

Reflexiones sobre Fisioterapia: aprendizaje motor, ¿cómo aprenden nuestros pacientes?

Reflections on Physical Therapy: motor learning, how our patients learn?

F. Molina-Rueda. Fisioterapeuta. Máster Oficial Patología Neurológica. Profesor Honorífico. Departamento de Fisioterapia, Terapia Ocupacional, Rehabilitación y Medicina Física. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Rey Juan Carlos. Madrid. España

S. Pérez-de la Cruz. Fisioterapeuta. Profesora Colaboradora. Departamento de Enfermería y Fisioterapia. Escuela Universitaria de Ciencias de la Salud. Universidad de Almería. Almería. España

Correspondencia:

Francisco Molina Rueda
molinafisio@hotmail.com

Recibido: 9 diciembre 2008

Aceptado: 17 febrero 2009

RESUMEN

En el re-entrenamiento de una destreza motora influyen variables cognitivas y conductuales. Con ello, la misión de esta exposición reside en reflexionar sobre las demandas cognitivas que requiere el aprendizaje motor, así como los retos cognitivos que conlleva; de manera que los fisioterapeutas aprendan a modular dichos aspectos e incrementar, consecuentemente, los beneficios derivados de la práctica. Las habilidades cognitivas aluden directamente a las distintas capacidades intelectuales que resultan de la disposición o capacidad que demuestran los individuos al hacer algo. Por otro lado, los retos cognitivos del aprendizaje consisten en potenciar las demandas cognitivas que solicita cualquier proceso de aprendizaje, interviniendo sobre los factores que modulan dichas demandas (características de la práctica, contexto, motivación, instrucciones, *feedback* y edad). En definitiva, durante cualquier proceso de aprendizaje iniciado, el fisioterapeuta debe atender, controlar y fomentar los aspectos cognitivos y conductuales que interfieren en el adiestramiento.

Palabras clave: habilidad motora, aprendizaje, fisioterapia.

ABSTRACT

In the re-training of a motor skill affect cognitive and behavioral variables. In doing so, the mission of this exhibition lies in reflecting on the demands for cognitive learning motor and cognitive challenges that entails, so that physiotherapists learn to modulate these aspects and increase, consequently, the benefits of the practice. The cognitive abilities allude directly to the different intellectual capabilities resulting from the ability or willingness to show individuals to do something. On the other hand, the cognitive learning challenges include improving the cognitive demands requesting any learning process, speaking on the factors that modulate these demands (characteristics of the practice, context, motivation, instruction, feedback and age). In short, during any learning process started, the physical therapist must meet, monitor and promote the cognitive and behavioral issues that interfere with the training.

Key words: motor skills, learning, physical therapy.

INTRODUCCIÓN

En el re-entrenamiento de una destreza motora influyen variables cognitivas y conductuales. La consciencia y el dominio que el fisioterapeuta dispone de la influencia de dichas variables en la adquisición de destrezas motrices, será un condicionante esencial para lograr el éxito del tratamiento. Con ello, la misión de esta exposición reside en reflexionar sobre las demandas cognitivas que requiere el aprendizaje motor, así como los retos cognitivos que conlleva la práctica clínica; de manera que los fisioterapeutas aprendan a modular dichos aspectos e incrementar, consecuentemente, los beneficios derivados de su actividad.

APRENDIZAJE MOTOR

El aprendizaje motor constituye un tipo de aprendizaje, como el intelectual, que permite un incremento en el rendimiento motor gracias a la práctica y a las instrucciones recibidas. La definición de aprendizaje motor refleja cuatro conceptos⁽¹⁾:

- El aprendizaje es un proceso de adquisición de capacidades para realizar acciones de forma precisa.
- El aprendizaje resulta de la experiencia o de la práctica.
- El aprendizaje no puede ser medido directamente, por lo tanto se infiere, basándonos en el comportamiento.
- El aprendizaje produce cambios relativamente permanentes en el comportamiento por lo que los cambios a corto plazo no se consideran resultado del aprendizaje.

