Labafino y M. Elena Arellano Saldaña; Servicio de Parálisis Cerebral y Estimulación Temprana del Instituto Nacional de Rehabilitación, Ciudad de México, México.

Agradecimientos: para Karina, Nora y Mónica A. M. por su ayuda en el proceso de traducción y corrección de este trabajo.

INTRODUCCIÓN E INSTRUCCIONES DE USO

El sistema de la clasificación de la función motora gruesa (GMFCS) para la parálisis cerebral está basado en el movimiento auto-iniciado por el paciente con énfasis en la sedestación (control del tronco), las transferencias y la movilidad. Para definir el sistema de clasificación de cinco niveles, nuestro principal criterio es que la diferencia entre cada uno de estos niveles sea significativo para la vida diaria. Estas diferencias se basan en las limitaciones funcionales, la necesidad de uso de dispositivos auxiliares de la marcha (muletas, bastones, andadores) o de movilidad con movilidad sobre ruedas (sillas de ruedas manuales o eléctricas, autopropulsadas o no) más que en la calidad del movimiento. Las diferencias entre los niveles I y II no son tan marcadas entre los otros niveles, particularmente para los niños menores de 2 años.

La versión expandida de la GMFCS (2007) incluye la clasificación de pacientes en un rango de edad entre los 12 y los 18 años y en los que se enfatizan los conceptos inherentes a la clasificación internacional de funciones, discapacidad y salud (ICF). Alentamos a los usuarios de esta escala para que el paciente manifieste o reporte el impacto del **ambiente** y los **factores personales** que afecten su función. El objetivo de la GMFCS es determinar cuál nivel representa mejor las **habilidades y limitaciones del niño/joven sobre su funcionamiento motor grueso**. El énfasis de esta clasificación se basa en el desempeño habitual que tiene el niño/joven en el hogar, la escuela y lugares en la comunidad, en lugar de hacerlo en lo que se supone que niños/jóvenes lograrían realizar al máximo de sus capacidades o habilidades. Por lo tanto, es importante clasificar el desempeño actual de la función motora gruesa y no incluir juicios acerca de la calidad del movimiento o pronóstico de mejoramiento.

En el grupo de edad de niños mayores de seis años, en cada nivel se define cuál es el método de movilidad más característico de cada uno de ellos para la ejecución de la función motora como la característica más importante de la clasificación. La descripción de las habilidades funcionales y las limitaciones propias de cada grupo de edad son amplias y no es la intención de esta escala describir cada aspecto de la función del niño o el joven, se alienta a los usuarios de la escala que se interrogue al niño-joven sobre el impacto que tengan los aspectos y

ambientales que afecte su función. Por ejemplo, un niño con hemiparesia no es capaz de gatear o de arrastrarse, sin embargo continúa perteneciendo al nivel I si satisface las características de este nivel. Esta es una escala ordinal, por lo que se clasifica de la misma manera a los niños como a los jóvenes y se conserva el mismo número de niveles para cada grupo de edad intentando que en cada grupo se describa de manera fidedigna la función motora gruesa. El resumen de las características de cada nivel y las diferencias entre los niveles permite guiar la selección del nivel más cercano a las características de cada niño/joven.

Se reconoce que las manifestaciones de la función motora gruesa son dependientes de la edad, particularmente en la infancia y la niñez. Para cada nivel, existe una descripción diferente de acuerdo a grupo de edad. En los niños menores de dos años, se debe considerar la edad corregida si estos son niños pre-término. Las descripciones para los niños de 6-12 años y de 12-18 años reflejan el impacto potencial de factores ambientales (distancias en la escuela y la comunidad) así como factores personales (demanda energética y preferencias sociales) sobre los métodos de movilidad.

Se ha realizado un esfuerzo para enfatizar las habilidades en lugar de las limitaciones. Como principio general; la función motora gruesa que realizan los niños o jóvenes debe describir el nivel que lo clasifica o el grupo superior a este, en caso de no cumplir con dichas actividades se clasifica en el grupo debajo del nivel de función en el que inicialmente se había colocado.

