


EVALUACIÓN DE LA FUNCIÓN MOTORA GENERAL

Assessment of general motor function

Claudia Fernanda Giraldo Jiménez*

 <https://orcid.org/0000-0002-8694-682X>

Resumen. La evaluación de la función motora permite identificar el déficit motor de origen central con sus características particulares y no el daño motor debido a una debilidad muscular. Metodología: Se realizó una revisión documental utilizando como términos clave de búsqueda (DeCs) “Destreza Motora”; “Coordinación”; “Actividad Motora” y “Evaluación”. La información encontrada permitió realizar la compilación sobre las pruebas y herramientas de medición según la evidencia disponible. Resultados: Se seleccionaron las pruebas de medición que permiten cuantificar de manera objetiva la disfunción motora de origen cerebral para evaluar problemas de control motor causados por inestabilidad, por movilidad o por problemas de destreza o incoordinación motriz. Discusión: La evaluación de la integridad del movimiento voluntario, permite identificar la función de los requisitos motores que contribuyen en la realización de las actividades de la vida diaria.

Palabras claves: actividad motora, coordinación, destreza motora, evaluación, DeCs.

* *Universidad Santiago de Cali*

✉ cfgiraldo@usc.edu.co

Cita este capítulo

Giraldo Jiménez CF. Evaluación de la función motora general. En: Ordóñez Mora LT, Sánchez DP, editoras científicas. Evaluación de la función neuromuscular. Cali, Colombia: Editorial Universidad Santiago de Cali; 2020. p. 139-167.

Abstract. The evaluation of motor function allows identifying the motor deficit of central origin with its particular characteristics and not motor damage due to muscle weakness. Methodology: A documentary review was carried out using as key search terms (DeCs) "Motor Skill"; "Coordination"; "Motor Activity" and "Evaluation". The information found allowed to compile the tests and measurement tools according to the available evidence. Results: Measurement tests that allow objectively quantifying motor dysfunction of brain origin were selected to assess motor control problems caused by instability, mobility or dexterity or motor incoordination problems. Discussion: The evaluation of the integrity of the voluntary movement, allows to identify the function of the motor requirements that contribute in the realization of the activities of the daily life.

Keywords: Neurological examination, Diagnosis, Reflex, Muscle tone, DeCs.

El movimiento corporal humano es esencial para la realización de actividades funcionales y debe ser examinado por el fisioterapeuta a lo largo de la intervención continua en cualquier entorno de rehabilitación.

Los propósitos de este capítulo son: 1) revisar algunos conceptos de función motora, 2) revisar los componentes motores del sistema nervioso que influyen en la función motora del movimiento corporal humano, que ilustran el proceso de examinación en un paciente con patología neurológica, centrándose en las funciones motoras del sistema nervioso y 3) describir las pruebas / medidas específicas del examen de la función motora según la Guía de Práctica del Fisioterapeuta (1).

FUNCIÓN MOTORA

La función motora es una categoría de medición propuesta por la APTA, que incluye tanto el control motor como el aprendizaje motor a través de procesamientos conscientes como inconscientes, utilizando una amplia y compleja serie de estructuras neuromusculares (1).

Para iniciar, es necesario revisar algunos conceptos. Según la APTA, la **función motora** es definida como “la capacidad de aprender o demostrar la habilidad de iniciación, mantenimiento, modificación, y control de posturas voluntarias y patrones de movimiento” (1). Es decir, es la capacidad que tiene un individuo para adquirir, mantener y modificar una postura a partir de patrones de movimiento de manera voluntaria, por lo que, la función motora como un término general, se utiliza también para la descripción o “compresión básica del movimiento o la actividad que se complete debido al uso de neuronas motoras» (2).

De allí que es necesario hacer una breve revisión de los componentes motores del sistema nervioso por cada área estructural y su función, con el fin de poder enfatizar los conceptos neurológicos clave para su examen y una mayor comprensión de la función motora.

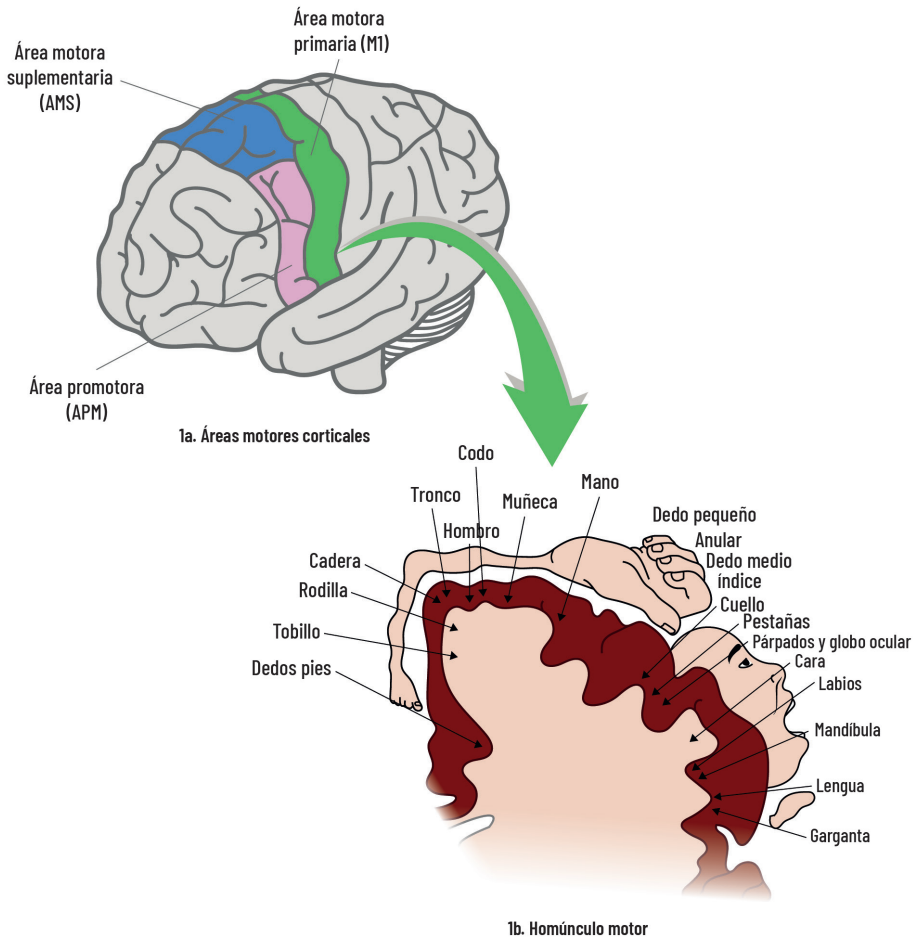
COMPONENTES MOTORES DEL SISTEMA NERVIOSO

2.1 Áreas de la corteza motora

La corteza motora juega un papel clave en el movimiento voluntario a un nivel consciente. Incluye tres partes: las áreas motoras primaria, premotora y suplementaria.

- *El área motora primaria*, está ubicada en el giro más posterior del lóbulo frontal (giro precentral) y en ella se encuentra la representación de los diferentes grupos musculares del cuerpo organizados regionalmente (ver figura. 5.1.), lo que se conoce como homúnculo motor (ver figura. 5.1.) e ilustra de mayor tamaño aquellas regiones corporales sobre las cuales el cerebro ejerce más control motor, permitiendo una activación más selectiva de las unidades motoras y un mejor control motor fino como sucede en manos y cara. Por el contrario, las áreas con menos control motor son más pequeñas en el homúnculo, y por lo tanto, tienen un control motor relativamente menos preciso (3). En esta área también se controla la fuerza absoluta y la velocidad de movimiento (4).

