

UNIVERSIDAD ABIERTA INTERAMERICANA

FACULTAD DE MEDICINA Y CIENCIAS DE LA SALUD

LICENCIATURA EN KINESIOLOGÍA Y FISIATRÍA

TRABAJO FINAL DE GRADO



Evaluación de la Imaginación Motora

AUTOR: Aranda Velez, Matías Ricardo

TUTOR: Russo, Horacio

2020

Índice

AGRADECIMIENTOS	2
RESUMEN	3
INTRODUCCIÓN	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
OBJETIVO GENERAL	6
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
JUSTIFICACIÓN	7
MARCO TEÓRICO	8
ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
BASES TEÓRICAS.....	12
1. IMAGINACIÓN MOTORA	12
2. NEUROPLASTICIDAD	18
3. APRENDIZAJE MOTOR	20
4. CONTROL MOTOR.....	26
DISEÑO METODOLÓGICO.....	30
RESULTADOS	32
KVIQ	33
VMIQ.....	36
VMIQ-2.....	38
MIQ-RS	40
TAMI	42
TDMI	44
CONCLUSIÓN Y DISCUSIÓN	45
BIBLIOGRAFÍA.....	47

Agradecimientos

Quiero agradecer al profesor Horacio Russo, quien con inmensa dedicación y predisposición me ha brindado su apoyo y conocimiento en la construcción del presente trabajo, guiándome por el camino correcto para abordar la temática elegida.

Le agradezco a la profesora Beatriz Crespo por el esmero brindado en cada corrección para optar siempre por la información más acertada y encaminarme hacia un mejor abordaje del presente trabajo.

A mi familia, por el apoyo y motivación brindados durante estos años.

A mis compañeros, por los momentos vividos, los cuales dejan hermosas experiencias y recuerdos.

Resumen

Introducción: La Imaginación Motora es una técnica de rehabilitación utilizada en el área neurológica que tiene una utilidad muy amplia. Esta se basa en la capacidad de generar imágenes mentales del cuerpo en movimiento. Sin embargo la evaluación de sus resultados puede diferir de acuerdo al instrumento de evaluación que se utilice.

Objetivo: Describir los instrumentos evaluativos pertenecientes a la Imaginación Motora.

Metodología: El presente trabajo optó por una metodología de tipo Revisión Narrativa. La investigación se centró casi de manera exclusiva en la base de datos y plataforma de bibliografía electrónica PubMed.

Resultados: Se obtuvieron 6 instrumentos evaluativos. Estos fueron KVIQ, VMIQ, VMIQ-2, MIQ-RS, TAMI y TDMI. Todos los instrumentos difieren en su metodología y aplicación clínica, pero parten de la base de la capacidad de generar imágenes mentales de movimientos. Utilizan cuestionarios con diferentes cantidades de ítems.

Introducción

Cuando se busca rehabilitar a un individuo que ha padecido una patología neurológica con afección de sus capacidades cognitivas, o bien que desea mejorarlas, se recurre a la rama neurológica de la rehabilitación. Es aquí que se pondrán a prueba la aplicación de diversos métodos y técnicas para potenciar esa rehabilitación y posterior readaptación del individuo implicado.

Esto implicará un trabajo interdisciplinario de diversas ciencias implicadas en un objetivo común: la Rehabilitación. Es por ello que tanto la Neurología, la Kinesiología, la Terapia Ocupacional, la Psicología, entre otras, deberán colaborar en conjunto para llevar a cabo ese objetivo común.

Si bien el presente trabajo tendrá una orientación hacia la Kinesiología, resulta imposible desligarse de las demás ciencias debido a lo mencionado en el párrafo anterior.

Planteamiento del problema

La Imaginación Motora es una técnica neurocognitiva utilizada tanto en el área de la kinesiología como así también en la terapia ocupacional y la psicología. Por lo tanto estas comparten similitudes en el tratamiento pero con un enfoque distinto. Lo interesante de dicha técnica es que permite ser evaluada, de tal manera que es posible comprobar la efectividad del tratamiento, o bien las consecuencias provocadas por el mismo.

Ante la variedad de instrumentos evaluativos existentes para evaluar los cambios ocasionados por la utilización de la imaginación motora dentro de un tratamiento rehabilitador, es necesario conocer aquellos que permiten comprobar si el mismo produce modificaciones a nivel de la Primera Neurona o de la Segunda Neurona. Aquellos destinados a la evaluación de la Primera Neurona son los que resultan más relevantes y que arrojan los mejores resultados para comprobar la efectividad del tratamiento aplicado.

Es por ello que el presente trabajo se propone recopilar aquellos instrumentos con el enfoque puesto en el análisis de la Primera Neurona, los cuales proporcionan la información más acertada acerca de la efectividad de la técnica mencionada.

Objetivo general

Describir los instrumentos evaluativos pertenecientes a la Imaginación Motora.

Objetivos específicos

- Recolectar los test específicos de la Imaginación Motora.
- Describir las particularidades de cada sistema evaluativo.
- Describir el procedimiento de aplicación.

Justificación

El presente trabajo de investigación se enfocará en la recopilación de test y escalas evaluativas utilizadas en la técnica de Imaginación Motora. Se buscará los instrumentos evaluativos más relevantes, con sus determinados propósitos y procedimientos de aplicación.

Así, el trabajo permitiría una mejor elección de determinados instrumentos al momento de evaluar los resultados obtenidos de la práctica de la Imaginación Motora, teniendo la posibilidad de seleccionar el sistema evaluativo indicado para cada ocasión.

Esta elección habilitaría la posibilidad de determinar con mayor efectividad las secuelas generadas por la patología para poder, de esta manera, enfocarse mejor en esos aspectos que se encuentran afectados. Si se supone como premisa la correcta elección del test indicado para la ocasión determinada, esto supondría un mayor análisis previo de la situación del paciente y su posterior evaluación.

Marco teórico

ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

El término estimulación cognitiva hace referencia a todas aquellas actividades dirigidas a mejorar el rendimiento cognitivo general o alguno de sus procesos y componentes (atención, memoria, lenguaje, funciones ejecutivas, etc.), ya sea ésta en sujetos sanos o en pacientes con algún tipo de lesión en el sistema nervioso central (1).

Los primeros trabajos centrados en la rehabilitación de pacientes con lesiones cerebrales consideraban que el tratamiento debía ir dirigido a la restauración de la función alterada. Sin embargo, también proponían enseñar al paciente estrategias compensatorias que le permitieran realizar diferentes actividades funcionales en la vida cotidiana. Esta idea continúa siendo de plena actualidad.

En algunos contextos se usa el término rehabilitación, que va más allá e implica el restablecimiento de la situación de los pacientes al grado de funcionamiento más alto posible a nivel físico, psicológico y de adaptación social. Esto incluye poner todos los medios posibles para reducir el impacto de las condiciones que son discapacitantes y para permitir a los pacientes alcanzar un nivel óptimo de integración social.

Se han distinguido dos posibles abordajes en rehabilitación neuropsicológica:

- a) Restauración de las funciones alteradas, interviniendo directamente sobre ellas con el fin de que alcancen un rendimiento lo más normalizado posible.

- b) Compensación de las funciones, dirigida a facilitar la rehabilitación de actividades funcionales, mediante estrategias alternativas o ayudas externas que reduzcan la necesidad de requisitos cognitivos.

Para abordar mejor la temática debemos posicionarnos en el concepto de técnicas neurocognitivas.

Las técnicas neurocognitivas son un conjunto de procedimientos clínicos utilizados en rehabilitación con el objetivo de la intervención funcional, directa sobre el tejido nervioso central, en pacientes que presentan lesiones en la representación mental del movimiento (2). Estas técnicas cursan con las siguientes características:

- Son restaurativas, aún en pacientes crónicos.
- Son etiológicas.
- El aprendizaje y la neuroplasticidad guían su protocolo.

Existe una marcada diferencia de terapias en neurorehabilitación (ver figura 1). Esto se delimita en cuanto a la orientación del tratamiento de acuerdo a la neurona a trabajar:

- Primera neurona.
- Segunda neurona.

Figura 1

DIFERENCIA DE TERAPIAS EN NEUROREHABILITACIÓN					
TRATAMIENTO	NEURONA	ESTRUCTURA	TERRITORIO FUNCIONAL	FACILITACIÓN	TERAPIAS
Sintomatología	2da	Nervio	Receptores sensoriales	Refleja	EE. Fortalecimiento muscular
		Músculo	Tipos de contracciones	Propioceptiva	Facilitación refleja y patrón muscular
		Cadena muscular	Reflejos y sinergia muscular	Refuerzo muscular	Repetición de movimiento
Etiología	1ra	Corteza	Actividad cortical	Aprendizaje	Imaginación motora
		Representación mental	Cognición, atención, memoria	Planificación motora	Comparación entre acciones
		percepción	Lenguaje	Percepción multisensorial	Memoria prelesional

Debido a esta clasificación en el tratamiento también existe diferencia en la evaluación. Por ello se evalúa de acuerdo a la estructura que se ha tratado. Esto demarcó una diferenciación en los diferentes instrumentos evaluativos recolectados.

Si nos centramos en los instrumentos evaluativos referidos a la Segunda Neurona, la cual está orientada a la verificación de la integridad del nervio, músculo y/o cadena muscular, se encontró una gran variedad de test con diferentes enfoques. Los instrumentos evaluativos encontrados fueron:

- Fugl-Meyer scale (3)(4).
- MAL-30 scale (5).
- ARAT (6).
- Escala de Tinetti (7).
- Time Up and Go test (8).

En cuanto a los instrumentos evaluativos destinados al análisis de la Primera Neurona se encontró una gran diversidad de los mismos. Tienen un enfoque sobre la corteza, representación mental y percepción del cuerpo. Si bien existen

algunos test más habituales, también se encontraron algunos creados más recientemente lo que da esa variabilidad de los mismos al momento de evaluar.