Habilidad y destreza

El término habilidad se sustituye con frecuencia en la literatura con términos como capacidad o aptitud. Se considera generalmente que una habilidad es una característica o rasgo relativamente estable, típicamente asociado a un componente genético y que no puede alterarse fácilmente mediante la práctica o la experiencia. Las habilidades representan el «equipamiento» que una persona tiene a su disposición, determinando así, si una tarea concreta puede realizarse de manera más o menos eficaz o simplemente de manera adecuada o no⁽¹⁾. Otra manera de entender el concepto de habilidad es distinguiéndolo del de destreza. Al contrario que la primera, la

destreza puede ser modificada mediante la práctica o la experiencia, de hecho, y de igual modo, puede ser adquirida a través de éstas. Esto significa que las habilidades subyacen en las destrezas, o lo que es lo mismo, proporcionan la adquisición de ciertas destrezas.

Teorías relacionadas con las fases del aprendizaje motor

Existen diversas teorías que se centran en la perspectiva temporal del aprendizaje motor y atienden cuidadosamente a las características del proceso de aprendizaje. Estas teorías describen como ocurre el aprendizaje a lo largo del tiempo. Comentar brevemente las teorías puede ayudar a situar las demandas y retos cognitivos del aprendizaje motor en los diversos enfoques estudiados.

Modelo de las tres fases de Fitts y Posner

Estos autores sugieren que existen tres fases principales en el aprendizaje motor⁽¹⁻³⁾:

- Fase cognitiva: el aprendiz se preocupa de entender la naturaleza de la tarea, desarrollando estrategias que podrían ser usadas para realizar la actividad, y determina cómo la tarea debe ser evaluada. Estos esfuerzos requieren un alto nivel de actividad cognitiva como, por ejemplo, de atención.
- Fase asociativa: en este punto, la persona ya ha seleccionado la mejor estrategia para llevar a cabo la tarea; ahora comienza a perfeccionar el movimiento.
- Fase autónoma: realización de la actividad de forma automática, por lo que el nivel de atención requerido se reduce. La persona puede empezar a dedicar su atención a otros aspectos diferentes del movimiento en general, como puede ser concentrarse en una segunda tarea.

Modelo de sistema de tres fases

Según esta teoría, al igual que la teoría de sistemas de control motor de Bernstein, el énfasis está en controlar los grados de libertad (número independiente de movimientos necesarios para completar una acción) como

un componente central del aprendizaje de una nueva destreza motora. Esta teoría sugiere que cuando un novato o un niño están aprendiendo una nueva habilidad, los grados de libertad del cuerpo son restringidos cuando desarrollan la tarea para poder hacerla más fácil de ejecutar⁽¹⁻³⁾:

- Fase inicial: el individuo simplifica el movimiento reduciendo los grados de autonomía o libertad.
- Fase avanzada: el sujeto comienza a ganar ciertos grados de libertad permitiendo movimientos en mayor número de articulaciones incluidas en la tarea.
- Fase experto: aquella en la que el individuo posee todos los grados de libertad necesarios para llevar a cabo la tarea con la mayor efectividad y de manera coordinada.

Modelo de dos fases de Gentile

En la primera fase el objetivo del sujeto es desarrollar la comprensión de la tarea dinámica. Esto incluye la comprensión del objetivo de la tarea, el desarrollo de las estrategias de movimiento apropiadas para conseguir el objetivo, y la comprensión de las características del entorno críticas para la organización del movimiento. Una característica muy importante de esta fase de aprendizaje motor es aprender a distinguir entre las características relevantes, o reguladoras del entorno de aquellas que no lo son⁽¹⁻³⁾.

En la segunda fase, denominada de fijación/o fase de diversificación, el objetivo del sujeto es redefinir el movimiento, lo cual incluye tanto el desarrollo de la capacidad de adaptar el movimiento a los cambios de la tarea y del entorno como desarrollar la tarea consistente y eficientemente. Los términos de fijación y diversificación hacen referencia a los distintos requerimientos de las habilidades en un sistema abierto *versus* uno cerrado⁽¹⁻³⁾.

DEMANDAS COGNITIVAS Y APRENDIZAJE MOTOR: BASES NEUROFISIOLÓGICAS

Centros del lenguaje

Las tres regiones corticales del hemisferio dominante que intervienen en esta función son las siguientes: el área de Broca, que es la zona expresiva o ejecutiva del

lenguaje y está situada en la circunvolución frontal inferior; el área de Wernicke, zona receptora o de la comprensión, que reside en la circunvolución temporal superior; y el giro cingular, que es el centro de la lectura y la escritura⁽⁴⁾.