Figura. 5.1. Componentes motores del sistema nervioso. 1a. Componentes motores corticales. 1b. Homúnculo motor.



Fuente: elaboración propia, 2019.

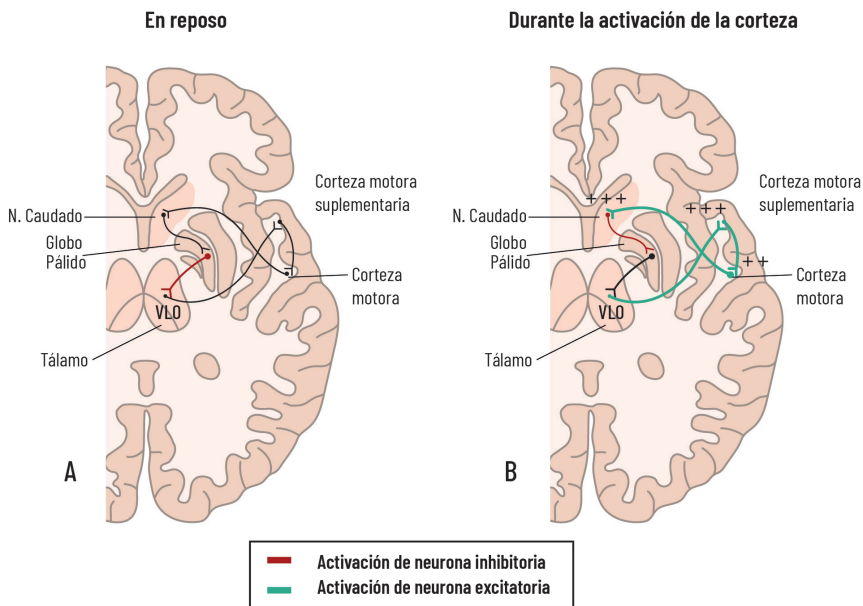
a). *El área promotora*, se encuentra anterior a la porción superolateral de la corteza motora primaria en el lóbulo frontal (ver figura. 5.1.), y proporciona la activación de los músculos que apoyan una actividad específica, como la colocación del brazo y el antebrazo de la extremidad superior mientras permite a las manos realizar funciones más precisas, incluida la manipulación de objetos; se ha demostrado que la actividad promotora aumenta durante las tareas guiadas por la visión (5).

b). *El área motora suplementaria*, es el área de la corteza motora que se encuentra anteromedialmente al área premotora (ver figura. 5.1.). Se activa durante el ensayo mental y el desempeño real de los movimientos complejos de los dedos (6). Esto sugiere que participa en el ensamblaje de un esquema o programa motor, particularmente acciones musculares bilaterales, es decir que se activan durante la planificación del movimiento (7).

2.2 Áreas subcorticales, sistema extrapiramidal

El control motor del sistema extrapiramidal es involuntario. Está formado por los núcleos basales: globo pálido, núcleo caudado y putámen (juntos llamados cuerpo estriado), núcleo subtalámico, y sustancia negra. También forma parte del sistema el núcleo rojo (3).

Imagen 5.1. Sistema extrapiramidal. 2A Sistema en reposo. 2B Sistema durante la activación de la corteza.



Fuente: elaboración propia, 2019.

El globo pálido, es una pequeña masa de sustancia gris localizada en la base del cerebro, y atravesada por una gran cantidad de axones mielinizados, de allí su nombre pálido. Se conecta directamente con el putámen y el núcleo caudado, y sus proyecciones se dirigen hacia los

núcleos talámicos. Su unión con el putámen conforma el núcleo lenticular. En reposo, el globo pálido inhibe totalmente al tálamo (ver imagen 5.2A); pero cuando la corteza motora está activa, el cuerpo estriado, recibe entrada excitatoria de la corteza motora e inhibe al globo pálido, por lo que el tálamo envía información excitatoria al área motora suplementaria (ver imagen 5.1B) que ayuda a la función motora produciendo movimientos subconscientes que refinan movimientos voluntarios y automáticos muy discretos (8), así como también envía información a áreas del cerebro que se encargan de la memoria y la función cognitiva (7).

- a) *El cuerpo estriado* está formado por dos núcleos principales: el caudado y el putámen; y el núcleo accumbens, que es el que conecta las dos estructuras anteriores. Concretamente, se encarga de regular los movimientos no voluntarios. Sin embargo, el putámen parece realizar también funciones motoras relacionadas con los movimientos voluntarios y el caudado se encuentra involucrado en actividades cognitivas (9).
- b) *La Sustancia negra*, se encuentra dentro de los pedúnculos cerebrales del mesencéfalo. Forma parte del sistema modulador dopaminérgico por lo que es parcialmente responsable del inicio del movimiento en respuesta al medio ambiente (9).
- c) *El núcleo subtalámico*, es una agrupación de sustancia gris constituida por neuronas de tamaño mediano, que segregan y reciben glutamato –sustancia que ejerce efectos excitatorios sobre el globo pálido–, y la sustancia negra. Su función es regular la actividad muscular involuntaria como los reflejos, la locomoción y el control postural (3).
- d) *El núcleo rojo*, es una colección de cuerpos celulares del área subcortical ubicado en el mesencéfalo y profundo a la sustancia negra. El núcleo rojo envía señales a la médula espinal a través del tracto rubro espinal, que cruza hacia el lado contralateral por las columnas laterales de la médula espinal. Este tracto tiene función de coordinar movimientos facilitando la actividad de los músculos flexores, e inhibiendo la de los músculos extensores y anti gravitatorios (9).

2.3 Áreas motoras del cerebelo

El control motor del cerebelo es el movimiento inconsciente o automático; es decir cuando aprendemos una tarea después de ejecutarla

muchas veces pasan a ser comportamientos “automáticos” (3). El cerebelo consta de tres áreas según su funcionamiento: el área vestibulocerebelosa (arquicerebelo), espinocerebelosa (paleocerebelo) y cerebrocerebelosa (neocerebelo).

- a) El área *vestibulocerebelosa*, se encarga de recibir información acerca de la orientación de la cabeza y el equilibrio desde el núcleo vestibular.
- b) El área *espinocerebelosa*, se encarga de recibir información acerca de la propiocepción y los patrones motores desde la médula. Interviene en el tono tanto de músculos agonistas como antagonistas y en la coordinación entre ellos, además de corregir los desajustes entre la orden motora y el movimiento ejecutado.
- c) El área *cerebrocerebelosa*, se encarga de recibir información acerca de la actividad motora desde las tres áreas de la corteza motora y del área sensitiva de la corteza. Interviene en la modulación del acto motor a través de secuencias de movimiento armónico desde la iniciación, planeación, y ejecución del movimiento, favoreciendo que éste no se vea fragmentado.
- d) Al parecer el cerebelo no parece ser necesario ni para la percepción ni para la generación del movimiento; Sin embargo lo refina mediante la comparación del movimiento real con el movimiento planificado, lo que la convierte en una estructura importante para el equilibrio y la coordinación; regula la velocidad, dirección, fuerza y amplitud de los movimientos. En general, el cerebelo sirve para recibir, modular e integrar la información que recibe (8).

Sistema Piramidal

El control motor del sistema piramidal es voluntario. Lo conforman los tractos corticoespinal lateral y anterior.