Los instrumentos fueron:

- VMIQ (9).
- VMIQ-2 (10).
- KVIQ (11)(12).
- TDMI (12).
- TAMI (13).
- MIQ-RS (14).

BASES TEÓRICAS

1. IMAGINACIÓN MOTORA

Imaginación motora, imaginería motora, imaginería mental o práctica mental, son sinónimos utilizados para nombrar a una técnica neurocognitiva utilizada tanto en rehabilitación como también a nivel deportivo. Ahora bien debemos definir la técnica neurocognitiva en la cual nos centraremos: la Imaginación Motora.

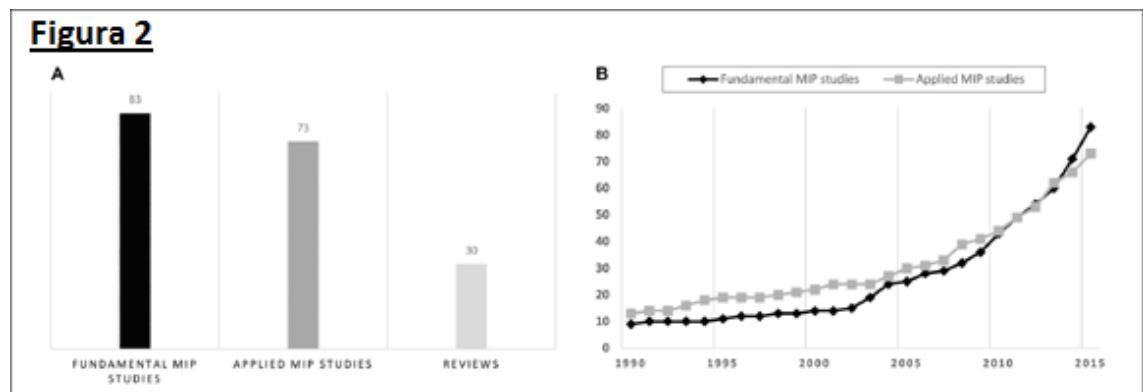
La imaginación motora (IM) es una capacidad cognitiva que permite que un sujeto realice y experimente acciones motoras en la mente sin implicar a los músculos en la ejecución del movimiento. Esta técnica no sólo tiene su aplicación en un proceso de rehabilitación de un paciente con una patología neurológica, sino que además se la utiliza para mejorar el rendimiento deportivo, aprender a tocar un instrumento, disminuir la ansiedad, reducir el dolor, entre otras aplicaciones (15).

Cuando se habla de la práctica de imaginación motora (PIM) se refiere al uso repetitivo de IM para mejorar el rendimiento. La investigación de la PIM generalmente combina enfoques psicológicos y neurofisiológicos, y además representa un tema de investigación relevante para la neurociencia integradora (16).

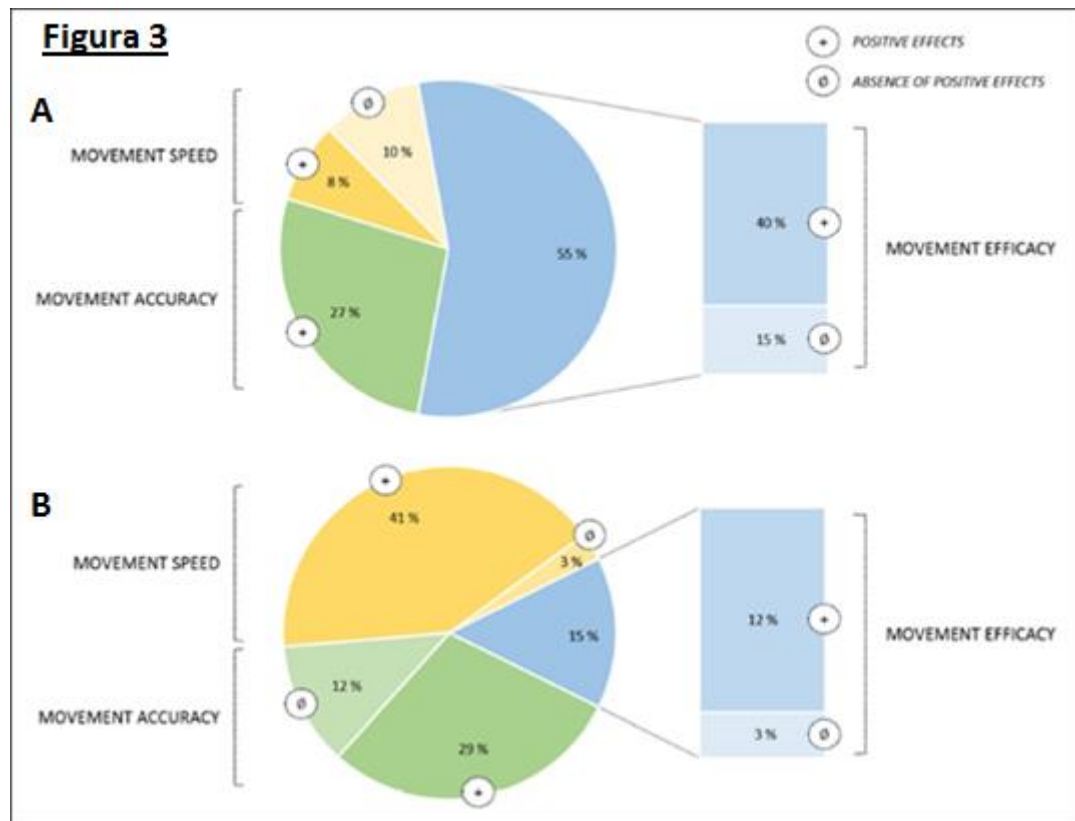
1.1 Evidencia científica

La Imaginación Motora es una de las técnicas neurocognitivas más estudiadas y con más fundamentos desde los años '90 hasta hoy.

Como se puede apreciar en el gráfico A (ver Figura 2) los artículos de PIM incluyeron estudios de fundamentación, aplicación y revisión de los mismos. Mientras que en el gráfico B (ver Figura 2) se puede observar que el número de investigación sobre la PIM es cada vez más numerosa. Esta recopilación de artículos consta desde enero de 1990 hasta junio de 2015 (17).



Estos estudios han sido analizados de tal manera que se puede apreciar los parámetros de movimiento afectados (velocidad, precisión y eficacia) a través de PIM. Se encuentran algunas diferencias de acuerdo al gráfico A (ver Figura 3) que visualiza los estudios aplicados con respecto al gráfico B (ver Figura 3) que se enfoca en los estudios de fundamentación.



1.2 Utilidad de la imaginación motora

En la revisión de Guillot, A., & Collet, C. (18) se propone un modelo integrador para facilitar la comprensión y el uso de esta técnica.

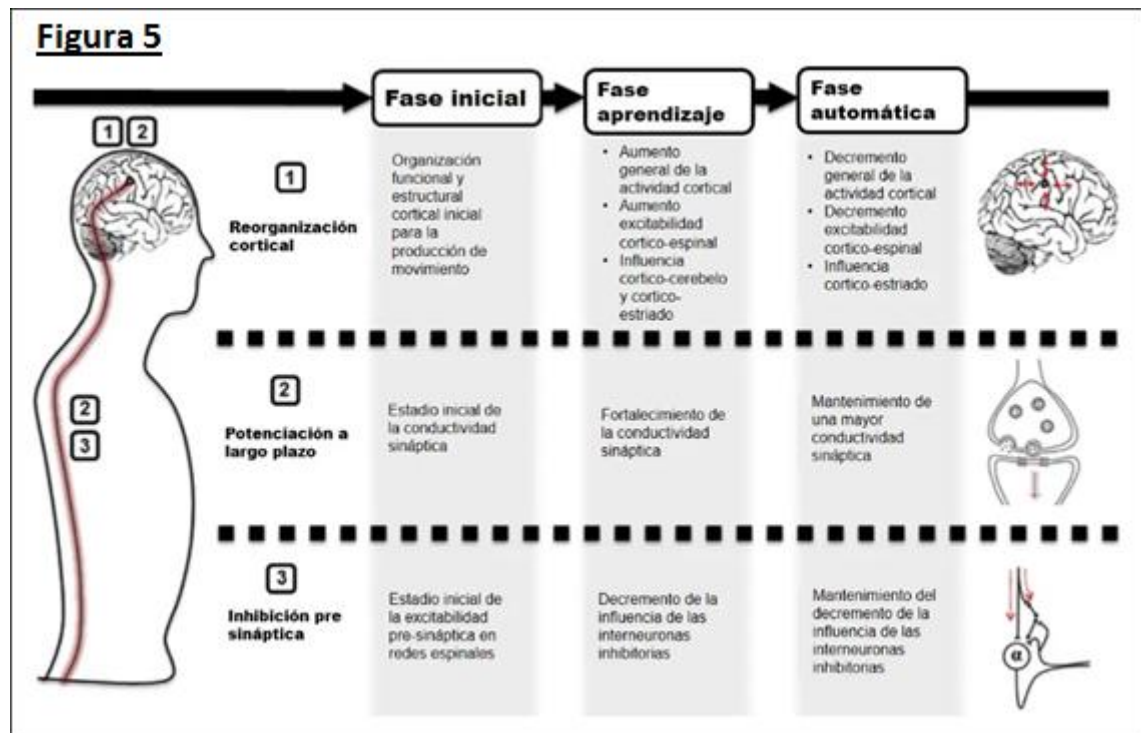
Como se observa en el modelo integrador (ver Figura 4), los objetivos y usos propuestos por esta herramienta neurocognitiva se pueden resumir en 4 categorías:

- Aprendizaje y rendimiento motor.
- Motivación, autoconfianza y ansiedad.
- Estrategias y resolución de problemas.
- Rehabilitación de lesiones.