DEFINICIONES OPERATIVAS

Grúa o andador con soporte de peso: dispositivo para movilidad que sujeta la pelvis y el tronco, el niño/joven debe ser colocado en el andador por otra persona.

Dispositivo manual auxiliar de la marcha: bastones, muletas, andadores de apertura anterior o posterior, no soportan el peso del tronco durante la marcha.

Asistencia física: persona que asiste manualmente al niño/joven para moverlo.

Movilidad eléctrica o motorizada: el niño/joven activa controles eléctricos con un control de mando (switch) o palanca (joystick) lo que le permite una movilidad independiente (sillas de ruedas, scooters).

Silla de ruedas manual o autopropulsada: el niño/joven es capaz de utilizar los brazos, las manos o los pies para propulsar las ruedas y lograr un desplazamiento.

Transportador: una persona empuja el dispositivo de movilidad (silla de ruedas, carriolas) para desplazar al niño/joven de un lugar a otro.

Marcha independiente: niño/joven que no necesita de asistencia física o de un dispositivo de movilidad para su desplazamiento. Puede utilizar órtesis.

Movilidad sobre ruedas: cualquier tipo de dispositivo que permite la movilidad (carriolas, silla de ruedas manual o motorizada).

GENERALIDADES DE CADA NIVEL

- | | | |
|-----------|---|--|
| NIVEL I | - | Camina sin restricciones |
| NIVEL II | - | Camina con limitaciones |
| NIVEL III | - | Camina utilizando un dispositivo manual auxiliar de la marcha |
| NIVEL IV | - | Auto-movilidad limitada, es posible que utilice movilidad motorizada |
| NIVEL V | - | Transportado en silla de ruedas |

DIFERENCIAS ENTRE LOS NIVELES

Diferencias entre los niveles I y II: comparados contra los niños y jóvenes del grupo I, los pacientes del grupo II tienen limitaciones para caminar largas distancias y mantener el equilibrio; es posible que necesiten un dispositivo manual para auxiliar la marcha cuando recién inicia el aprendizaje de la actividad, pueden utilizar dispositivos con ruedas para viajar largas distancias, en exteriores o en la comunidad, para subir y bajar escaleras necesitan de puntos de apoyo con el pasamanos, no son tan capaces de correr o saltar.

Diferencias entre los niveles II y III: los niños y jóvenes del nivel II son capaces de caminar sin necesidad de dispositivos manuales auxiliares de la marcha después de los cuatro años de edad (aunque algunas veces deseen utilizarlo). Niños y jóvenes del nivel III necesitan el dispositivo manual auxiliar de la marcha dentro de espacios interiores y silla de ruedas para espacios exteriores y en la comunidad.

Diferencias entre los niveles III y IV: niños y jóvenes del nivel III pueden sentarse por sí mismos o requerir auxilio mínimo de manera ocasional, son capaces de caminar con un dispositivo manual auxiliar de la marcha y son más independientes para las transferencias en bipedestación. Niños y jóvenes del nivel IV pueden moverse de forma limitada, se mantienen sentados con apoyo y habitualmente son transportados en silla de ruedas manual o eléctrica.

Diferencias entre los niveles IV y V: niños y jóvenes del nivel V tienen limitaciones severas para el control de la cabeza y el tronco y requieren de grandes recursos tecnológicos para asistirlos. La auto-movilidad se realiza solo si el paciente es capaz de aprender a usar una silla de ruedas eléctrica.

Clasificación de la Función Motora Gruesa – Extendida y Revisada (GMFCS – E & R)

ANTES DE LOS 2 AÑOS

NIVEL I: el niño se mueve desde y hacia la posición de sentado y se sienta en el suelo libremente, y puede manipular objetos con las dos manos. Se arrastra o gatea sobre manos y rodillas, empuja con los brazos para colocarse en bipedestación y realiza marcha sujetándose de los muebles. Habitualmente logran la marcha entre los 18 meses y los 2 años de edad sin necesitar un dispositivo manual auxiliar de la marcha.