- a) *El tracto corticoespinal lateral*, desciende desde la corteza motora primaria a través de la corona de radiación hasta la extremidad posterior de la cápsula interna, mesencéfalo, protuberancia, y en las pirámides del bulbo se decusan hacia el lado contralateral hasta el asta anterior de la médula donde hace sinapsis con la neurona motora alfa antes de salir a través de la raíz ventral y los nervios periféricos para llevar el impulso a los músculos objetivo. Se encarga de la activación voluntaria del músculo esquelético (4).

b) El *tracto corticoespinal ventral (anterior)*, surge principalmente del área motora suplementaria y permanece en el recorrido ipsilateral. Se encarga de los movimientos posturales (4).

COMPONENTES DE LA FUNCIÓN MOTORA

Iniciación, modificación y control de patrones de movimiento y posturas voluntarias

La iniciación activa del movimiento, es la capacidad del individuo, a través del *control motor*, de clasificar cuidadosa, oportuna y voluntariamente las unidades motoras involucradas en una articulación o segmento y moverla gradualmente a una variedad de velocidades, moviéndola lentamente cuando se desea, pero moviéndola rápidamente cuando fuera necesario (3). Sin embargo, es necesario aclarar que la fuerza muscular por sí sola no determina la función motora adecuada para la iniciación activa de un movimiento, ya que la gradación de la fuerza y el momento de la activación únicamente determinan si un músculo interactúa adecuadamente con otros músculos o grupos musculares durante las actividades funcionales (10).

La modificación, control de patrones de movimiento y posturas voluntarias, se refieren al proceso mediante el cual “el cerebro organiza y regula la acción de los sistemas musculares y esqueléticos, incluido el movimiento y los ajustes posturales dinámicos de una articulación o segmento corporal”; a esto se le conoce como *control motor* (3); Así entonces el control motor es necesario para (a) mover una articulación o segmento corporal con calidad y (b) estabilizar una articulación o segmento corporal (3).

Es importante tener en cuenta que el control motor es independiente y distinto del tono muscular a pesar del uso clínico frecuente de los términos como algo sinónimo o relacionado. Si bien es cierto que los déficits en el control motor y el tono muscular a menudo se asocian entre sí, se hace necesario que el fisioterapeuta realice una prueba por separado para el tono muscular (un examen pasivo) y el control motor (una medida activa). También se debe tener en cuenta que el término control postural no es sinónimo de control motor. El término control

postural se usa con más frecuencia para referirse al equilibrio o al mantenimiento de una postura erguida (antigravitatoria).

Control motor para el movimiento

El control motor para el movimiento se puede definir como la capacidad del cerebro para activar sincrónica y armónicamente los músculos a medida que éstos crean movimiento durante un acto motor voluntario.

El fisioterapeuta puede observar el control motor para el movimiento al buscar varias características específicas durante una tarea voluntaria:

- *Un movimiento aislado*: también denominado control motor selectivo (11), se expresa cuando la persona es capaz de realizar un movimiento aislado, activándose voluntariamente solo los grupos musculares específicos previstos sin ningún movimiento extraño o involuntario en las articulaciones relacionadas.
- *Un movimiento fraccionado*: cuando la persona es capaz de mover la articulación objetivo a través de fragmentos muy pequeños del rango disponible, tan pequeños como 1 o 2 grados, incluso con grandes grupos musculares gruesos (activando una pequeña fracción de las unidades motoras totales de un músculo o grupo) (3).
- *Un movimiento complejo de múltiples grupos musculares*: al observar la habilidad para realizar movimiento en una variedad de velocidades, es decir, activar músculos lenta o rápidamente en secuencia apropiada para completar un movimiento complejo (3).

A menudo, la alteración del control motor para el movimiento es observada como la falta de movimiento voluntario aislado a pesar de que la extremidad a menudo se puede mover sin control. Esta incapacidad para aislar el movimiento en una articulación se denomina comúnmente una *sinergia anormal* del movimiento; es observada cuando el paciente intenta mover una extremidad de manera discreta o específica, pero en su lugar solo puede moverse en combinaciones anormales no intencionadas de grupos musculares en múltiples articulaciones. Aunque la persona puede moverse, el movimiento carece de precisión y eficiencia; por lo tanto, contribuye mínimamente a la capacidad y actividad funcional del individuo. Las sinergias observadas durante

el movimiento voluntario, se ilustran en la imagen 5.2 y se describen en la Tabla 5.1.

Otra alteración que puede observarse es la *bradicinesia* que es la lentificación de los movimientos, especialmente de los movimientos voluntarios complejos, o la *acinesia*, que es la imposibilidad de iniciar el movimiento activo.

Imagen 5.2. Sinergias motoras anormales para extremidades superiores e inferiores.



- A** Sinergia flexora de miembro superior **B** Sinergia flexora de miembro inferior **C** Sinergia extensora de miembro inferior **D** Sinergia extensora de miembro superior

Fuente: elaboración propia, 2019.

Tabla 5.1. Sinergias anormales para miembro inferior y miembro superior.

<i>Sinergias anormales para miembro inferior y miembro superior</i>	
MÁS FRECUENTES	<p><i>Sinergia flexora en miembro superior</i></p> <p><i>Escápula: elevación y retracción</i> <i>Hombro: aducción y rotación interna hacia la abducción y rotación externa</i> <i>Codo: flexión</i> <i>Antebrazo: supinación</i> <i>Muñeca y dedos: flexión y oposición del pulgar</i></p>
	<p><i>Sinergia extensora en miembro inferior</i></p> <p><i>Pelvis: elevación y retracción</i> <i>Cadera: aducción y extensión</i> <i>Rodilla: Extensión</i> <i>Tobillo: Plantiflexión</i> <i>Pie: Usualmente inversión</i></p>

Sinergias anormales para miembro inferior y miembro superior		
MENOS FRECUENTES	Sinergia extensora en miembro superior	Sinergia flexora en miembro inferior
	<p><i>Escápula: depresión y protracción</i></p> <p><i>Hombro: aducción y rotación interna hacia la abducción con rotación interna</i></p> <p><i>Codo: extensión</i></p> <p><i>Antebrazo: pronación</i></p> <p><i>Muñeca y dedos: posiciones varias, usualmente flexora.</i></p>	<p><i>Pelvis: elevación</i></p> <p><i>Cadera: Flexión</i></p> <p><i>Rodilla: Flexión</i></p> <p><i>Tobillo: Dorsiflexión</i></p> <p><i>Pie: Usualmente eversión</i></p>

Fuente: elaboración propia, 2019.

Control motor para la estabilidad

El control motor para la estabilidad se puede definir como la capacidad del cerebro para regular los músculos y evitar que las articulaciones o los segmentos del cuerpo se muevan en momentos en que no deberían moverse (3); Sin embargo, es importante comprender que esta acción del cerebro sobre los músculos, es muy diferente de la estabilidad que proporcionan los ligamentos en el sistema musculoesquelético.