Figura 4

1.3 Cambios neurofisiológicos

Los mecanismos neurales centrales y periféricos que podrían producirse a través de la realización de la IM para el aprendizaje motor, fueron analizados en una revisión de Ruffino et al. (19). La plasticidad neural a nivel cortical, el refuerzo de la conductividad de la sinapsis y la disminución de la inhibición presináptica a nivel espinal podrían ser parte de la modulación neural después de la PIM (ver Figura 5).

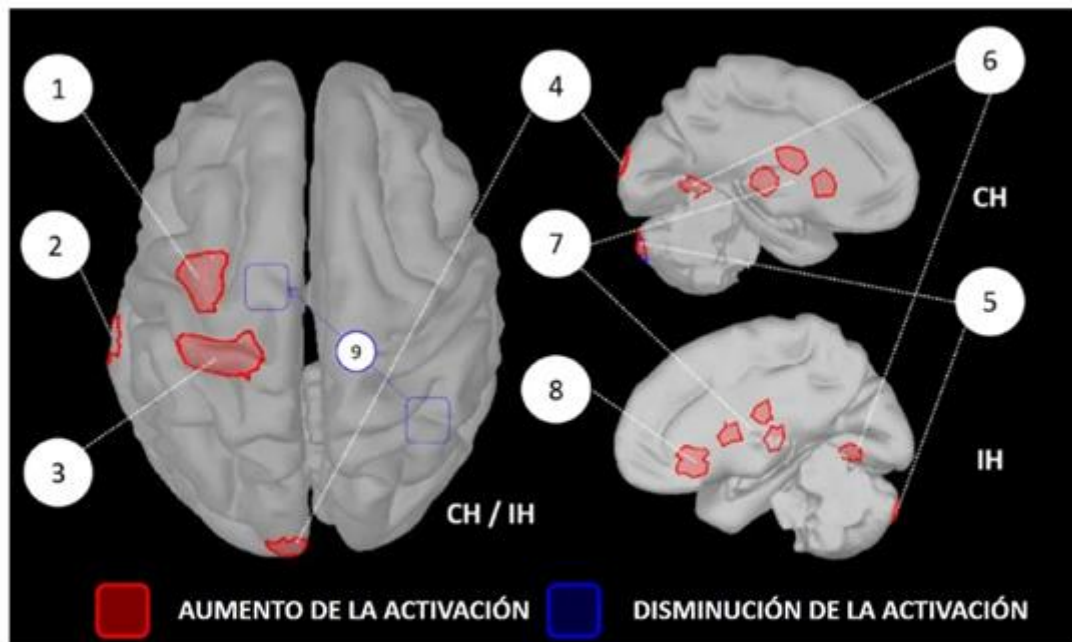


Los cambios a diferentes niveles neurales en los diferentes estadios de aprendizaje motor consisten en los siguientes:

- **Nivel cortical:** Tanto el mapa cortical que representa los músculos entrenados como la excitabilidad corticoespinal aumentarían durante las primeras semanas de aprendizaje, luego disminuirían con la estabilización del rendimiento en la fase automática. Al principio, las redes cortico-cerebelosas y cortico-estriatales se activan en la fase de aprendizaje, mientras que solo el segundo recuerda los patrones motores cuando se automatiza el movimiento.
- **Nivel cortical y espinal:** El proceso neural de potenciación a largo plazo puede ocurrir para fortalecer la sinapsis. La producción motora subliminal generada durante la IM puede reforzar la sensibilidad y conductividad de la sinapsis en las vías corticoespinales involucradas.
- **Nivel espinal:** La disminución de la inhibición presináptica también puede facilitar la conductividad de la señal. La creciente influencia de las vías descendentes en las estructuras espinales es un componente clave de la experiencia motora en una actividad específica. La salida motora descendente provocada durante la IM podría producir cambios similares en la inhibición presináptica.

Di Renzo et al. (17) ha presentado una representación que muestra la reorganización funcional de las redes cerebrales que controlan el rendimiento físico de una tarea motora aprendida con PIM (ver figura 6).

Figura 6



2. NEUROPLASTICIDAD

A través de la imaginación motora se busca rehabilitar las capacidades cognitivas del paciente. Para ello se debe basar en sustentos biológicos que permitan desarrollar su metodología de aplicación. El concepto que se utiliza como base de la rehabilitación neurocognitiva es la neuroplasticidad.

La neuroplasticidad es la capacidad de las células del sistema nervioso para regenerarse morfológica y funcionalmente, después de estar sujetas a influencias patológicas ambientales o del desarrollo, incluyendo traumatismos y enfermedades, permitiendo una respuesta adaptativa a la demanda funcional (20).

El concepto de neuroplasticidad engloba una dimensión muy amplia que abarca diversos procesos que tiene lugar en los planos morfológico fisiológico y neuroquímico.

2.1 Mecanismos morfológicos

- **Neurogénesis:** Consiste en la producción de nuevas células del sistema nervioso central (SNC), tanto neuronas como células gliales.
- **Colateralización y sinaptogénesis reactiva:** Formación de ramificaciones nerviosas a partir de axones intactos e ilesos después del traumatismo (colateralización). Luego se produce la formación de nuevas sinapsis que reemplazan a las que se han perdido (sinaptogénesis reactiva).
- **Regeneración axonal:** Consiste en la reparación y el crecimiento de los axones dañados tras la lesión.

2.2 Mecanismos fisiológicos

- **Plasticidad sináptica a corto plazo:** Las sinapsis silentes (aquellas conexiones que normalmente permanecen en estado inerte) pueden activarse funcionalmente en situaciones excepcionales como el neurotraumatismo, pudiendo llegar a influir en la recuperación del paciente.
- **Plasticidad sináptica a largo plazo:** La eficacia sináptica puede ser facilitada mediante mecanismos vinculados al proceso de potenciación a largo plazo.
- **Cambios en los circuitos neuromodulatorios:** La actividad neuronal puede ser modulada por mecanismos neurofisiológicos dirigidos a controlar su actividad presináptica y postsináptica (facilitando o inhibiendo).

2.3 Mecanismos neuroquímicos

- **Neurotransmisores:** Se conoce que la plasticidad del SNC también puede ser mediada por un cambio en el nivel de los neurotransmisores. Los cambios en las concentraciones de los neurotransmisores pueden darse en otras zonas del SNC o en el sistema nervioso periférico.
- **Receptores de los neurotransmisores:** En el plano celular también se ha visto que los receptores de los neurotransmisores del sistema nervioso pueden sufrir cambios con una lesión.

3. APRENDIZAJE MOTOR

Si bien la IM tiene varias aplicaciones en diferentes disciplinas, para un Kinesiólogo los cambios neurofisiológicos que resultan de mayor relevancia son aquellos relacionados al aprendizaje, especialmente el aprendizaje motor. Esto se debe a que la Kinesiología estudia el movimiento, y con ello se busca mejorarlo desde la primera fase del mismo: trabajando sobre la primera neurona.

El aprendizaje es la capacidad de cambiar la conducta como fruto de la experiencia, permitiendo que un individuo se adapte a nuevas situaciones ambientales y sociales (21). El aprendizaje es un proceso de desarrollo, ya que la plasticidad del cerebro permite la maleabilidad del mismo a través de la experiencia. Este proceso implica tanto una atención focalizada (capacidad del cerebro de centrarse en un estímulo objetivo) como una percepción periférica (aquella información más allá del foco de atención) (22)(23).

En el “lenguaje” del sistema nervioso, aprender significa producir una referencia básica a través de los patrones neuronales construidos e incorporados a lo largo de las diversas etapas comprendidas entre el nacimiento y la madurez. El aprendizaje y la memoria se incorporan durante toda la vida, lo cual nos permite prepararnos para una situación de respuesta ante un estímulo anteriormente vivido (24).

El aprendizaje motor es definido como el conjunto de procesos internos asociados a la práctica y la experiencia, que producen cambios relativamente permanentes en la capacidad de producir actividades motoras, a través de una habilidad específica. Lo que aprendemos se almacena en nuestro cerebro y constituye lo que se denomina memoria. No se considera como aprendizaje las modificaciones a corto plazo (25).

El aprendizaje motor está implicado en gran parte de los aprendizajes asociativos instrumentales, aunque, en muchos casos, en estos aprendizajes la respuesta motora ha sido aprendida previamente al condicionamiento (26).

Muchos de los procedimientos motores en un primer estadio de aprendizaje necesitan de la participación de la memoria explícita. A medida que se modifica el aprendizaje motor, deja de ser voluntario, se automatiza y se vuelve más implícito. La corteza parece controlar programas motores novedosos y que requieran flexibilidad. Por el contrario, las estructuras subcorticales controlan los programas motores más ensayados y los hábitos motores que se ejecutan más rígidamente.

En el proceso del aprendizaje motor de una nueva habilidad o movimiento se distinguen varias fases o etapas (27):

- **Etapá rápida** (una mejora en el rendimiento ocurre dentro de una sola sesión de entrenamiento).
- **Etapá lenta** (se pueden ver más ganancias en varias sesiones de práctica).
- **Etapá de consolidación** (se pueden experimentar aumentos espontáneos en el rendimiento después de un período latente de más de 6 horas luego de la primera sesión de práctica).
- **Etapá automática** (la tarea motora requiere recursos cognitivos mínimos, y es resistente a la interferencia y los efectos del tiempo).
- **Etapá de retención** (la habilidad motora se puede ejecutar fácilmente después de largas demoras sin más práctica en la tarea).