Áreas corticales de asociación y lóbulo límbico

Los recuerdos se conservan en las áreas de asociación en toda la extensión de la corteza y el lóbulo límbico –anillo de sustancia gris, situado alrededor del diencefalo que integra emociones, función visceral y conducta; la definición de lóbulo límbico es, en sí misma, un concepto funcional más que anatómico–⁽⁵⁾.

La extensión total de las cortezas de asociación parieto-occipito-temporal y frontal, desempeña funciones únicas del encéfalo humano, como es el caso de los engramas o registros de memoria a largo plazo. Estos registros se depositan con los años y constituyen las bases del aprendizaje a nivel intelectual y de las habilidades que se adquieren mediante la práctica. Los complejos circuitos neuronales de la corteza permiten que registros de memoria se fusionen en la forma de ideas y pensamientos conceptuales abstractos. El término engrama aparece relacionado además con aquellas patologías o déficits en la ejecución de movimientos (apraxias: incapacidad para llevar a cabo actos motores ante una orden verbal o imitación en un paciente con una adecuada comprensión y sin déficits motores o sensitivos primarios que interfieran con el desarrollo del movimiento)⁽⁶⁾.

La información recién adquirida se consolida gracias a la función del lóbulo límbico. El hipocampo es una estructura límbica que se encarga de retener la información reciente y transferirla hacia la memoria declarativa de largo plazo. La lesión del hipocampo ocasiona un déficit de dicha función que dificulta el aprendizaje (ocurre, por ejemplo, en la enfermedad de Alzheimer)^(7,8).

La corteza prefrontal, de gran extensión y localizada en el polo frontal, establece conexiones extensas a través de fascículos de asociación con el resto de lóbulos; de esta manera obtiene acceso a la experiencia sensitiva contemporánea y a la información almacenada que se deriva de la experiencia pasada. También posee conexiones con los cuerpos amigdalinos, el lóbulo temporal, y con el tálamo. Forma pues, un sistema que determina las reacciones afectivas a situaciones presentes con base en la experiencia pasada. Asimismo la corteza pre-

frontal regula la conducta y ejerce un control basado en las facultades mentales superiores como el juicio y el razonamiento.

Sistema cerebro basal anterior

Es el encargado de mantener operativa a la corteza cerebral, y desempeña un papel decisivo en los procesos de memoria y de atención selectiva⁽⁸⁾. La región cerebro basal anterior está constituida por los núcleos del prosencéfalo basal (colinérgicos), núcleos del rafe (serotonina), *locus coeruleus* o núcleo rojo (noradrenalina y adrenalina) y sustancia negra (dopamina), que a su vez constituyen la llamada «sustancia innominada», situada caudalmente al globo pálido. Los núcleos colinérgicos del cerebro basal anterior representan agrupaciones neuronales que proyectan sus axones para dar inervación al hipocampo, a la amígdala y al córtex frontal, parietal, temporal y occipital (áreas de asociación).

Cerebelo

El cerebelo ha sido vinculado con determinados aprendizajes en los que están implicadas respuestas motoras⁽⁹⁾.

Los estudios de neuroimagen funcional han abordado principalmente el aprendizaje de destrezas motoras, entendiendo como tal la adquisición de una nueva capacidad, la puesta en marcha de un nuevo plan motor, con una secuencia única de acciones. La mayoría de los investigadores postulan la existencia de un incremento de la actividad cerebelosa durante el proceso de aprendi-

zaje, con un decremento en la misma a medida que el sujeto automatiza la tarea^(10,11).

El cerebelo recibe aferencias provenientes de diversas áreas corticales de asociación: córtex prefrontal dorsolateral y dorsomedial, región parietal posterior, región temporal superior y lóbulo límbico. Además, dentro del sistema de proyecciones eferentes cerebelo- tálamo- córtex cerebral, existen conexiones hacia el córtex de asociación parietal, temporal y prefrontal, así como al giro cingulado y parahipocampal. Por lo tanto, las conexiones entre el cerebelo y dichas regiones relacionadas con funciones cognitivas son recíprocas^(9,12).