Las características que un fisioterapeuta debe tener en cuenta en el control motor para la estabilidad a menudo requiere que sean observadas durante actividades en cadena cerrada o en tareas de carga de peso; tales características son:

–*cocontracción*: o contracción simultánea de grupos musculares opuestos entre sí, es decir agonistas y antagonistas, para que la articulación no se mueva en ninguna dirección. Es así como, para la realización de un escrito con letra pequeña en una hoja de cuaderno, la articulación proximal, en este caso el hombro y posiblemente el codo, requieren la máxima estabilidad, mientras que la extremidad distal, muñeca y mano, requieren un mayor control motor para la movilidad; si el escrito es con letra grande en una pared (por ej.: un graffiti), se requiere el control motor para la estabilidad distal durante el agarre de la brocha utilizando la muñeca y la mano, mientras que los músculos proximales de los hombros y el codo requieren el control motor para

el movimiento, necesario para proporcionar una mayor movilidad al pintor experto.

–*Soporte de peso*: que sucede en cualquier articulación durante una actividad funcional, en la que el cuerpo necesita evitar que se mueva para cumplir una tarea. Un ejemplo clásico es la marcha, que requiere control motor para la estabilidad, por ejemplo, en la articulación del pie durante la fase de apoyo, con el objetivo de que la articulación de la cadera y la rodilla puedan realizar el despeque y la elevación necesaria para la ejecución de la fase de balanceo.

Con frecuencia, la alteración del control motor para la estabilidad es observada como la incapacidad para estabilizar una articulación debido a la pérdida del control motor de los músculos del segmento corporal comprometido. La más frecuentemente observada es la *inestabilidad* en articulaciones específicas, como resultado de la incapacidad del cerebro para causar la activación precisa de músculos específicos, la clasificación precisa de la contracción muscular y las combinaciones precisas de músculos que actúan juntos (3).

El efecto compuesto de la disminución de la estabilidad dará como resultado una *asimetría* evidente debido a una disminución del soporte de peso en el lado afectado. En la tabla 5.2. Se describen los más frecuentes problemas de estabilidad por región corporal.

Tabla 5.2. Alteraciones más comunes del control motor para la estabilidad.

<i>Alteraciones más comunes del control motor para la estabilidad</i>	
<i>TRONCO</i>	
<i>Resulta en una postura anormal o mal alineamiento del tronco debido a la ausencia de estabilidad en segmentos espinales y abdominales.</i>	
<i>MIEMBRO SUPERIOR</i>	<i>MIEMBRO INFERIOR</i>
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Inestabilidad escapulotorácica:</i> <i>Puede observarse una escapula alada debido a la disminución del control motor en el serrato anterior.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Inestabilidad lumbopélvica:</i> <i>Puede resultar en la incapacidad de estabilizar la pelvis para el balanceo del miembro inferior.</i>

MIEMBRO SUPERIOR	MIEMBRO INFERIOR
<ul style="list-style-type: none"> • Inestabilidad glenohumeral: Puede resultar en subluxación de hombro acentuado por la gravedad y posición vertical. 	<ul style="list-style-type: none"> • Inestabilidad de cadera: Puede observarse caída del lado opuesto de la pelvis debido a un insuficiente control del abductor de cadera durante la fase de apoyo en el lado afectado.
<ul style="list-style-type: none"> • Inestabilidad de codo: Dificulta la extensión del codo lo que limitará severamente la carga de peso y la capacidad de empuje con los brazos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Inestabilidad de rodilla: Puede resultar en un genu recurvatum que ancla la rodilla en extensión durante la fase de apoyo intermedio.
<ul style="list-style-type: none"> • Inestabilidad de muñeca: Ocasiona incapacidad para realizar los agarres. 	<ul style="list-style-type: none"> • Inestabilidad de tobillo: Ocasiona una oscilación medial / lateral del tobillo durante la fase de apoyo, o caída del pie y/o arrastre de dedos durante las fases del balanceo en la marcha.

Fuente: Modificada de Lifespan neurorehabilitation: a patient-centered approach from examination to interventions and outcomes (3).

Destreza, habilidad y coordinación motora

La *destreza motora* o *destreza motriz*, se refiere a “la capacidad que tiene un individuo de ser eficiente en una habilidad motora determinada”, la cual puede ser adquirida por medio de aprendizaje o innata del propio individuo; Y *habilidad motora*, es el “grado de competencia de un sujeto frente a un objetivo determinado”; es decir, cuando se cumple el logro planteado en la habilidad se considera que se cumplió, aunque este se haya efectuado de forma poco económica. Así entonces, podemos considerar que la destreza de cada individuo favorece no solo un proceso más rápido de aprendizaje motor de la habilidad sino un mejor resultado en su realización (12).

Si analizamos todas las destrezas y habilidades motrices vemos que en todas ellas está presente la *Coordinación motora*, la cual se centra específicamente en las interacciones de control motor y la cooperación entre grupos musculares opuestos durante un movimiento. Este control del movimiento requiere una coordinación neuromuscular entre los agonistas y los grupos musculares antagónicos, lo que requiere una interacción reguladora compleja del Sistema Nervioso Central. Es decir, a medida que el grupo muscular agonista se contrae y se acorta a partir de la clasificación de las unidades motoras apropiadas, el grupo

opositor o antagonista debe relajarse también mediante la clasificación apropiada de sus unidades motoras. Los movimientos coordinados son controlados, suaves y precisos debido a la cooperación entre grupos musculares opuestos, en gran parte mediados por la acción del cerebelo (3).

Las características que el fisioterapeuta debe buscar para observar la coordinación, durante el movimiento voluntario son:

- La precisión durante el desarrollo del gesto.*
- Ejecución efectuando un mínimo gasto.*
- Ejecución de forma fácil y segura.*
- Ejecución de un movimiento automático.*

A través de estas características coordinativas se consiguen el logro y desarrollo de diferentes habilidades y destrezas corporales en relación con el movimiento (13), y para ello es importante observar la coordinación en las extremidades superiores y en las extremidades inferiores.

Tipos de Coordinación

Los movimientos coordinados requieren sincronización exacta del inicio de la actividad en diferentes músculos y se distinguen por el patrón de coordinación entre miembros o entre el segmento de la extremidad; es así como se habla de:

- “Coordinación interlimb”, es aquella coordinación entre las extremidades de la izquierda y la derecha (14).
- “Coordinación intralimb”, es la que ocurre entre dos o más articulaciones de un mismo miembro (14).
- “Coordinación visomotora”, es aquella concordancia entre el ojo (verificador de la actividad) y los movimientos de las partes del cuerpo (ejecutora), de manera que cuando la actividad cerebral ha creado los mecanismos para el acto motor, este sea preciso y económico (15).

Un estudio de la literatura nos ha llevado a la hipótesis de que los problemas de “intralimb” pueden ser una característica clave de los pa-

cientes con ataxia cerebelosa, mientras que los problemas de “interlimb”, son típicos de pacientes con parkinson (16).

A menudo, la alteración de la coordinación es denominada **ataxia** (A=que significa sin; y taxia=coordinación) y puede observarse durante el movimiento activo previsto y no cuando el miembro está en reposo. También pueden observarse los siguientes componentes específicos de la ataxia que ocurren, como: 1) el **temblor de intención**, el cual ocurre a menudo en dirección de ida y vuelta en el plano del movimiento previsto; 2) la **dismetría**, que resulta de la incapacidad de juzgar la distancia a un objetivo cercano o en la incapacidad de apuntar para colocar correctamente las extremidades entre sí; 3) la **astasia**, que es la incapacidad para estar de pie como resultado de la falta de coordinación durante la carga de peso; 4) la **disdiadococinesia**, que sucede por la disminución de la capacidad para realizar un movimiento alternado rápidamente (por ejemplo: pronación/supinación; flexión/extensión de muñeca; dorsiflexión/plantiflexión de tobillo; entre otros movimientos alternados); 5) la **disinergia**, que se presenta por incoordinación de los grupos musculares antagonistas; 6) la **descomposición**, sucede cuando se descompone anormalmente el movimiento en los componentes de sus partes en lugar de un movimiento suave, fluido y de múltiples articulaciones; 7) la **sobrecompensación**, que sucede al intentar corregir un error de dismetría (por encima o por debajo), en la que el individuo al sobre corregir vuelve a pasar el objetivo (3).