3.1 Sistema funcional de Anokhin

Los hallazgos y posteriores teorías realizados por Pavlov y Anokhin se construyeron sobre la base de una amplia base experimental y una metodología claramente estructurada. Esto permitió comprender mejor el funcionamiento del sistema nervioso, en especial del cerebro; y además sirvieron como base fundamental en la cual crear nuevas técnicas de rehabilitación neurológica, tal como la imaginación motora.

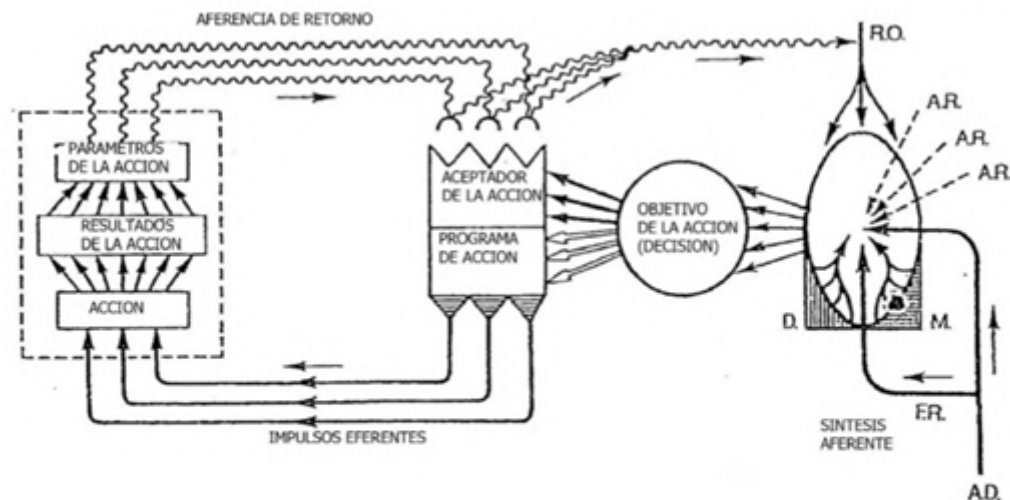
El abordaje soviético, respecto al occidental, se caracteriza porque tiende a un conocimiento más dinámico y global de las funciones cerebrales, deteniéndose sobre todo en la evolución filogenética y ontogenética en el ámbito de la adaptación del individuo al ambiente y la conservación de la especie. Este enfoque ha permitido afrontar directamente el problema de las bases orgánicas del comportamiento en sus fundamentos neurofisiológicos, estableciendo un enlace programático entre la neurofisiología y la psicología.

Petr Kuzmich Anokhin, fisiólogo ruso, elaboró el concepto de Sistema Funcional para designar un conjunto de estructuras y procesos diversamente localizados pero funcionalmente orientados al logro de un determinado objetivo biológico.

Los Sistemas Funcionales son organizaciones funcionales clínicas que relacionan continuamente al sistema nervioso central (SNC) con señales sobre los efectos de la acción en curso, permitiendo al organismo alcanzar el resultado final, es decir el objetivo prefijado. La síntesis de estas señales informa momento a momento a los centros superiores del sistema nervioso sobre el estado actual de la acción y sobre la discrepancia entre el resultado alcanzado y el programado (28).

La arquitectura del sistema funcional (ver figura 7) muestra la secuencia de acciones durante la implementación de un sistema funcional.

Figura 7



Esquema de la arquitectura del acto comportamental con todos los mecanismos nodales del sistema funcional del acto comportamental

A.D.: ESTIMULACION

F.R.: FORMACION RETICULAR

A.R.: AFERENCIA DE RETORNO

R.O.: REACCION DE ORIENTACIÓN

D.: MOTIVACION DOMINANTE

M.: MEMORIA

Al principio, tiene lugar una síntesis aferente, que acumula señales del entorno externo, la memoria y la motivación del sujeto. Sobre la base de una síntesis aferente, se toma una decisión de la cual se forma un programa de acción y un aceptador del resultado de la acción, un pronóstico de la efectividad de la acción tomada. Después de lo cual la acción se realiza directamente y se eliminan los parámetros físicos del resultado.

Una de las partes más importantes de esta arquitectura es la aferencia inversa: retroalimentación, que le permite juzgar el éxito de una o muchas acciones. Esto permite que el sujeto aprenda directamente, ya que al comparar los parámetros físicos del resultado obtenido y el resultado predicho, es posible evaluar la efectividad del comportamiento dirigido.

Dichos sistemas funcionales se desarrollan en el proceso: evolución y el aprendizaje permanente. Todo el propósito de la evolución es el desarrollo de sistemas funcionales que den el mejor efecto adaptativo. Tales procesos se

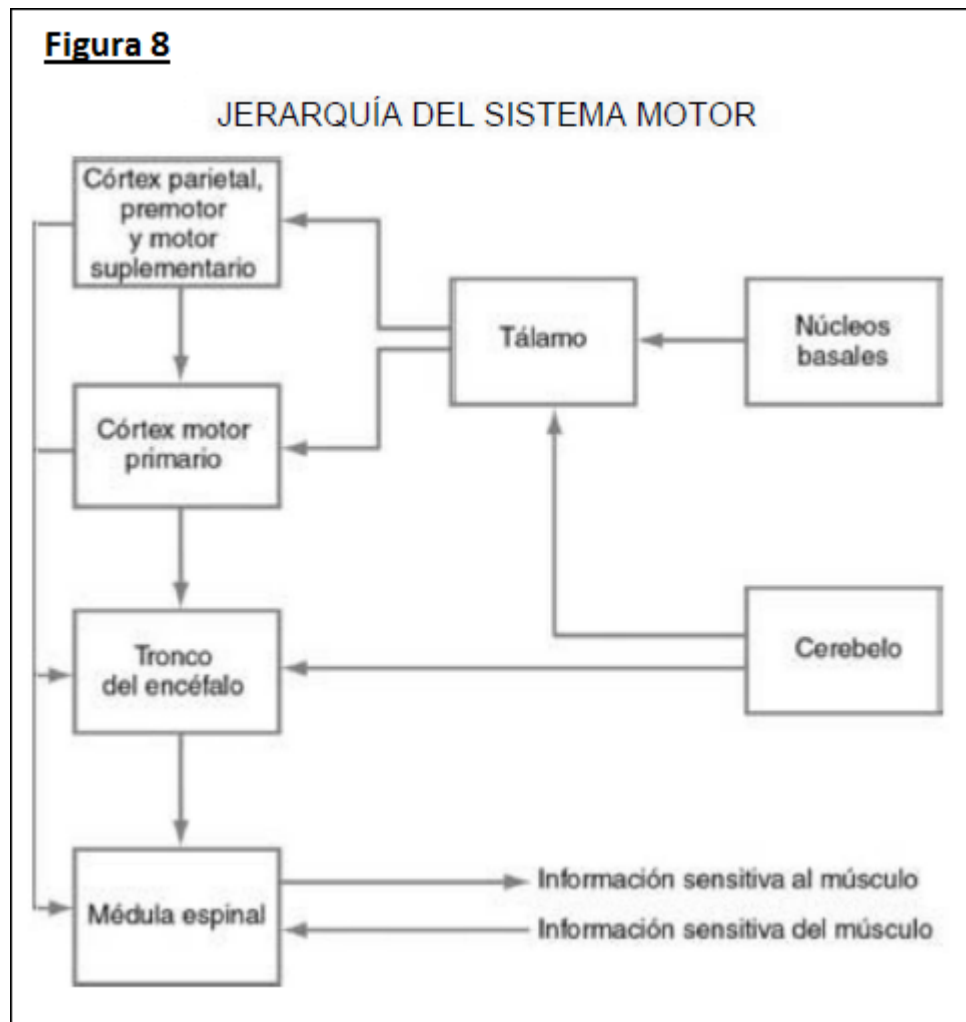
denominan colectivamente: sistemogénesis primaria. La Sistemogénesis es la formación de nuevos sistemas en el proceso de aprendizaje.

En el marco del concepto de aprendizaje basado en el sistema, la formación de un nuevo sistema se considera como la formación de un nuevo elemento de experiencia individual en el proceso de aprendizaje (29). La formación de nuevos sistemas funcionales durante el aprendizaje se basa en la selección de neuronas de la "reserva" (presumiblemente células de baja actividad o "silenciosas"). Estas neuronas pueden designarse como células especializadas.

La selección de neuronas depende de sus propiedades individuales, es decir, de las características de sus "necesidades" metabólicas. Esta especialización de las neuronas con respecto a los sistemas recién formados es constante. Este proceso se llama sistemogénesis secundaria.

4. CONTROL MOTOR

El control del movimiento se puede explicar mediante una organización jerárquica del sistema motor (ver figura 8). Los datos indican que las conexiones directas entre los diferentes centros del tronco del encéfalo y del córtex con la médula, que actúan como un conjunto de sistemas, pueden ser más importantes de lo que se pensaba, y que la organización jerárquica quizá lo sea menos (30)(31)(32).



Córtex motor primario (CMI): El córtex motor primario (MI) está organizado con arreglo a un mapa somatotópico detallado del cuerpo (ver figura 9). CMI está organizado en una serie de módulos o columnas verticales. La microestimulación de MI puede producir movimientos discretos de músculos individuales. Las neuronas de una misma columna reciben retroalimentación somatosensitiva. Estas conexiones forman parte de circuitos reflejos de larga latencia. La información sensitiva llega a CMI desde los sistemas somatosensitivos ascendentes indirectamente a la través de sinapsis en el tálamo y en el córtex somatosensitivo primario (CSI), de donde se deduce que las motoneuronas corticales están informadas del resultado de su orden. La actividad de las neuronas corticoespinales de CMI también se puede modificar durante un movimiento. Otras poblaciones de neuronas corticales de CMI codifican la dirección del movimiento.