NIVEL II: el niño se mantiene sentado en el suelo pero utiliza las manos para apoyarse y mantener el equilibrio. Se arrastra sobre el estómago o gatea con manos y rodillas, empuja con los brazos para colocarse en bipedestación y realiza marcha sujetándose de los muebles.

LEVEL III: el niño se mantiene sentado en el suelo con soporte en la región lumbar. Se rueda y logra arrastrarse boca abajo y hacia adelante.

NIVEL IV: el niño controla la cabeza pero requiere soporte en el tronco para mantenerse sentado. Rueda en decúbito supino y pueden rodar a decúbito prono.

NIVEL V: gran limitación del control voluntario. Son incapaces de sostener la cabeza y el tronco en posiciones anti-gravitatorias en prono y en posición de sentado. Requieren asistencia para rodar.

ENTRE LOS 2 Y LOS 4 AÑOS

NIVEL I: el niño se mantiene sentado en el suelo y es capaz de manipular objetos con las dos manos. No requieren asistencia de un adulto para pararse y sentarse. El niño camina, como método preferido de movilidad sin necesidad de un dispositivo manual auxiliar de la marcha.

NIVEL II: el niño se mantiene sentado en el suelo pero puede tener dificultad para mantener el equilibrio si utiliza las dos manos para manipular objetos, no requiere la asistencia de un adulto para sentarse y levantarse. Se empuja con las manos para colocarse de pie sobre una superficie estable. El niño gatea con movimiento recíproco de sus manos y rodillas, camina

sujetándose de los muebles o con un dispositivo manual auxiliar de la marcha como método preferido de movilidad.

NIVEL III: el niño se mantiene sentado frecuentemente en posición de "W" (flexión y rotación interna de caderas y rodillas), y puede que requiera de la asistencia de un adulto para sentarse. Se arrastra sobre su estómago o gatea sobre sus manos y rodillas (a menudo sin movimiento recíproco de las piernas como método primario de auto-movilidad). El niño empuja sobre una superficie estable para colocarse de pie, puede caminar distancias cortas con un dispositivo manual auxiliar de la marcha en espacios interiores, requieren asistencia de un adulto para cambiar de dirección y girar.

NIVEL IV: al niño se le tiene que sentar, es incapaz de mantener la alineación y el equilibrio sin utilizar las manos para apoyarse. Frecuentemente requiere equipo para adaptar y mantener la posición de sentado y de bipedestación. La auto-movilidad en distancias cortas (en el interior de una habitación) lo realiza rodando, arrastrándose sobre el estómago o gateando sobre sus manos y rodillas sin movimiento recíproco de las piernas.

NIVEL V: existe una limitación severa del movimiento voluntario y el niño es incapaz de sostener la cabeza y el tronco en posiciones anti-gravitatorias, toda función motora es limitada. Las limitaciones para sentarse y ponerse de pie no son compensadas con el uso de dispositivos tecnológicos y el niño no tiene una forma de movimiento independiente y tiene que ser transportado. Algunos niños pueden utilizar una silla de ruedas eléctrica con grandes adaptaciones.

ENTRE LOS 4 Y 6 AÑOS

NIVEL I: el niño es capaz de sentarse o levantarse de una silla o del suelo sin necesidad de utilizar las manos para apoyarse. El niño es capaz de caminar en interiores y exteriores, sube escaleras. Puede intentar saltar y correr.

NIVEL II: el niño se mantiene sentado en una silla con las manos libres para manipular objetos. Puede levantarse desde el suelo y de una silla para ponerse de pie pero frecuentemente necesita de una superficie estable para apoyarse con los brazos. El niño camina sin necesitar un dispositivo manual auxiliar de la marcha en interiores y en distancias cortas o espacios abiertos con superficie regular, utiliza escaleras apoyándose en los pasamanos. No corre, no salta.

NIVEL III: el niño se mantiene sentado en una silla pero requiere soporte pélvico o del tronco para maximizar la función manual. Puede sentarse o levantarse de una silla usando una superficie estable para empujar o jalar con sus brazos con apoyo de los brazos. Camina con un dispositivo manual auxiliar de la marcha en superficies regulares y sube escaleras con asistencia de un adulto; con frecuencia tienen que ser transportados en espacios abiertos o terreno irregular o en distancias largas.