Aprendizaje y sinapsis

El proceso de aprendizaje conlleva cambios en las conexiones sinápticas a corto, medio y largo plazo. Estas modificaciones son posibles gracias al fenómeno de plasticidad cerebral (tabla 1). La plasticidad cerebral es entendida como un proceso continuo y dinámico que permite una remodelación estructural a corto, medio y largo plazo del mapa neurosináptico con el fin de facilitar y optimizar la función cerebral. En otras palabras, la plasticidad cerebral es la propiedad del sistema nervioso de modificar su funcionamiento y reorganizarse en compensación ante diferentes cambios ambientales o lesiones anatómicas⁽¹³⁾.

Según lo expuesto, la práctica conlleva una mejora significativa de las conexiones sinápticas y/o vías neuronales que se estimulan, pero no en las otras aferencias no estimuladas. Esta circunstancia refuerza la necesidad de repetir la práctica para que los patrones de movimiento sean establecidos a largo plazo. Estimular el

TABLA 1. Modificaciones en las conexiones sinápticas secundarias al aprendizaje motor.

	Modificación	Duración en el tiempo de la modificación
Corto plazo	- Alteraciones químicas en la sinapsis neuronal.	Minutos.
Medio plazo	- Alteraciones químicas en la sinapsis. - Potenciación post-tetánica (incremento de poca duración en la amplitud de potenciales postsinápticos).	2 horas.
Largo plazo	- Potenciación duradera (incremento a largo plazo de la eficacia en la sinapsis).	Días, semanas o meses.

sistema nervioso no es suficiente para inducir un cambio permanente, sino que requiere un estrés continuo, es decir, la necesidad continua de poner a prueba el sistema músculo-esquelético más allá de sus capacidades actuales para poder lograr un potencial óptimo. Además, la plasticidad neural está influenciada por el contexto, esto es, las características del entorno en el que sucede el aprendizaje. Por lo tanto, repetición y contexto representan dos variables fundamentales en el aprendizaje⁽¹³⁾.

DEMANDAS COGNITIVAS DEL APRENDIZAJE MOTOR

La adquisición y reeducación de destrezas motoras demanda un esfuerzo cognitivo por parte del sujeto. En otras palabras, el aprendizaje motor, y cualquier tipo de adiestramiento, requiere de las habilidades cognitivas del individuo para lograr su objetivo. Por tanto, los procesos cognitivos son indisociables del proceso de aprendizaje.

Las habilidades cognitivas son un conjunto de operaciones mentales cuyo objetivo es que el paciente integre la información adquirida básicamente a través de los sentidos, en una estructura de conocimiento que tenga sentido para él.

Son las facilitadoras del conocimiento, aquellas que operan directamente sobre la información: recogiendo, analizando, comprendiendo, procesando y guardando información en la memoria, para, posteriormente, poder recuperarla y utilizarla dónde, cuándo y cómo convenga.

Las habilidades cognitivas aluden directamente a las distintas capacidades intelectuales que resultan de la disposición o capacidad que demuestran los individuos al hacer algo. Estas habilidades pueden ser numerosas, variadas y de gran utilidad, a la hora de trabajar en las distintas áreas de conocimientos y cuya actividad específica se ve afectada por multitud de factores que dependen de la materia, de la tarea, de las actitudes y de las variables del contexto donde tienen lugar⁽¹⁴⁾. En general, el aprendizaje motor demanda las siguientes habilidades cognitivas:

– Observación. Consiste en dar una dirección intencional a nuestra percepción e implica subhabilidades como atender, fijarse, concentrarse, identificar, buscar y encontrar datos, elementos u objetos.