TEST Y MEDIDAS A UTILIZAR (EXCLUYENDO MIEMBRO SUPERIOR Y MANO)

La secuencia general de un examen motor debe incluir la observación inicial de la postura del paciente, la posición, el movimiento y la coordinación entre las extremidades, una historia clínica detallada, la revisión de los sistemas y, finalmente, la aplicación de test y medidas específicos centrados en el paciente para documentar los problemas específicos a nivel individual.

También es importante darse cuenta de los factores que pueden influir y afectar el examen motor. Varios de estos factores incluyen el nivel de cognición y excitación del paciente, la función visual y sensorial, la comunicación, la capacidad y la voluntad de cooperar, su nivel de an-

siedad, el momento del examen después de una lesión o enfermedad y la influencia de los agentes farmacológicos (3).

La evidencia reciente plantea las siguientes pruebas para realizar el examen de la función motora:

Pruebas/medidas de control motor para la movilidad

-Prueba de control motor selectivo de Trost: es un sistema de evaluación general básico para documentar la capacidad de movimiento aislado para un grupo muscular específico. Dicha prueba no especifica una articulación o movimiento específico y, por lo tanto, se puede aplicar en cualquier articulación/segmento. Generalmente utiliza un sistema de calificación que incluye: 0 = “no hay capacidad para aislar movimientos” (o ausencia), 1 = “movimiento parcialmente aislado” (o deterioro) y 2 = “aislamiento completo del movimiento” (o normal) (17).

-Prueba de control motor selectivo de Boyd y Graham: describe o cuantifica la magnitud del control motor para el movimiento de una articulación. La prueba utiliza una escala de cinco puntos (0 a 4) y está relacionada con el movimiento activo de músculos aislados específicamente de la flexión dorsal del tobillo y la cantidad de sustitución muscular. Se asigna una calificación de 0 “Sin movimiento cuando se le pide que haga dorsiflexión del pie”; 1 para “Flexión dorsal limitada utilizando principalmente el extensor largo del hallux y/o extensor largo de los dedos”; 2 para “Dorsiflexión usando el extensor largo del hallux, extensor largo de los dedos y algo de tibial anterior”; 3 para “Dorsiflexión lograda utilizando principalmente la actividad del tibial anterior, pero acompañada de flexión de cadera y/o rodilla” (ver imagen 5.3 izquierda); y 4 para “Dorsiflexión selectiva aislada lograda, dentro del rango disponible, utilizando un equilibrio de la actividad del tibial anterior sin flexión de cadera y rodilla” (ver imagen 5.3 derecha.) (18).

Imagen 5.3. Prueba de control motor selectivo de Boyd y Graham. La imagen izquierda corresponde al musculo tibial anterior con puntaje de 3. La imagen derecha corresponde al tibial anterior con puntaje de 4.



Fuente: elaboración propia, 2019.

-Evaluación de control selectivo de la extremidad inferior: es una medida de control motor voluntario selectivo disponible para evaluación de la articulación de rodilla, tobillo, subtalar y dedo del pie de manera bilateral (19). La puntuación utilizada para cada articulación es: “Normal” (2 puntos) cuando la secuencia de movimiento deseada se completa sin movimiento de las articulaciones ipsilaterales o contralaterales, “Incompleto” (1 punto) cuando el paciente aísla el movimiento durante parte de la tarea, pero demuestra cualquiera de los siguientes errores: el movimiento observado es inferior al 50% del rango de movimiento pasivo disponible; el movimiento se produce en una articulación no evaluada; o el tiempo de ejecución excede la cadencia verbal aproximada de tres segundos, o “Incapaz o no lo puede realizar” (0 puntos) cuando no se inicia la secuencia de movimiento solicitado, cuando se realiza utilizando un flexor de masa sinérgico o un patrón extensor” (19).

Pruebas/medidas de control motor para la estabilidad

-Sistema de localización de la escápula: se evalúa la posición de la escápula mediante la ubicación triangular: el ángulo del acromion, el ángulo inferior de la escápula y la raíz de la espina escapular (20). La evidencia ha demostrado que, aproximadamente de 30 pacientes con accidente cerebrovascular, la mitad presenta anomalía en el

posicionamiento de la fosa glenoidea, principalmente con una mayor inclinación hacia abajo (20).

-Plantilla en forma de L con regla calibrada: se evalúa con una plantilla termoplástica en forma de L, con una cinta de 21 cm incorporada, como un medio para medir el deterioro de la estabilidad de la articulación glenohumeral o subluxación (21). Se utilizan marcadores en la parte de la regla para identificar puntos de referencia y calcular las mediciones. Se palpa el acromion (se señala) y se marcan 20 cm por encima del olecranon como puntos de referencia. Se toma la medición inicial (entre los dos puntos de referencia) mientras el codo del sujeto está extendido y el brazo cuelga libremente. Se toma una segunda medida entre los dos puntos de referencia, pero ahora con el brazo apoyado debajo del codo en flexión para reducir la subluxación. La medida de la subluxación se documenta como la diferencia entre las dos medidas.

-Signo del surco para la inestabilidad del hombro: se usa comúnmente para la inestabilidad del hombro / glenohumeral. El signo de surco es positivo, cuando se produce una depresión justo debajo del acromion mientras el brazo cuelga a un lado o se distrae manualmente lejos del hombro (22).

-Observaciones de inestabilidad de inversión/eversión: Para explorar la estabilidad latero-medial del tobillo, se puede usar un dispositivo de plataforma inestable que permita al paciente soportar todo su peso para probar la rigidez / estabilidad del tobillo mientras el tobillo está perturbado hacia la inversión o la eversión. En este diseño, se usa un potenciómetro para medir el desplazamiento lateral angular en el tobillo (a mayor cantidad de desplazamiento indica déficit en la estabilidad del tobillo) (23). Sin el potenciómetro, puede observar simplemente los movimientos laterales en la articulación subtalar (23). En un análisis de video de la posición del tobillo durante la deambulación indica que la inestabilidad observada en el tobillo aumenta con las velocidades de marcha más rápidas (24).

Pruebas/medidas para la coordinación motora

Pruebas de coordinación motora de extremidad superior

Las pruebas de coordinación de extremidades superiores generalmente implican pedirle al paciente que mueva intencionalmente el brazo, particularmente el hombro, hacia un objetivo y así observar signos de ataxia o incoordinación durante el movimiento voluntario (25). Las pruebas de coordinación motora de la extremidad superior pueden involucrar tareas de masa (movimientos grandes) o tareas más pequeñas (movimientos finos).