Córtex motor suplementario: Contiene un mapa de la musculatura corporal completo, aunque con una organización menos precisa que la organización de CMI. Recibe información del lóbulo parietal y se proyecta a CMI y directamente a la formación reticular y a la médula espinal. La estimulación del córtex suplementario puede generar movimientos. Pero al contrario que los movimientos de un solo músculo que se provocan por estimulación de CMI, en estos movimientos intervienen secuencias o grupos de músculos, y orientan el cuerpo o las extremidades en el espacio. Además, se precisan estímulos de mayor intensidad para activar el córtex motor suplementario. El córtex motor suplementario interviene en la organización o planificación de la secuencia de activación muscular necesaria para realizar un movimiento, mientras que el córtex motor se ocupa principalmente de llevarlo a cabo.

Córtex premotor: Al igual que el córtex motor suplementario, esta región contiene una representación somatotópica de la musculatura corporal completa pero organizada con menos precisión que la de CMI. Recibe importantes aferencias de áreas sensitivas del córtex parietal y se proyecta a CMI, a la médula espinal y a la formación reticular. En función de estas conexiones, el

córtex premotor, al igual que el suplementario, interviene en la preparación del movimiento, es decir, organiza los ajustes posturales necesarios para realizar un movimiento.

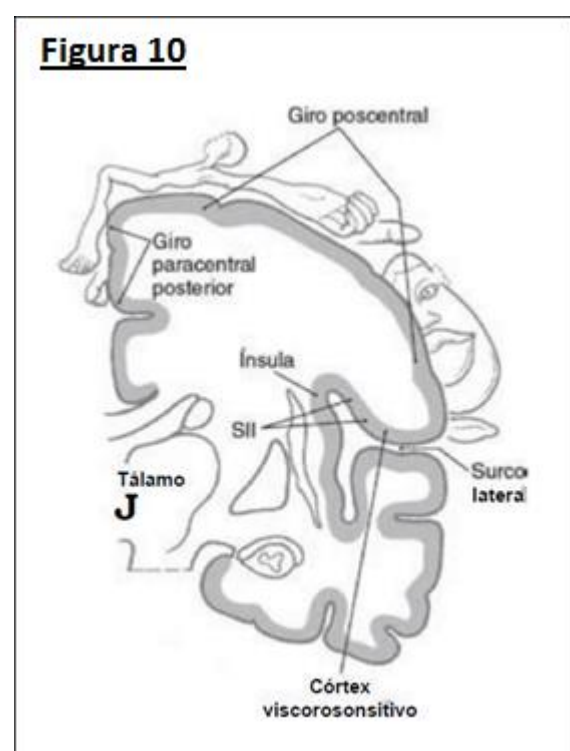
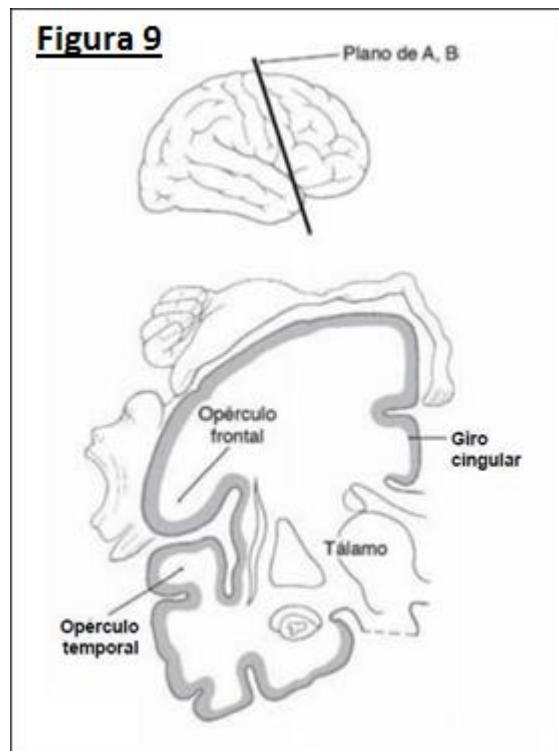
Córtex parietal posterior: Las regiones motoras del córtex parietal posterior comprenden las áreas 5 y 7 de Brodmann. Estas llevan a cabo parte de los “cálculos de fondo” necesarios para realizar movimientos en el espacio. El área 5 recibe extensas proyecciones del córtex somatosensitivo e información del sistema vestibular, mientras que el área 7 procesa la información visual relacionada con la localización de los objetos en el espacio.

Córtex motor cingular: Dos agrupaciones de neuronas corticoespinales se asocian al giro cingular. Cada una de ellas presenta una organización topográfica con respecto a sus proyecciones medulares, y cada una de ellas proyecta, además, al córtex motor primario. Debido a su proximidad al córtex límbico, estas motoneuronas pueden intervenir en movimientos que tengan un componente motivacional o emocional intenso.

Influencias cerebelosas y del globo pálido: Los núcleos basales y el cerebelo desempeñan funciones esenciales en el control del movimiento por medio de su interacción con las áreas del córtex cerebral relacionadas con el movimiento. Los núcleos cerebelosos y el globo pálido se proyectan principalmente en sus propias regiones espacialmente separadas, en el núcleo ventral anterior, ventral lateral y porción oral del núcleo ventral posterolateral del tálamo dorsal. Estas regiones del tálamo llamadas motoras originan proyecciones talamocorticales hacia CMI y el área motora suplementaria. Las zonas talámicas que reciben aferencias del globo pálido se proyectan principalmente al córtex motor suplementario, y las zonas talámicas que las reciben del cerebelo se proyectan a CMI.

Córtex somatosensitivo primario (SI): Esta región cortical está limitada por delante por el surco central y por detrás por el surco poscentral, y comprende el giro poscentral y el giro paracentral posterior. El córtex contiene una representación somatotópica de la superficie del cuerpo llamada

homúnculo (ver figura 10), que se dispone desde los pies hasta la lengua a lo largo del eje mediolateral. Las regiones corporales que presentan una elevada densidad de receptores, como las manos y los labios, contienen una cantidad de tejido cortical desproporcionadamente grande dedicada a su representación central. Por el contrario, las zonas con escasa densidad de receptores, como la espalda, tienen representaciones corticales pequeñas.



Diseño metodológico

El presente trabajo opta por una metodología de tipo Revisión Narrativa. La elección de una investigación de tipo secundaria permite centrarnos en una temática en particular y recolectar la bibliografía que se considere necesaria para continuar actualizándose en esta área, y así contribuir a los distintos profesionales que les resulte de interés el tema designado.

La investigación se centró casi de manera exclusiva en la base de datos y plataforma de bibliografía electrónica PubMed. Sin embargo se ha complementado la búsqueda gracias a la bibliografía otorgada por la cátedra y el tutor, además de algunas revistas del área de neurología vía web.

Estrategia de búsqueda

Se realizó la búsqueda en PubMed:

- La búsqueda de la bibliografía se inició a principios del mes de mayo del año 2020. Las palabras clave utilizadas fueron: “motor imagery” AND “evaluation”. Se mostraron 34 artículos de los cuales 10 han sido útiles, ya que el resto tenían una aplicabilidad clínica en el área de la psicología. Esto constituyó uno de los criterios de inclusión. Sin embargo esta búsqueda fue muy general, por lo que quedaron varios artículos descartados (8) por consenso del tutor y el autor del trabajo, pero permitieron especificar la búsqueda en los meses posteriores.
- En el mes de junio de 2020 se continuó con la búsqueda bibliográfica. Esta vez las palabras clave utilizadas fueron: “motor imagery” AND “evaluation” AND “test”. Los resultados mostraron 10 artículos, utilizando solo 2 de ellos, el resto hablaban de la efectividad del tratamiento o bien ya habían sido obtenidos previamente.

- En el mes de julio de 2020 se mantuvo la búsqueda pero con leves cambios. Se optó por la siguiente búsqueda de palabras clave: “motor imagery” AND “assessment” AND “test”. Se mostraron 11 artículos, utilizando 2 de ellos, el resto fueron obtenidos previamente o tenían enfoques psicológicos.

Como criterios de inclusión se estableció para todas las búsquedas la opción de “revisión” (review) como tipo de artículo a buscar. La opción de modificar los años de búsqueda no se indicó. Como criterios de exclusión se establecieron los artículos orientados a la intervención psicológica.

Por último, se debe indicar que tras la consulta y análisis de las referencias bibliográficas obtenidas de los artículos revisados, se ha incorporado nuevo material bibliográfico (7 artículos). Además esto provocó una orientación más específica al momento de la búsqueda en las bases de datos elegidas.

Muestra

La muestra final de los resultados quedó conformada por 13 artículos.

Resultados

Luego de la búsqueda de bibliografía referida a la temática propuesta, se llegó a la detección de un grupo de instrumentos evaluativos de una fiabilidad y validez aceptable, la cual demarca su utilización en la etapa evaluativa de la rehabilitación neurológica mediante la aplicación de la Imaginación Motora.

Estos instrumentos evaluativos refirieron una descripción sobre sus características principales y las diferencias encontradas entre ellos. Además se encontró su procedimiento de aplicación, el cual permitió detallar la forma y el enfoque que evalúa cada uno de ellos.

De estos instrumentos se optó por la selección específica de instrumentos evaluativos referidos y utilizados en la imaginación motora. Esto se refiere a que los test evaluaron la Primera Neurona y sus estructuras de análisis lo cual conlleva a la especificidad en la evaluación de la técnica aplicada.

Los instrumentos evaluativos encontrados fueron:

- KVIQ.
- VMIQ.
- VMIQ-2.
- MIQ-RS.
- TAMI.
- TDMI.