- Analizar. Destacar los elementos básicos de una unidad de información e implica subhabilidades como comparar, destacar, distinguir, resaltar.
- Ordenar. Disponer de manera sistemática un conjunto de datos, a partir de un atributo determinado. Ello implica subhabilidades como reunir, agrupar, listar, seriar.
- Clasificar. Agrupar un conjunto de datos según categorías. Las subhabilidades que se ponen en juego son, por ejemplo, jerarquizar, sintetizar, esquematizar y categorizar.
- Representar. Recreación de nuevos hechos o situaciones a partir de los existentes. Las subhabilidades vinculadas con esta habilidad son simular, modelar, dibujar y reproducir.
- Memorizar. Implica procesos de codificación, almacenamiento y recuperación de una serie de datos. Este hecho supone también retener, conservar, archivar, evocar y recordar.
- Interpretar. Atribuir significado personal a los datos contenidos en la información recibida. Interpretar implica subhabilidades como razonar, argumentar, deducir, explicar y anticipar.
- Evaluar. Valorar a partir de la comparación entre un producto, los objetivos y el proceso. Esta habilidad implica subhabilidades como examinar, criticar, estimar y juzgar.

Las habilidades cognitivas pueden estructurarse en tres apartados⁽¹⁵⁾:

- Estrategias de repetición, ensayo o recitación, cuyo objetivo es influir en la atención y en el proceso de codificación en la memoria de trabajo (a corto plazo), facilitando un nivel de comprensión superficial.
- Estrategias de elaboración, que pretenden una comprensión más profunda de los contenidos de los aprendizajes, posibilitando la conexión entre la nueva información y la previa, ayudando a su almacenamiento en la memoria a largo plazo, para conseguir aprendizajes significativos.
- Estrategias de organización, que permiten seleccionar la información adecuada y la construcción de conexiones entre los elementos de la información que va a ser aprendida, lo que fomenta el análisis, la síntesis, la inferencia y la anticipación ante las nuevas informaciones por adquirir.

RETOS COGNITIVOS DEL APRENDIZAJE MOTOR

El aprendizaje requiere de un esfuerzo cognitivo por parte del paciente. Existen una serie de factores que influyen en el esfuerzo cognitivo del sujeto durante el proceso de aprendizaje motor. Por tanto, los retos cognitivos del aprendizaje consisten en potenciar las demandas cognitivas que solicita cualquier proceso de aprendizaje, interviniendo sobre los factores que modulan dichas demandas. A continuación se enumeran y describen brevemente.

Características de la práctica

Uno de los factores más importantes para lograr la adquisición de una habilidad motora es la cantidad de práctica. De hecho, la cantidad de aprendizaje depende del tiempo total dedicado al aprendizaje⁽¹⁶⁾. En cuanto a las diferentes modalidades de práctica, aquella que se organiza de forma distribuida, es decir, con tiempos de descanso prolongados entre los tiempos de trabajo, logra incrementar la transferencia del aprendizaje, en comparación con la ejecución de tareas continuas, sin descanso⁽¹⁷⁾.

Práctica y contexto

El proceso de aprendizaje puede desempeñarse en un entorno variable o en un entorno constante, ello dependerá del carácter de la habilidad motriz objeto del adiestramiento. Normalmente, en la práctica clínica, las habilidades motrices que tratan de recuperarse, suelen ser abiertas, es decir, se desempeñan en diversos contextos. Por esta razón, la práctica en el entorno clínico debe incluir condiciones variables, con el fin de que el aprendizaje pueda ser transferido a diversas situaciones cambiantes. Por lo tanto, la cantidad de transferencia depende de la similitud ente el entorno clínico y el entorno real⁽¹⁸⁾.

Motivación

Para aprender una tarea motora el individuo debe ser

estimulado. La motivación constituye una estrategia de aprendizaje⁽¹⁹⁾ capaz de incrementar la efectividad del mismo.

La motivación representa el motor del aprendizaje y es fundamental para atraer la atención e incrementar la concentración de un sujeto durante el proceso de adiestramiento.

Como fisioterapeutas debemos hacer que nuestros pacientes vean la tarea como algo deseable para aprender. Otra modalidad para fomentar la motivación consiste en establecer objetivos que se deben lograr con la práctica.

Instrucciones

Consiste en dar información acerca de la tarea, para que ésta sea aprendida antes de que la persona la practique físicamente. Sólo los aspectos globales del movimiento pueden ser explicados a través de instrucciones verbales; las palabras no pueden definir la complejidad de un movimiento a través de una instrucción. Las instrucciones influyen a la persona para dirigir la atención a determinados objetivos, e influyen en las estrategias de aprendizaje que el sujeto vaya a usar para empezar a practicar un movimiento⁽²⁰⁾.