-La prueba dedo – nariz o dedo – dedo: evalúa la coordinación de las extremidades superiores e incluye movimientos de precisión en masa de la extremidad superior para llevar el índice del paciente entre el dedo en contacto con la propia nariz del paciente, con el dedo del otro o alternando entre los dos. Para comenzar la prueba dedo a nariz, sienta al paciente con sus brazos abducidos a 90 grados y pídale que flexione un codo a la vez y toque la punta de la nariz con el dedo índice. Haga que el paciente alterne las extremidades superiores a varias velocidades con y sin los ojos abiertos. Observe si hay disimetría, puntería pasada, temblor de intención y otros componentes de la ataxia descritos anteriormente. Para cuantificar la magnitud de las imprecisiones durante la prueba dedo-nariz, se debe usar un escudo transparente sobre la cara con anillos centrados alrededor de la nariz del paciente (25). El error se mide como la distancia desde el punto en que el dedo índice del paciente hace contacto con el protector hasta la nariz del paciente. Otra posibilidad es medir la frecuencia de los errores contando el número de objetivos perdidos en 10s, 15s o 30s (errores / segundo) o calculando la proporción de errores con respecto a los intentos totales.

-La prueba de rebote: es un movimiento en masa que requiere tensión isométrica en un grupo muscular, que se libera repentinamente. Por ejemplo, gradualmente se aplica resistencia contra un grupo muscular como los flexores del codo o los flexores de los hombros, luego se suelta bruscamente sin previo aviso. Normalmente, el cerebelo detecta rápidamente el cambio de velocidad en la articulación y el grupo muscular antagonista se activa para evitar el movimiento excesivo

como reflejo del procesamiento adecuado de la información propioceptiva. Se observa una respuesta anormal a medida que la extremidad se mueve excesivamente en la dirección de la acción del grupo muscular analizado (3).

-La prueba de movimientos alternos rápidos: se requiere para evaluar la *diadococinesia*. Se solicita al paciente que realice la prono-supinación rápida del antebrazo con el hombro del paciente en aducción, el codo en 90° de flexión y la muñeca en neutro. Otras pruebas incluyen palmas repetitivas de la mano (flexión / extensión rápida de la muñeca) en una superficie plana o desarrollo rápido del puño donde el paciente extiende todos los dedos al máximo, seguida de flexión completa del dedo, formando un puño (ver Imagen 5.4). Finalmente, también se puede solicitar los movimientos de oposición de los dedos, que implica un movimiento secuencial del pulgar a la punta de cada dedo individual de uno en uno (25).

Imagen 5.4. Prueba de movimientos alternos. La imagen corresponde al desarrollo rápido del puño de manera alterna y repetitiva.



Fuente: elaboración propia, 2019.

-Prueba de dibujo en el aire: consiste en hacer que el paciente dibuje formas geométricas en el aire, como una “figura ocho” o un círculo. La

idea es que el paciente utilice movimientos grandes con la mano fija en una posición durante todo el movimiento. Observe la calidad del movimiento, incluida la simetría, la suavidad y la velocidad de movimiento. Escribir a mano en papel es similar a dibujar formas en el aire, pero el movimiento es mucho más pequeño, es un movimiento más fino. Se califica el rendimiento cuantificando el número de errores que ocurren durante el movimiento. Las aplicaciones de acelerómetro en teléfonos inteligentes también se pueden usar ahora para cuantificar la suavidad y la consistencia del movimiento en tres planos para personas con ataxia (3).

Recuerde probar los lados derecho e izquierdo para una comparación incorporada, que es especialmente útil en condiciones en las que un lado del cuerpo está afectado.

La escala de calificación ordinal para cada prueba incluye: 1 = el paciente no puede realizar la actividad prevista, 2 = el paciente tiene una discapacidad grave, 3 = está asociado con una discapacidad moderada y 4 = una discapacidad mínima, mientras que 5 es normal.

Pruebas de coordinación motora de las extremidades inferiores:

Las opciones de pruebas de extremidades inferiores son similares a las descritas para la extremidad superior, que incluyen movimientos de masa o movimientos finos de articulaciones múltiples o simples, respectivamente.

-Prueba talón – rodilla: pídale al paciente que se siente o recueste en posición supina y que coloque el talón de la extremidad que se está probando a lo largo de la superficie anterior del tobillo contralateral. Luego, el paciente desliza el calcáneo a lo largo de la superficie anterior de la tibia contralateral hacia la rodilla y luego vuelve a bajar, repitiendo este ciclo varias veces (25). Observe la calidad del movimiento, como la capacidad para hacer movimientos suaves o para mantener un camino recto a lo largo de la tibia. Puede cuantificar los errores contando el número de veces que el talón se mueve horizontalmente fuera de la tibia, el número de veces que el movimiento se detiene y comienza (en comparación con el flujo continuo de movimiento), y el número de veces que se produce un rebasamiento y un subproceso durante un ciclo.

-Prueba de golpeteo con el pie: se produce con movimientos alternados de flexión plantar y dorsiflexión para evaluar la *diadococinesia*. Mientras está sentado, el paciente comienza con la rodilla y la cadera en aproximadamente 90 grados de flexión y el pie de prueba plano sobre el piso. Se le pide al paciente, mientras mantiene el contacto del talón con el piso, que dorsiflexione rápidamente y luego que plantiflexione mientras las cabezas metatarsianas (antepié) tocan alternativamente el piso. Las velocidades de golpeteo se pueden aumentar para desafiar al paciente.

HERRAMIENTAS ESTANDARIZADAS PARA EL EXAMEN DE LA FUNCIÓN MOTORA

Las herramientas disponibles incluyen:

- **Gross Motor Function Measure (GMFM)**, es un instrumento observacional que fue diseñado y validado para medir a lo largo del tiempo la ejecución de la función motora gruesa de niños con parálisis cerebral en cinco dimensiones: A) decúbito y volteo, B) sentado, C) gateo y rodillas, D) de pie, y E) andar, correr y saltar. Su sistema de puntuación es de acuerdo a una escala ordinal de cuatro puntos (0= no inicia la tarea, 1= inicia o intenta, 2= alcanza parcialmente la tarea y 3= completa la tarea). Existen dos versiones, una completa de 88 ítems, y una corta de 66 ítems. Es una escala muy utilizada en investigación por su validez y fiabilidad demostradas, sin embargo, no evalúa la calidad en el desempeño de la tarea, ni es útil en niños con discapacidad grave (26).

- **El sistema de clasificación de la función motora gruesa (GMFCS)**, es una herramienta basada en la evidencia que mide la función motora gruesa que representa mejor habilidades funcionales, limitaciones en la actividad y participación de los niños con parálisis cerebral en cuatro grupos de edad: de 1 a 2 años, de 2 a 4, de 4 a 6 y de 6 a 12 años de edad (27). Este sistema de clasificación examina el movimiento voluntario a partir del movimiento auto iniciado para sentarse, realizar transiciones, caminar y el uso de dispositivos como sillas de ruedas; los clasifica a partir de cinco niveles (nivel I = camina sin limitaciones, nivel II = camina con limitaciones, nivel III = dependen del dispositivo para caminar, nivel IV = auto movilidad con limitaciones y nivel V =

utiliza dispositivo motorizado con apoyo cervical) (28). Ha sido utilizado como predictor de la función motora gruesa, favorece el establecimiento de objetivos realistas de intervención y la anticipación de las necesidades de tecnologías de asistencia (27).

-La evaluación Fugl-Meyer, diseñada específicamente para la evaluación posterior al accidente cerebrovascular con un enfoque sensoriomotor, incluye cinco subsecciones basadas en deficiencias: movimiento articular, dolor articular, equilibrio, sensación y función motora de la extremidad superior y de la extremidad inferior (29,30). Es útil en entornos clínicos para determinar el estado inicial del paciente, contribuir al plan de intervención y documentar la recuperación motora después de la intervención. (30). La calificación de cada elemento requiere la observación directa del desempeño del paciente y el uso de una escala ordinal de tres puntos en función de la capacidad para completar el elemento (0 = no se puede realizar, 1 = se realiza parcialmente y 2 = se realiza completamente).