KVIQ

El cuestionario de imágenes visuales y cinestésicas (KVIQ) es una herramienta representativa para evaluar la capacidad de imágenes motoras. El KVIQ se puede utilizar para evaluar a personas sanas, así como a personas con discapacidades físicas. Permite una evaluación sencilla de la capacidad de imágenes motoras en una posición sentada con movimientos de una sola articulación. Además, el KVIQ evalúa las dimensiones visual y cinestésica de las imágenes motoras. El KVIQ no es autoadministrado, sino que lo administra un evaluador (33).

El KVIQ evalúa las imágenes motoras visuales y cinestésicas desde una perspectiva en primera persona. La versión larga (KVIQ-20) comprende 20 ítems (10 movimientos para cada escala) y la versión corta incluye 10 ítems (5 movimientos para cada escala (12).

El examinador informa a los sujetos que para cada ítem procede de la siguiente manera (11):

- Primero, le pedirá que asuma la posición inicial.
- En segundo lugar, se le pedirá que realice un movimiento desde su posición sentada, solo una vez, siguiendo las instrucciones (repita que el movimiento solo debe realizarse una vez; los sujetos tienden a realizar el movimiento mientras el examinador hace la demostración y luego la repite).
- En tercer lugar, volverá a la posición inicial e imaginará realizando el movimiento que acaba de ejecutar (en realidad, no realiza el movimiento, lo imagina solo una vez.
- Finalmente, se le pedirá que califique, en una escala ordinal de 5 puntos, la claridad de la imagen visual (Elementos V1 a V10) o la intensidad de las sensaciones asociadas con el movimiento imaginado (Ítems K1 a K10).

El habitual KVIQ-20 utiliza una escala de 5 puntos para calificar la claridad de la imagen (subescala visual) y la intensidad de las sensaciones (subescala cinestésica) (ver figura 11). Una puntuación de 5 corresponde al nivel más alto de imágenes y una puntuación de 1 al más bajo. Incluye 20 ítems (10 movimientos en cada subescala) que representan gestos con diferentes partes del cuerpo (cabeza, hombros, tronco, miembros superiores e inferiores), y todos los movimientos se realizan desde una posición sentada (ver figura 12).

El KVIQ no es autoadministrado y requiere que un examinador lea las instrucciones y registre la puntuación. Para asegurarse de que los participantes imaginen el movimiento solicitado desde una perspectiva interna, el examinador verifica el contenido de las imágenes cuestionando a los participantes sobre lo que vieron y sintieron.

La fiabilidad test-retest del KVIQ se ha confirmado en personas con accidente cerebrovascular y personas sanas de la misma edad con ICC que oscilan entre 0,81 y 0,90. Además, la consistencia interna tiene valores de alfa de Cronbach que van de 0,87 a 0,94 y un análisis factorial confirmó la estructura bifactorial del KVIQ-20.



Figura 12

<u>KVIQ-20</u>		<u>Movimientos</u>	<u>KVIQ-10</u>	
1V	1K	Flexión / extensión del cuello		
2V	2K	Encogimiento de hombros		
3Vnd	3Knd	Flexión del hombro hacia adelante	3V y 3Knd	
4Vd	4Kd	Flexión del codo		
5Vd	5Kd	Pulgar a la punta de los dedos	5Vd	5Kd
<i>* Repita # 3, # 4, # 5 en el otro lado</i>				
6V	6K	Flexión del tronco hacia adelante	6V	6K
7Vnd	7Knd	Extensión de rodilla		
8Vd	8Kd	Abducción de cadera	8Vd	8Kd
9Vnd	9Knd	Golpecitos con el pie	9V y 9Knd	
10Vd	10Kd	Rotación externa del pie		
<i>* Repita # 7, # 8, # 9, # 10 en el otro lado</i>				

d: dominante nd: no dominante

* Para la evaluación bilateral de los movimientos de las extremidades.

VMIQ

Dentro del dominio del deporte, uno de los cuestionarios más utilizados es el Cuestionario de imágenes de la viveza del movimiento (VMIQ). El VMIQ está diseñado para medir imágenes visuales y cinestésicas de una variedad de tareas motoras (por ejemplo, correr cuesta abajo y saltar desde una pared alta) (10)(9).

El cuestionario permitió evaluar dos diferencias individuales en la capacidad de imágenes de movimiento:

- Las imágenes visuales de los participantes del movimiento en sí (VIM; ver a otra persona hacer el movimiento).
- Las imágenes de las sensaciones cinestésicas (IKS) asociadas con haciendo el movimiento ellos mismos.

El VMIQ está compuesto por 24 ítems que se dividen en los siguientes 6 grupos de 4 ítems cada uno:

- a) Movimientos corporales básicos.
- b) Movimientos con más precisión.
- c) Movimientos con control en posición de pie.
- d) Movimientos que controlan un objeto.
- e) Movimientos que provocan desequilibrio y recuperación.
- f) Movimientos que exigen control en una situación aérea con algunos riesgos no planificados.

Al completar el VMIQ, los participantes deben imaginar cada elemento dos veces: a los sujetos se les dice que se imaginen, en primer lugar, a otra persona haciendo el movimiento, y en segundo lugar, que se imaginen a sí mismos haciendo el movimiento. Por tanto, hay 48 respuestas en total (34).

La puntuación oscila entre 24 para muy buena imagen a 120 por una mala imagen. La escala de puntuación de cada ítem oscila entre 1 (imagen perfectamente clara y tan viva como una experiencia real", y 5 (ninguna imagen).

Cuando el VMIQ se ha utilizado en la investigación de imágenes, ha capturado los efectos teóricamente propuestos de la capacidad de las imágenes.

VMIQ-2

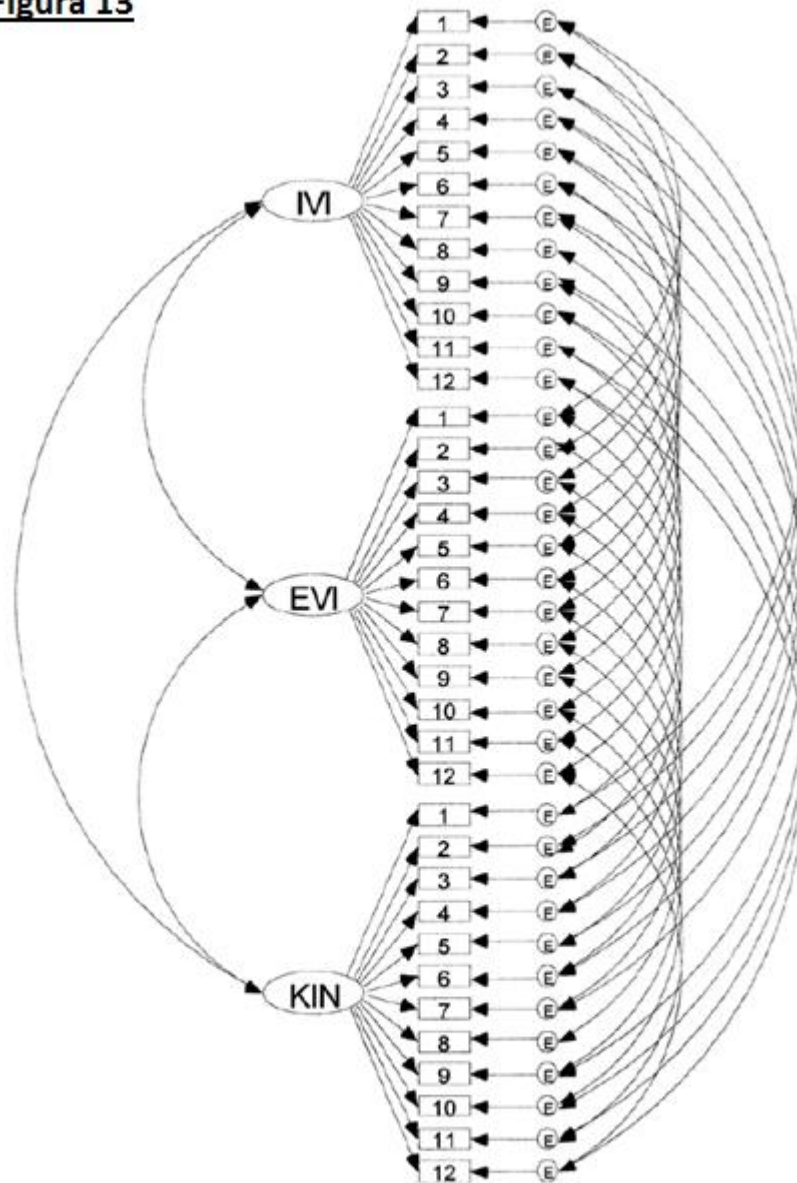
El VMIQ-2 es una versión revisada del VMIQ, que fue diseñado para medir imágenes visuales y cinestésicas de una variedad de tareas motoras (por ejemplo, correr cuesta abajo, saltar de una pared alta).

El VMIQ-2 es un cuestionario de 12 ítems que mide las habilidades de las imágenes visuales internas, las imágenes visuales externas y las imágenes cinestésicas del movimiento con una validez factorial, de constructo y concurrente aceptable. Los participantes califican su capacidad para visualizar visual o cinestésicamente un movimiento en una escala Likert de 5 puntos que va desde 1 (perfectamente claro y tan vívido como la visión normal o la sensación de movimiento real) a 5 (ninguna imagen en absoluto, o sólo "sabe" que está pensando en la habilidad (35)(36).

Se cambió la redacción de los factores existentes para evaluar IVI, EVI y KIN de acuerdo con las conceptualizaciones actuales (ver figura 13). Específicamente, IVI se definió como imágenes visuales en primera persona, EVI como imágenes del yo en tercera persona y KIN como imágenes de la sensación del movimiento (10).

- El factor IVI pide a un participante que imagine los elementos como si "estuviera mirando a través de sus propios ojos".
- El factor EVI le pide a un participante que imagine los elementos como si "se estuviera viendo a sí mismo realizando el movimiento" desde una perspectiva externa.
- El factor KIN le pide a un participante que "se imagine sintiéndose a sí mismo haciendo el movimiento".