NIVEL IV: el niño se mantiene sentado en una silla pero necesita adaptaciones para mejorar el control de tronco y maximizar el uso de las manos. El niño puede sentarse y levantarse de una silla con asistencia de un adulto o de una superficie estable para empujar o jalar con sus brazos. Es posible que camine distancias cortas con una andadera o la supervisión de un adulto pero se les dificulta girar y mantener el equilibrio en superficies irregulares. El niño tiene que ser transportado en la comunidad, pueden lograr auto-movilidad con dispositivos motorizados.

NIVEL V: las limitaciones físicas no permiten la actividad voluntaria y el control del movimiento para mantener la cabeza y el tronco en posiciones anti-gravitatorias. Todas las áreas de la función motora son limitadas y las limitaciones para mantenerse sentado o en bipedestación no se compensan completamente con equipo o ayudas tecnológicas. En el nivel V, el niño no tiene forma de moverse de manera independiente y tiene que ser transportado no realiza actividades propositivas y tiene que ser transportado. Algunos niños pueden utilizar auto-movilidad motorizada con grandes adaptaciones.

ENTRE LOS 6 Y LOS 12 AÑOS

NIVEL I: el niño camina en la casa, la escuela, exteriores y la comunidad. Son capaces de caminar cuesta arriba y cuesta abajo sin asistencia física y utiliza las escaleras sin sujetarse de los pasamanos, pueden correr y saltar pero la velocidad, equilibrio y coordinación en la actividad están limitados. Es posible que el niño pueda involucrarse en actividades deportivas dependiendo de sus intereses y el medio ambiente.

NIVEL II: el niño camina en la mayoría de las condiciones, puede manifestar dificultad o perder el equilibrio al caminar grandes distancias, en terrenos irregulares, inclinados, en lugares muy concurridos, espacios pequeños o mientras cargan objetos. Los niños ascienden y descienden escaleras tomados de los pasamanos o con asistencia de un adulto si no hay pasamanos. En espacios exteriores y la comunidad el niño puede caminar con dispositivos manuales auxiliares de la marcha o requerir la asistencia de un adulto o utilizar dispositivos de movilidad sobre ruedas para desplazarse grandes distancias. Tienen una habilidad mínima para correr o saltar, necesitan adaptaciones para participar en algunas actividades o para incorporarse a deportes.

NIVEL III: el niño camina utilizando un dispositivo manual auxiliar de la marcha para la mayoría de los espacios interiores. En sedestación, el niño puede requerir un cinturón para mejorar la alineación pélvica y el equilibrio. Los cambios de sentado-parado o parado-sentado pueden requerir la asistencia de una persona o el apoyo sobre una superficie para soporte. Para largas distancias el niño utiliza silla de ruedas. El niño puede usar escaleras sujetándose de los pasamanos con supervisión o asistencia de un adulto. Las limitaciones para caminar pueden necesitar de adaptaciones que permitan que el niño se integre a actividades físicas o deportivas en una silla de ruedas manual o dispositivos motorizados.

NIVEL IV: el niño usa métodos de movilidad que requieren de la asistencia física o dispositivos motorizados en la mayoría de las situaciones. Requieren adaptaciones en el tronco y la pelvis para mantenerse sentados y asistencia física para las transferencias. En casa el niño se desplaza en el piso (rodando, arrastrándose o gateando), camina distancias cortas con asistencia física o dispositivos motorizados. Si se le coloca dentro de un dispositivo, es posible que el niño camine en la casa o la escuela. En la escuela, espacios exteriores y la comunidad, el niño debe ser transportado en silla de ruedas o dispositivos motorizados. Las limitaciones en la movilidad requieren de grandes adaptaciones para permitir la participación en actividades físicas y deportivas que incluyan asistencia física y dispositivos motorizados.