-El índice de motricidad: cuantifica la fuerza en pacientes después de un accidente cerebrovascular. La fuerza muscular de 31 movimientos de las extremidades superiores e inferiores en el lado afectado se evalúa mediante una escala de seis puntos (0 a 5) que va desde 0 = “sin tracción” a 5 = “movimiento contra una resistencia igual a la resistencia máxima superada por el lado sano” (31).

-El inventario de adaptabilidad de Mayo-Portland: contiene 30 elementos que evalúan áreas de deterioro, la actividad y la participación por lesión cerebral (32).

-La prueba de la función motora de Wolf: se desarrolló para determinar los efectos de la terapia de restricción de movimiento inducido sobre la función motora en individuos con lesión cerebral o accidente cerebrovascular. Originalmente, consistía en 21 tareas sencillas ordenadas según articulaciones involucradas y orden de dificultad (33). Sin embargo, la prueba, se ha modificado recientemente para incluir 15 tareas funcionales utilizando una escala de capacidad funcional de seis puntos (34).

-La prueba de control de tronco: El examen tiene cuatro aspectos del movimiento del tronco, que permite la predicción clínica de la recu-

peración funcional del accidente cerebrovascular (35). La puntuación utiliza valores arbitrarios: 0 = incapaz de realizar el movimiento sin asistencia, 12 = capaz de realizar el movimiento, pero requiere asistencia de las extremidades superiores para mantener la estabilidad, y 25 puntos = realizar el movimiento de manera normal.

-La escala neurológica canadiense: es una prueba diseñada para evaluar la función mental y la función motora de los pacientes, posterior a un accidente cerebrovascular (36). Consta de tres secciones: cognición, función motora para pacientes sin déficit de comprensión y respuesta motora para pacientes con déficit de comprensión.

-La escala de evaluación motora modificada: evalúa la recuperación motora de pacientes después de un accidente cerebrovascular en función de requisitos motrices para realizar actividades de la vida diaria (37). Evalúa ocho elementos relacionados con el equilibrio, el rendimiento y la función motora de la extremidad superior. Estos ítems se puntúan de 0 a 6 puntos.

-Escala de calificación de deterioro muscular: Esta prueba evalúa el deterioro muscular en pacientes con distrofia miotónica tipo I (38) y utiliza una escala de calificación ordinal de cinco puntos (con 1 = sin deterioro muscular y 5 = debilidad proximal grave) basada en la prueba muscular manual de 11 grupos musculares.

-La prueba de Mayo: es un instrumento que consta de 165 elementos que evalúan las secuelas neurofísicas posteriores a una lesión cerebral traumática (39). El instrumento evalúa el movimiento volitivo, el tono muscular, la fuerza, la coordinación, la prehensión, los reflejos tendinosos profundos y los reflejos espinales, la dismetría y el temblor en 51 elementos para cada extremidad, lo que da un total de 102 ítems. Otros 51 ítems evalúan la movilidad funcional, y 12 ítems el equilibrio y las reacciones protectivas.

CONSIDERACIONES FINALES

Teniendo en cuenta la información recopilada en este capítulo en torno a la valoración fisioterapéutica, es necesario considerar la impor-

tancia que tiene la comprensión y distinción del concepto de función motora como aquella función en la que interviene la acción voluntaria. Se concluye además que esta categoría evalúa la integridad de los diversos componentes neurales que controla el cerebro para el control motor y la coordinación motora, que contribuyen directamente en las capacidades y desempeños de la actividad funcional y la participación del individuo en su entorno; para lo cual existen diversas herramientas y pruebas específicas de medición objetivas que permiten determinar cuál es el compromiso y la magnitud del mismo.

APORTE DEL CAPÍTULO A LA FISIOTERAPIA

El presente capítulo permite de manera general planificar el proceso de valoración de la integridad de la función motora, utilizando instrumentos de evaluación más objetivos y con evidencia científica, cuyo análisis e interpretación permite formular hipótesis para efectuar un diagnóstico diferencial entre problemas de control motor causados por inestabilidad, por movilidad o por problemas de destreza o incoordinación motriz, que ocasionan dificultades en la capacidad funcional y en el desempeño para su participación, de tal manera que permita priorizar el enfoque principal de la intervención fisioterapéutica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. American Physical Therapy Association. Guide to Physical Therapist Practice [Internet]. Virginia, EE. UU: HighWire; January 7, 2019. [Consultado 1 Agosto 2019]. Disponible en: <http://guidetoptpractice.apta.org/content/1/SEC19.extract>.
2. American Psychological Association. APA Dictionary of psychology. 2018. [consultado 11 julio 2019]. Disponible en: <https://dictionary.apa.org/motor-function>
3. Dennis W Fell, Karen Y Lunnen, Reva P Rauk. Lifespan neurorehabilitation: a patient-centered approach from examination to interventions and outcomes. First edition. Philadelphia: F.A. Davis Company; 2018.

4. Evarts, EV. Relation of pyramidal tract activity to force exerted during voluntary movement [Internet]. Bethesda, USA: J Neurophysiol. 1968 Jan; 31(1):14-27. [Consultado 20 de julio, 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1152/jn.1968.31.1.14>
5. Mushiake H., Inase M, Tanji J. Neuronal activity in the primate premotor, supplementary, and precentral motor cortex during visually guided and internally determined sequential movements [Internet]. Sendai, Japan: J Neurophysiol. 1991 sep; 66 (3): 705-18. [Consultado 14 de julio, 2019] Disponible en: <https://doi.org/10.1152/jn.1991.66.3.705>
6. Roland PE., Larsen B., Lassen NA., Skinhøj E. Supplementary motor area and other cortical areas in organization of voluntary movements in man. J Neurophysiol [Internet]. 1980 [Consultado 12 de julio, 2019]; 43(1):118-36. Disponible en: <https://doi.org/10.1152/jn.1980.43.1.118>
7. Ghez C., Krakauer J. The Organization of Movement. En: Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM, Art Editor. Principles of Neural Science. McGraw Hill Medical. USA: McGraw-Hill; 2000. 654-673.
8. Campbell SK. The test of infant motor performance. Test User's manual version 2.0. Chicago: Infant Motor performance scale; 2005.
9. Ernst A, Alkass, K, Bernard, S., Salehpour, M., Perl, S., Tisdale, J., Possnert, G., Druid, H., Frisé, J. Neurogenesis in the Striatum of the Adult Human Brain. Cell [Internet]. 2014 [Consultado 12 de julio, 2019]; 156(5):1072-83. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24561062>.
10. Shumway-Cook, A., Woollacott, M.H. Motor Control: Translating Research Into Clinical Practice. 4 edition. Wolters Kluwer, Lippincott Williams & Wilkins. USA: 2012.
11. Voorman JM, Dallmeijer AJ, Knol DL, Lankhorst GJ, Becher JG. Prospective longitudinal study of gross motor function in children with cerebral palsy. Arch Phys Med Rehabil [Internet]. 2007 [Consultado 20 de julio, 2019]; 88(7):871-6. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17601467>
12. Díaz Lucea, J. La enseñanza y aprendizaje de las habilidades y destrezas motrices básicas. 1ª Ed. Barcelona: Ed. Inde; 1999.
13. Ruiz Pérez, LM. Desarrollo motor y actividades físicas. 1ª Ed. Madrid: Gymnos; 1987.