Feedback

Uno de los condicionantes más importantes en el proceso de aprendizaje es proporcionar a la persona *feedback* de sus acciones. La información que surge como resultado del movimiento puede dividirse en dos categorías^(1,3):

- *Feedback* intrínseco: incluye aspectos como la información visual que permite a la persona saber si el movimiento ha sido preciso, así como, información somatosensorial relacionada con la posición de las extremidades cuando éstas son movidas (propiocepción).
- *Feedback* extrínseco: información proporcionada al aprendiz por una fuente externa (instructor, por ejemplo) que complementa la información intrínseca o inherente.

Existen dos categorías de *feedback* extrínseco:

- Conocimiento de resultados: *feedback* terminal sobre los resultados de los movimientos en términos objetivos del movimiento ejecutado.
- Conocimiento de ejecución: *feedback* relacionado con los patrones de movimiento utilizados para lograr el objetivo durante una tarea.

El *feedback* extrínseco es esencial cuando el origen del *feedback* intrínseco de una persona está disminuido o distorsionado, frecuente en pacientes con deterioro neurológico. Durante cualquier proceso de aprendizaje, el sujeto debe recibir algún tipo de información sobre el error desde la fuente intrínseca o extrínseca. El *feedback* extrínseco tiene una serie de características que inciden y favorecen las habilidades cognitivas del paciente^(1,3):

- Proporciona información acerca del progreso individual en el aprendizaje de la actividad, lo cual favorece la motivación.
- Proporciona información de las partes que componen la acción, lo que permite al individuo realizar una representación mental de la actividad, así como interpretar sus posibilidades acerca de la consecución de los objetivos.
- Proporciona refuerzo positivo, cuando se transmite al sujeto información buena acerca de la ejecución de las tareas. Esto tiene un efecto inmediato sobre la motivación del individuo, así como sobre la atención y la concentración dedicadas a las tareas.
- El *feedback* reiterado sobre corrección de errores puede generar dependencia y evitar que el sujeto experimente y evalúe por sí mismo las características de su acción. Para evitar la dependencia, el *feedback* sólo debe otorgarse cuando sea necesario, en función de la complejidad de las tareas y la experiencia del alumno. Por lo tanto, el refuerzo debe ser intermitente, evitando producir *feedback* tras cada ejecución hecha.

Feedback y edad

Los niños usan el *feedback* de distinto modo a los adultos. Estos se benefician más de un *feedback* reducido, mientras que los niños requieren un *feedback* más continuo pero menos preciso.

El *feedback* reducido incrementa el esfuerzo cognitivo del aprendiz, porque cuando el *feedback* es ocultado, el aprendiz necesita atender e interpretar la información intrínseca resultada de la habilidad desempeñada. Este incremento del esfuerzo cognitivo propicia el cambio óptimo en los adultos, potenciando el aprendizaje motor, sin embargo, esto no ocurre en los niños. Estos requieren más ensayos prácticos con *feedback* para formar una representación más precisa y estable de la habilidad motriz; más tarde, el *feedback* se debe reducir progresivamente para estimular el esfuerzo cognitivo y el aprendizaje motor. Estas diferencias entre adultos y niños se sustentan en sus diferentes capacidades para procesar la información. La capacidad de un sujeto para procesar la información y atender a la información intrínseca derivada de la tarea, condiciona el refuerzo extrínseco otorgado⁽²¹⁾.

CONCLUSIONES

Cualquier actividad es indisoluble del contexto en el que se produce y de las características individuales del sujeto; todo ello, determina qué información se procesa, cómo se analiza y qué tipo de acción se lleva a cabo. Por ello, durante el proceso de aprendizaje iniciado, el fisioterapeuta debe atender, controlar y fomentar los aspectos cognitivos y conductuales que interfieren en el adiestramiento. En definitiva, el abordaje eficaz del paciente neurológico y no neurológico con alteraciones sensorio-motrices, significa la resolución de un problema no sólo de tipo motor, y tampoco sensitivo-motor, sino que involucra muchos otros aspectos del control postural, como son la percepción de uno mismo, del espacio y de la actividad desempeñada; incluso sistemas conductuales y/o emocionales, como el entendimiento de la propia enfermedad y la motivación por avanzar en el tratamiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. Schmidt RA, Lee TD. Motor control and learning. A behavioural emphasis. 4ª ed. Champaign: Human Kinetics; 2005.
2. Shumway-Cook A, Woollacott M. Motor control. Transla-