Se conservaron los 24 elementos originales, y cada elemento se representó en tres formas; por lo tanto, hubo 72 respuestas en total.

Figura 13

Ejemplo de modelo CTCU con 12 ítems por factor. Las elipses corresponden a los tres factores, IVI = imágenes visuales internas, EVI = imágenes visuales externas, KIN = imágenes cinéticas. Los números en rectángulos corresponden a elementos de ejemplo. Los círculos que contienen una E son variaciones de error.

MIQ-RS

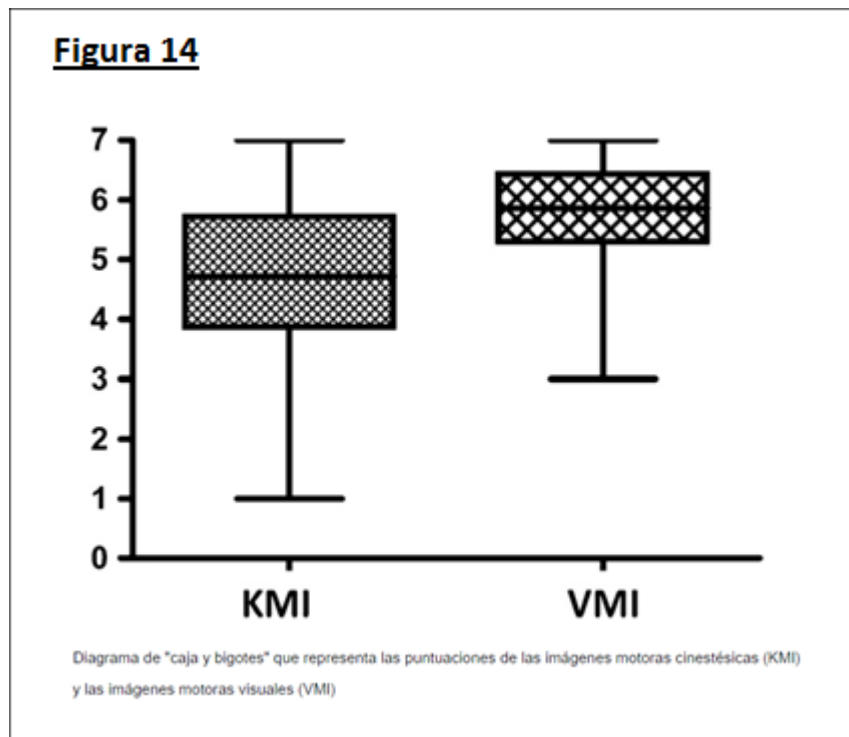
El Cuestionario de imágenes mentales revisado, segunda edición (MIQ-RS) fue diseñado para medir la capacidad de imágenes en personas con movilidad restringida. Tanto el MIQ-RS como el KVIQ se diseñaron específicamente para evaluar la capacidad de las imágenes en poblaciones con accidentes cerebrovasculares. Todas las tareas de cada cuestionario se realizan sentado y, por lo tanto, son relativamente seguras y no exigentes físicamente (37).

Gregg et al. elaboró el Cuestionario de imágenes de movimiento - Segunda versión revisada (MIQ-RS) sobre la base del Cuestionario de imágenes de movimiento (MIQ) de 1983 de Hall y Pongrac y el Cuestionario de imágenes de movimiento de 1997 – Revisado (MIQ-R) por Hall y Martin.

Se ha demostrado que la realización de tareas funcionales activas con una práctica extensa induce la recuperación de las habilidades y habilidades motoras. El MIQ-RS fue diseñado con esta perspectiva en mente e incluye tareas funcionales que pueden reflejar mejor el desempeño motor y la recuperación funcional de un individuo en comparación con las tareas generales de movimiento menos funcionales por sí solas. Además, el MIQ-RS está diseñado de tal manera (es decir, cada movimiento se describe en detalle y se ejecuta físicamente antes de la imagen) que los investigadores que emplean el instrumento pueden estar seguros de que todos los participantes están evaluando exactamente los mismos movimientos (en lugar de variaciones de estos movimientos).

El MIQ-RS es un cuestionario que consta de un total de 14 ítems y dos escalas (la escala VMI y la escala KMI). Contiene siete ítems pertenecientes a la imagería kinestésica motora y siete ítems pertenecientes a la imagería visual motora. Las acciones a realizar, que son similares en las dos escalas, involucran el miembro superior, el miembro inferior, el cuerpo en su conjunto y las acciones de la vida diaria (14).

Al principio y para cada ítem, el examinador lee al participante una descripción del movimiento a realizar. Después de eso, el participante realmente realiza el movimiento y luego se le pide que lo imagine visual o sensorialmente. En el cuestionario, las tareas motoras se dan en un orden preciso del uno al 14 (siete acciones, dos modalidades de imagen). El orden de los elementos, que se dicta al participante, implica la ejecución de las acciones que involucran primero imágenes visuales y luego cinestésicas, o viceversa. Por último, se pide al participante que estime la facilidad o dificultad con la que ha ejecutado cada tarea mental. Se ponen a su disposición dos escalas, una visual y otra cinestésica, de acuerdo con lo solicitado (VMI o KMI) (ver figura 14).



TAMI

La Prueba de habilidad en imágenes de movimiento (TAMI) es una prueba de habilidad en imágenes de movimiento que requiere que los participantes hagan movimientos imaginarios explícitos desde una perspectiva externa (13).

Fue creada por Cristopher R. Madan y Anthony Singhal. Un aspecto importante del TAMI es que es una medida objetiva de la capacidad de imagen motora (es decir, hay respuestas correctas e incorrectas), mientras que casi todos los cuestionarios existentes se basan en medidas subjetivas (es decir, evalúan la intensidad de una acción imaginada).

Se les proporciona a los participantes una secuencia de instrucciones de movimiento y se les pide que elijan la imagen de posicionamiento corporal correcto de entre cinco imágenes candidatas y las opciones adicionales de "ninguna de las anteriores" y "poco claro".

Todas las preguntas en el TAMI son razonablemente fáciles de imaginar y solo están compuestas por movimientos motores simples (por ejemplo, dar un paso hacia adelante, girar el torso hacia un lado, levantar un brazo hacia arriba).

El TAMI consta de 10 preguntas (precedidas por una pregunta de práctica) en las que se pide a los participantes que imaginen una serie de movimientos motores. Luego, a los participantes se les presentan varias imágenes y se les pide que seleccionen la imagen que corresponda a la posición final de su cuerpo.

Las preguntas constan de una combinación aleatoria de secuencias de cuatro movimientos que implicaban manipulaciones de la cabeza, brazo-mano, torso y pierna-pie. Un ejemplo de instrucción de movimiento que se utiliza en el TAMI es: "Da un paso con el pie izquierdo 30 cm hacia atrás". Todas las

preguntas comienzan con la instrucción "Párese derecho con los pies juntos y las manos a los lados".



TDMI

La prueba de detección de imágenes motoras dependientes del tiempo (TDMI) es una herramienta clínica estandarizada, en la que se indica si una persona comprende las instrucciones y es capaz de simular movimientos. El TDMI fue desarrollado y validado por Malouin et al (12).

La prueba de detección TDMI, en la que el examinador registra el número de movimientos imaginados durante 3 períodos de tiempo (15, 25, 45 segundos), es una prueba que involucra solo movimientos imaginados. Los pacientes se mantienen sentados en una silla con respaldo. Los sujetos deben cerrar los ojos y señalar verbalmente cada vez que imaginen el movimiento específico indicado.

Para promover la imagería motora (perspectiva interna o perspectiva en primera persona) se les indicó que se vieran y se sintieran (desde el interior) realizando el movimiento, en contraste con las imágenes visuales (imágenes externas), que involucra la perspectiva en tercera persona) hasta que el examinador les dijo que se detuvieran (38).

Cada prueba terminó después de períodos de tiempo variables de 15, 25 y 45 segundos y se probaron ambas piernas alternativamente.

La prueba de detección TDMI proporciona un primer indicio de que una persona no comprende las instrucciones o no puede simular movimientos.

Conclusión y Discusión

Se buscó y verificó el conjunto de instrumentos de evaluación específicos utilizados en la técnica neurocognitiva de la Imaginación Motora. Para ello fue necesario descartar aquellos que no eran de uso específico y prioritario de la técnica mencionada anteriormente.

Se encontraron y describieron instrumentos más antiguos y algunos de creación más reciente. Sin embargo, a pesar de que todos evalúan con distintas metodologías, coinciden en una particularidad común a todos para evaluar: la capacidad de representación de imágenes, dadas a nivel cortical (ver figura 16).

Figura 16

INSTRUMENTO DE EVALUACION	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES
KVIQ	• Evalúa capacidad de imágenes motoras. • Para personas sanas y con discapacidades. • Administrado por el evaluador. • Se realiza sentado. • Comprende 20 ítems con 2 escalas: visual y cinestésica.
VMIQ	• Mide imágenes visuales y cinestésicas. • Utilizado preferentemente por deportistas. • Comprende 24 ítems. • 2 procesos de imaginación: otra persona haciendo el movimiento y luego a sí mismos.
VMIQ-2	• Mide imágenes visuales y cinestésicas. • Comprende 12 ítems por cada factor a evaluar (36 en total). • Posee 3 factores a evaluar: IVI (primera persona), EVI (tercera persona) y KIN (sensación del movimiento).
MIQ-RS	• Evalúa capacidad de imágenes motoras. • Se realiza sentado. • Indicado para personas con movilidad restringida. • Consta de 14 ítems y 2 escalas: KMI (imaginería kinésica motora) y VMI (imaginería visual motora). • Administrado por el evaluador.
TAMI	• Evalúa capacidad de imágenes motoras. • Muy simple y más objetivo. • Consta de 10 ítems. • Todas las preguntas comienzan con una posición inicial pautada e indicada.
TDMI	• Evalúa si la persona comprende instrucciones y es capaz de simular movimientos. • Se registra el número de movimientos imaginados en 3 períodos de tiempo: 15, 25 y 45 segundos. • Sirve como diagnóstico inicial.