14. Matsuo Y, Asai Y, Nomura T, et al. Intralimb incoordination in patients with ataxia. *Neuroreport*. 2003; 14(16):2057-9.
15. Berruero, P. La grafomotricidad, el movimiento de la escritura. *Iberoamericana de psicomotricidad*: 2002; 4-7
16. Matsuo Y, Asai Y, Nomura T, et al. Intralimb and Interlimb Incoordination: Comparative Study between Patients with Parkinsonism and with Cerebellar Ataxia. *J Jpn Phys Ther Assoc*. [Internet]. 2005 [Consultado 5 de agosto 2019]; 8(1):47-52. Disponible en: doi:10.1298/jpp-ta.8.47
17. Smits DW, Groenestijn AC., Ketelaar M., Scholtes VA., Jules G. Selective motor control of the lower extremities in children with cerebral palsy. *Developmental Neurorehabilitation* [Internet]. 2010 [Accessed August 2, 2019]. 13(4): 258-265. Available in: doi: 10.3109/17518421003705698
18. Boyd, R. and Graham, HK. Objective Measurement of Clinical Findings in the Use of Botulinum Toxin Type A for the Management of Children with Cerebral Palsy. *European Journal of Neurology* [Internet]. 1999 [Consultado 2 de agosto 2019]; (6): S23-S35. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1468-1331.1999.tb00031.x>
19. Fowlerphd Eg., Staudtms La., Greenbergms Mb., Loppenheimmd W. Selective Control Assessment of the Lower Extremity (SCALE): development, validation, and interrater reliability of a clinical tool for patients with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology* [Internet]. 2009 [Consultado 10 de agosto 2019]; (51): 607-614. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1469-8749.2008.03186.x>
20. Price C., Rodgers H., Franklin P., Curless R., Johnson G. Glenohumeral Subluxation, Scapula Resting Position, and Scapula Rotation After Stroke: A Noninvasive Evaluation. *Arch Phys Med Rehabil* [Internet]. 2001 [Consultado 3 de agosto 2019]; (82): 955-960. Disponible en: [https://www.archives-pmr.org/article/S0003-9993\(01\)41559-0/pdf](https://www.archives-pmr.org/article/S0003-9993(01)41559-0/pdf)
21. Hayes KW., Sullivan JE. Reliability of a New Device Used to Measure Shoulder Subluxation. *Physical Therapy* [Internet]. 1989 [Consultado 4 de agosto 2019]; 69(9): 762-767. Disponible en: <https://www.feinberg.northwestern.edu/sites/pthms/docs/hayes-sullivan-pt-1989---jane-sullivan.pdf>
22. Tzannes A, Paxinos A, Callanan M, Murrell GA. An assessment of the interexaminer reliability of tests for shoulder instability. *J Shoulder*

- Elbow Surg. [Internet]. 2004 [Consultado 3 de agosto 2019]; 13(1):18-23. Disponible en: [10.1016/S1058274603002453](https://doi.org/10.1016/S1058274603002453)
23. Zinder SM, Granata KP, Padua DA, Gansneder BM. Validity and reliability of a new in vivo ankle stiffness measurement device. *J Biomech* [Internet]. 2007 [Consultado 2 de agosto 2019]; 40(2):463-7. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16458900>
 24. Manor B., Wolenski P., Li L. Faster walking speeds increase local instability among people with peripheral neuropathy. *Journal of Biomechanics* [Internet]; 2008 [Consultado 3 de agosto 2019]; 41(13): 2787-2792. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2008.07.006>
 25. DeHaven, GE. Mordock, JB., Loykovich, JM. Evaluation of Coordination Deficits in Children with Minimal Cerebral Dysfunction. *Physical Therapy* [Internet]. 1969 [Consultado 11 agosto 2019]; 49(2):153-157. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/ptj/49.2.153>
 26. Yi TI, Jin JR, Kim SH, Han KH. Contributing factors analysis for the changes of the gross motor function in children with spastic cerebral palsy after physical therapy. *Ann Rehabil Med*. 2013; 37(5):649-657. doi:10.5535/arm.2013.37.5.649
 27. Parque EY. Estabilidad del sistema de clasificación de la función motora bruta en niños con parálisis cerebral durante dos años. *BMC Neurol*. 2020; 20(1):172. Publicado 2020, 6 de mayo. doi:10.1186/s12883-020-01721-4
 28. Rosenbaum PL, Walter SD, Hanna SE, Palisano RJ, Russell DJ, Raina P, Wood E, Bartlett DJ, Galuppi BE. Prognosis for gross motor function in cerebral palsy: creation of motor development curves. *Jama*. 2002; 288(11):1357-1363. doi: 10.1001/jama.288.11.1357.
 29. Fugl-Meyer AR, Jääskö L, Leyman I, Olsson S, Steglind S. The post-stroke hemiplegic patient. A method for evaluation of physical performance. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*. 1975; 7:13-31. Disponible en: http://www.neurophys.gu.se/sektioner/klinisk-neurovetenskap/forskning/rehab_med/fugl-meyer
 30. Gladstone DJ, Danells CJ, Black SE. The fugl-meyer assessment of motor recovery after stroke: a critical review of its measurement properties. *Neurorehabil Neural Repair*. 2002; 16(3):232-40. Disponible en: [10.1177/154596802401105171](https://doi.org/10.1177/154596802401105171)
 31. Demeurisse G, Demol O, Robaye E. Motor evaluation in vascular hemiplegia. *Eur Neurol*. 1980; 19(6):382-9. Disponible en: [10.1159/000115178](https://doi.org/10.1159/000115178)

32. Daryl L. Bohac, James Malec, Anne M. Moessner. Factor analysis of the Mayo-Portland Adaptability Inventory: structure and validity. Published in *Brain injury* 1997. Disponible en: [10.1080/bij.11.7.469.482](https://doi.org/10.1080/bij.11.7.469.482)
33. Wolf SL, Catlin PA, Ellis M, Archer AL, Morgan B, Piacentino A. Assessing Wolf motor function test as outcome measure for research in patients after stroke. *Stroke*. 2001; 32(7):1635-9. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11441212>
34. Morris DM, Uswatte G, Crago JE, Cook EW 3rd, Taub E. The reliability of the wolf motor function test for assessing upper extremity function after stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2001; 82(6):750-5. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11387578>
35. Collin C, Wade D. Assessing motor impairment after stroke: a pilot reliability study. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1990 Jul; 53(7):576-9. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2391521>
36. Cote R, Battista RN, Wolfson C, Boucher J, Adam J, Hachinski V. The Canadian Neurological Scale: Validation and reliability assessment. *Neurology* 1989; 39:638-643. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2710353>
37. Loewen SC, Anderson BA. Reliability of the Modified Motor Assessment Scale and the Barthel Index. *Phys Ther*. 1988; 68(7):1077-81. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3387463>
38. Mathieu J, Boivin H, Meunier D, Gaudreault M, Bégin P. Assessment of a disease-specific muscular impairment rating scale in myotonic dystrophy. *Neurology*. 2001; 56:336-40.
39. Mayo NE. Effect of physical therapy for children with motor delay and cerebral palsy: a randomized clinical trial. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*. 1991; 70: 258-267. Disponible en: https://journals.lww.com/ajpmr/abstract/1991/10000/the_effect_of_physical_therapy_for_children_with.6.aspx