NIVEL V: el niño es transportado en silla de ruedas en todo tipo de situación, tienen limitaciones para mantener cabeza y tronco en posiciones anti-gravitatorias y sobre el control del movimiento de las extremidades. La asistencia tecnológica se utiliza para mejorar la alineación de la cabeza, la posición de sentado y de bipedestación o la movilidad sin que se compensen por completo dichas limitaciones. Las transferencias requieren asistencia física total de un adulto. En casa, es posible que el niño se desplace distancias cortas sobre el piso o tenga que ser transportado por un adulto. El niño puede lograr la auto-movilidad en equipos motorizados con adaptaciones extensas que mantengan la posición de sentado y faciliten el control del desplazamiento. Las limitaciones en la movilidad requieren de adaptaciones que permitan la participación en actividades físicas y deportivas que incluyan la asistencia tecnológica y la asistencia física.

ENTRE LOS 12 Y 18 AÑOS

NIVEL I: el joven camina en la casa, la escuela, exteriores y la comunidad. Tiene la habilidad de caminar cuesta arriba y cuesta abajo sin asistencia física y usar escaleras sin utilizar los pasamanos. Puede correr y saltar pero la velocidad, el equilibrio y la coordinación pueden ser limitados. Participa en actividades físicas y deportivas dependiendo de la elección personal y el medio ambiente.

NIVEL II: el joven camina en la mayoría de las condiciones. Factores ambientales (terreno irregular, inclinado, distancias largas, demandas de tiempo, clima e integración social con sus pares) y personales pueden influenciar las opciones de movilidad. En la escuela o el trabajo, el joven puede caminar utilizando un dispositivo manual auxiliar de la marcha por seguridad. En los exteriores y la comunidad es posible que utilice una silla de ruedas para viajar largas distancias. Utiliza escaleras tomándose de los pasamanos o con asistencia física. Puede necesitar adaptaciones para incorporarse a actividades físicas o deportivas.

NIVEL III: el joven es capaz de caminar utilizando un dispositivo manual auxiliar de la marcha. Comparado con los individuos de otros niveles, el joven del nivel III puede elegir entre una variedad de métodos de movilidad dependiendo de sus habilidades físicas o de factores ambientales o personales. Cuando está sentado, puede requerir de un cinturón para mejorar su equilibrio y alineación pélvica. Los cambios de sentado-parado y parado-sentado requieren asistencia física o de una superficie para llevarse a cabo. En la escuela, puede propulsar una silla de ruedas o un dispositivo motorizado. En exteriores tienen que ser transportados en silla de ruedas o utilizar un dispositivo motorizado. Pueden utilizar escaleras sujetándose de los pasamanos con supervisión o requerir asistencia física. Las limitaciones para caminar pueden requerir de adaptaciones para integrarse a actividades físicas o deportivas ya sea con silla de ruedas autopropulsada o movilidad motorizada.

NIVEL IV: el joven utiliza silla de ruedas en la mayoría de las condiciones con adaptaciones para la alineación pélvica y el control de tronco. Requiere la asistencia de una o dos personas para ser transferido. Puede tolerar su peso sobre las piernas y mantenerse de pie para algunas transferencias estando de pie. En interiores el joven puede caminar distancias cortas con asistencia física, usar silla de ruedas o una grúa. Son capaces de manejar una silla de ruedas motorizada, si no cuentan con una tienen que ser transportados en una silla de ruedas propulsada por otra persona. Las limitaciones en la movilidad requieren adaptaciones para permitir la participación en actividades físicas o deportivas que incluyan dispositivos motorizados y/o asistencia física.

NIVEL V: el joven tiene que ser transportado en silla de ruedas propulsada por otra persona en todas las condiciones. Tienen limitaciones para mantener la cabeza y el tronco en posiciones anti-gravitatorias y en el control del movimiento de las extremidades. Requieren de asistencia tecnológica para mantener la alineación de la cabeza, la posición de sentado y de pie y las limitaciones del movimiento no son compensadas en su totalidad con dispositivos auxiliares. Requieren asistencia física de 1 o 2 personas o de una grúa para las transferencias. Pueden lograr la auto-movilidad con dispositivos modificados o con grandes adaptaciones para mantener al joven en posición de sentado. Las limitaciones de la movilidad requieren de asistencia física y dispositivos motorizados para permitir la participación en actividades físicas y deportivas.