Esto último inicia una propuesta muy interesante: si los instrumentos difieren en su metodología, y obviamente en su especificidad, se podrían seguir creando nuevos instrumentos evaluativos. Claramente implicará un mayor estudio de las

diversas respuestas de los individuos a determinadas metodologías, pero resulta de interés para futuras investigaciones.

Si bien el objetivo del presente trabajo no es el de promover la creación de nuevos instrumentos evaluativos, puede resultar como punto de partida de nuevas investigaciones hacia ese camino teniendo a su disposición la información relevante presentada en los apartados anteriores.

Bibliografía

1. Marrón EM. Estimulación cognitiva y rehabilitación neuropsicológica. 2009.
2. Russo H. En: Jornadas Interuniversitarias de Actualización en Ciencias de la Rehabilitación. Ciudad autónoma de Buenos Aires; 2020. In 2020.
3. Lee JH Van Der, Beckerman H, Lankhorst GJ, Bouter LM. THE RESPONSIVENESS OF THE ACTION RESEARCH ARM TEST AND THE FUGL-MEYER ASSESSMENT SCALE IN CHRONIC STROKE PATIENTS. 2001;(2):110–3.
4. Page SJ, Fulk GD, Boyne P. Clinically important differences for the upper-extremity Fugl-Meyer scale in people with minimal to moderate impairment due to chronic stroke. *Phys Ther*. 2012;92(6):791–8.
5. Doussoulín A, Saiz JL, Blanton S, De Revisión A. Propiedades psicométricas de una versión en castellano de la escala Motor Activity Log-30 en pacientes con extremidad superior parética por accidente cerebro vascular Psychometric properties of a Spanish version of Motor Activity Log-30 in patients with h. *Rev Chil Neuro-Psiquiat* [Internet]. 2013;51(513):201–10. Available from: <http://www.scielo.cl/pdf/rchnp/v51n3/art07.pdf>
6. Doussoulín SA, Rivas SR, Campos SV. [Validation of “Action Research Arm Test” (ARAT) in Chilean patients with a paretic upper limb after a stroke]. *Rev Med Chil* [Internet]. 2012;140(1):59–65. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22552556>
7. Guevara CR, Lugo LH. Validez y confiabilidad de la Escala de Tinetti para población colombiana. *Rev Colomb Reumatol*. 2012;19(4):218–33.
8. Moukarzel M, Di Rienzo F, Lahoud JC, Hoyek F, Collet C, Guillot A, et al. The therapeutic role of motor imagery during the acute phase after total knee arthroplasty: a pilot study. *Disabil Rehabil* [Internet]. 2019;41(8):926–33. Available from: <https://doi.org/10.1080/09638288.2017.1419289>

9. Golomer E, Bouillette A, Mertz C, Keller J. Effects of mental imagery styles on shoulder and hip rotations during preparation of pirouettes. *J Mot Behav*. 2008;40(4):281–90.
10. Roberts R, Callow N, Hardy L, Markland D, Bringer J. Movement imagery ability: Development and assessment of a revised version of the vividness of movement imagery questionnaire. *J Sport Exerc Psychol*. 2008;30(2):200–21.
11. Malouin F, Richards C, Jackson P, Lafleur M, Durand A, Doyon J. Kinesthetic and visual imagery questionnaire (kviq) administration procedures motor imagery descriptors and scales visual imagery scale kinesthetic imagery scale. *Phys Ther*. 2007;(31):20–9.
12. Malouin F, Richards CL, Durand A, Descent M, Poiré D, Frémont P, et al. Effects of practice, visual loss, limb amputation, and disuse on motor imagery vividness. *Neurorehabil Neural Repair*. 2009;23(5):449–63.
13. Madan CR, Singhal A. Introducing TAMI: An objective test of ability in movement imagery. *J Mot Behav*. 2013;45(2):153–66.
14. Loison B, Moussaddaq AS, Cormier J, Richard I, Ferrapie AL, Ramond A, et al. Translation and validation of the French Movement Imagery Questionnaire - Revised Second version (MIQ-RS). *Ann Phys Rehabil Med [Internet]*. 2013;56(3):157–73. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rehab.2013.01.001>
15. Del Castillo MD, Serrano JI, Lerma S, Martínez I, Rocon E. Evaluación Neurofisiológica del Entrenamiento de la Imaginación Motora con Realidad Virtual en Pacientes Pediátricos con Parálisis Cerebral. *Rev Iberoam Automática e Informática Ind*. 2018;15(2):174.
16. Jackson PL, Lafleur MF, Malouin F, Richards C, Doyon J. Potential role of mental practice using motor imagery in neurologic rehabilitation. *Arch Phys Med Rehabil*. 2001;82(8):1133–41.
17. Di Rienzo F, Debarnot U, Daligault S, Saruco E, Delpuech C, Doyon J, et al. Online and offline performance gains following motor imagery practice: A comprehensive review of behavioral and neuroimaging studies. *Front Hum Neurosci*. 2016;10(June):1–15.
18. Guillot A, Collet C. Construction of the Motor Imagery Integrative Model in Sport: a review and theoretical investigation of motor imagery use. *Int Rev*

- Sport Exerc Psychol. 2008;1(1):31–44.
19. Ruffino C, Papaxanthis C, Lebon F. Neural plasticity during motor learning with motor imagery practice: Review and perspectives. *Neuroscience* [Internet]. 2017;341(November):61–78. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroscience.2016.11.023>
 20. de la Cuerda RC, Collado Vázquez S. *Neurorrehabilitación*. 1.^a ed. España; 2012.
 21. Aguilar Mendoza LA, Espinoza Pardo G, Oruro Puma E, Carrión D. Aprendizaje, memoria y neuroplasticidad. *Temática Psicológica*. 2010;6(6):7–14.
 22. Falco M, Kuz A, Falco M. Comprendiendo el aprendizaje a través de las neurociencias, con el entrelazado de las TICs en educación. *TE Rev Iberoam Tecnol en Educ y Educ en Tecnol*. 2016;no. 17(17):43–51.
 23. Cid FM. Introducción Neuroimágenes y cerebro. *Exemplum*. 2010;3:267–74.
 24. de Carvalho Machado SE, Portella CE, Silva JG, Velasques B, Bastos VH do V, Marques da Cunha M, et al. Aprendizaje y memoria implícita: mecanismos y neuroplasticidad. *Rev Neurol*. 2008;46(09):543.
 25. Cano-de-la-Cuerda R, Molero-Sánchez A, Carratalá-Tejada M, Alguacil-Diego IM, Molina-Rueda F, Miangolarra-Page JC, et al. Teorías y modelos de control y aprendizaje motor. Aplicaciones clínicas en neurorrehabilitación. *Neurología*. 2015;30(1):32–41.
 26. Correa Sanz M. Neuroanatomía funcional de los aprendizajes implícitos: asociativos, motores y de hábito. *Rev Neurol*. 2007;44(04):234.
 27. Doyon J, Benali H. Reorganization and plasticity in the adult brain during learning of motor skills. *Curr Opin Neurobiol*. 2005;15(2):161–7.
 28. Anokhin PK. La teoría del Sistema Funcional e l'approccio cibernetico en Biología e Medicina Rassegna Soviética. 1973. 1973;1973.
 29. Alexandrov Yu. I. Aprendizaje y memoria: una perspectiva sistémica. 2004. 3-51.
 30. Haines DE. *Principios de Neurociencia: Aplicaciones básicas y clínicas* [Internet]. 2013. 504 p. Available from: https://books.google.com/books?id=oLVKDXJx_UoC&pgis=1
 31. Svoboda K, Li N. Neural mechanisms of movement planning: motor

- cortex and beyond. *Curr Opin Neurobiol* [Internet]. 2018;49:33–41. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conb.2017.10.023>
32. Li N, Chen TW, Guo Z V., Gerfen CR, Svoboda K. A motor cortex circuit for motor planning and movement. *Nature* [Internet]. 2015;519(7541):51–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/nature14178>
 33. Imagery V, Kviq Q, Nakano H, Kodama T, Ukai K, Kawahara S, et al. brain sciences Reliability and Validity of the Japanese Version of the. 2018;
 34. Ángeles González M, Dopico J, Campos A. EXPERTOS Y NO EXPERTOS DEPORTISTAS: DIFERENCIAS EN IMAGEN MENTAL DEL MOVIMIENTO. 2006;6(2).
 35. Jiang D, Edwards MG, Mullins P, Callow N. Brain and Cognition The neural substrates for the different modalities of movement imagery. *Brain Cogn* [Internet]. 2015;97:22–31. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bandc.2015.04.005>
 36. Ziv G, Lidor R, Arnon M, Zeev A. The vividness of movement imagery questionnaire (Vmiq-2) – translation and reliability of a hebrew version. *Isr J Psychiatry*. 2017;54(2):48–53.
 37. Butler AJ, Cazeaux J, Fidler A, Jansen J, Lefkove N, Gregg M, et al. The movement imagery questionnaire-revised, second edition (MIQ-RS) is a reliable and valid tool for evaluating motor imagery in stroke populations. *Evidence-based Complement Altern Med*. 2012;2012.
 38. Malouin F, Richards CL, Durand A, Doyon J. Reliability of Mental Chronometry for Assessing Motor Imagery Ability After Stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2008;89(2):311–9.