- ting research into clinical practice. 3ª ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2007.
3. Flores A. Retroalimentación y aprendizaje motor: influencia de las acciones realizadas de forma previa a la recepción del conocimiento de los resultados en el aprendizaje y la retención de habilidades motrices [Tesis doctoral]. Barcelona: Universidad de Barcelona; 2005.
 4. Ojeda JL, Icardo JM. Anatomía macroscópica del telencéfalo. Estructura general. Configuración externa de la corteza cerebral: surcos, lóbulos y circunvoluciones. En: Ojeda JL, Icardo JM. Neuroanatomía humana: aspectos funcionales y clínicos. 3ª ed. Madrid: Elsevier España; 2004. p. 45-60.
 5. Kiernan J. Sistema límbico: hipocampo y amígdala. En: Kiernan J. El sistema nervioso humano: un punto de vista anatómico. 8ª ed. México D.F.: McGraw Hill Interamericana; 2006. p. 254-275.
 6. Kiernan J. Localizaciones funcionales de la corteza cerebral. En: Kiernan J. El sistema nervioso humano: un punto de vista anatómico. 8ª ed. México D.F.: McGraw Hill Interamericana; 2006. p. 298-316.
 7. González R. Clínica. En: González R. Enfermedad de Alzheimer. Clínica, tratamiento y rehabilitación. Barcelona: Masson; 2000. p. 17-24.
 8. López OL, DeKosky ST. Neuropatología de la enfermedad de Alzheimer y del deterioro cognitivo leve. Revista Neurología. 2003; 37: 155-63.
 9. Nieto A, Wollman T, Barroso J. Cerebelo y procesos cognitivos. Anales de psicología. 2004; 20(2): 205-21.
 10. Hayter AL, Langdon DW, Ramnani N. Cerebellar contributions to working memory. Neuroimage. 2007; 36(3): 943-54.
 11. Timmann D, Daum I. Cerebellar contributions to cognitive functions: a progress report after two decades of research. Cerebellum. 2007; 6(3): 159-62.
 12. Glickstein M, Doron K. Cerebellum: Connections and Functions. Cerebellum. 2008 Nov 11; 7(4): 589-94.
 13. Cohen LG, Hallett M. Neural plasticity and recovery of function. En: Greenwood RJ, Barnes MP, McMillan TM, Ward CD. Handbook of Neurological Rehabilitation. 2ª ed. New York: Psychology Press; 2003. p. 99-112.
 14. Hartman H, Sternberg R. A broad BACEIS for improving thinking. Instructional Science. 1993; 21: 401-25.
 15. Weinstein CE, Mayer RF. The teaching of learning strategies. En: Wittrock, M.C. Handbook of research on teaching. 2ª ed. New York: McMillan; 2004. p. 315-327.
 16. Pinnington LL, Ward CD. Learning and skill acquisition. En: Greenwood RJ, Barnes MP, McMillan TM, Ward CD. Handbook of Neurological Rehabilitation. 2ª ed. New York: Psychology Press; 2003. p. 131-141.
 17. Lee TD, Genovese ED. Distribution of practice in motor skill acquisition: Learning and performance effects reconsidered. Research Quarterly for Exercise and Sport. 1988; 59: 277-87.
 18. Lee TD. On the dynamics of motor learning research. Research Quarterly for Exercise and Sport. 1998; 69: 334-7.
 19. Reinaldo J. Concepción de aprendizaje, metacognición y cambio conceptual en estudiantes universitarios de psicología [tesis]. Barcelona: Universidad de Barcelona; 2004.
 20. Magill RA. Motor learning and control concepts and applications. 7ª ed. Boston: McGraw-Hill; 2003.
 21. Sullivan JK, Kantak SS, Burtner AP. Motor Learning in Children: Feedback Effects on Skill Acquisition. Physical Therapy. 2008; 88(6): 720-32.