

Cecchini, J.A.; Fernández-Losa, J.L. y Pallasá, M. (2016) La precisión del movimiento imaginado y la recepción de balón en niños / The Accuracy of the Motor Imagery and the Ball Reception in Children. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte vol. 16 (62) pp.297-315 [Http://cdeporte.rediris.es/revista/revista62/artrelacion700.htm](http://cdeporte.rediris.es/revista/revista62/artrelacion700.htm)
DOI: <http://dx.doi.org/10.15366/rimcafd2016.62.008>

ORIGINAL

LA PRECISIÓN DEL MOVIMIENTO IMAGINADO Y LA RECEPCIÓN DE BALÓN EN NIÑOS

THE ACCURACY OF THE MOTOR IMAGERY AND THE BALL RECEPTION IN CHILDREN

Cecchini, J.A.¹; Fernández-Losa, J.L.² y Pallasá, M.³

¹ Catedrático de Universidad. cecchini@uniovi.es Facultad del Profesorado y Ciencias de la Educación. Universidad de Oviedo. España.

² Profesor Titular de Universidad. E-mail: jlfosa@uniovi.es Facultad del Profesorado y Ciencias de la Educación. Universidad de Oviedo. España.

³ Doctorando de Ciencias de la Educación. jmiguelpm@educastur.princast.es Departamento de Ciencias de la Educación. Universidad de Oviedo. España.

Código UNESCO / UNESCO code: 6102.02 Problemas de aprendizaje / Learning Disabilities

Clasificación del Consejo de Europa / Council of Europe Classification: 12 Aprendizaje motor / Motor Learning

Recibido 12 de abril de 2013 **Received** April 12, 2013

Aceptado 1 de julio de 2014 **Accepted** July 1, 2014

RESUMEN

Estudios recientes observaron que las imágenes motrices se desarrollan de forma entrelazada con el desarrollo de las habilidades motrices en niños. La finalidad de este estudio es analizar en qué medida la imagen motriz de los elementos necesarios para resolver un problema motor (la recepción de un balón), se relaciona con los niveles de habilidad en niños (3 - 9 años). La muestra estuvo formada por 215 participantes (87 chicos y 118 chicas), ($M = 5,94$, $DT = 1,47$). Se ha utilizado una metodología mixta: dibujos, indicaciones gestuales, verbalización del pensamiento y una prueba práctica de recepción de balón. El MANOVA reveló diferencias significativas en las capacidades meta-cognitivas y motrices en función de las etapas de desarrollo. Un análisis de ecuaciones estructurales reveló que las capacidades meta-cognitivas median la relación entre las etapas de desarrollo y la habilidad de recepción de móviles. Se discuten sus repercusiones en el aprendizaje motor.

PALABRAS CLAVE: Desarrollo motor, habilidades motrices, recepción de móviles

ABSTRACT

Recent studies have found that motor imagery is developed linked to the development of motor skills in children. The purpose of this study is to analyze how the motor imagery of the principal elements to solve a motor problem (ball reception) relates to the motor skill levels in children (3-9 years). The sample consisted of 215 participants (87 boys and 118 girls), ($M = 5.94$, $SD = 1.47$). We used a mixed methodology: drawings, gestural prompts, verbalization of thought and a practical test of ball reception. The MANOVA revealed significant differences in the meta-cognitive abilities and motor function of the developmental stages. A structural equation analysis revealed that meta-cognitive abilities mediate the relationship between the stages of development and the ability in the reception of moving objects. Their implications in motor learning are discussed.

KEY WORDS: Motor development, motor skills, moving objects reception.

1. INTRODUCCIÓN

La finalidad de este estudio es analizar en qué medida la anticipación consciente de los medios necesarios para resolver mentalmente una situación-problema motriz se relaciona con los niveles de habilidad en niños con edades comprendidas entre los 3 y los 9 años. La representación mental de un movimiento o imagen motriz es un estado dinámico en el que un individuo mentalmente reproduce una acción motriz específica (Wilson, Maruff, Ives y Currie, 2001). Los estudios de imágenes y praxis motoras indican que el rendimiento motor imaginado está sujeto a las mismas limitaciones ambientales y fisiológicas (Decety y Jeannerod, 1996; Jeannerod, 2001). Por ejemplo, el tiempo para completar los movimientos motrices en la imaginación está altamente correlacionado con el tiempo necesario para realizar realmente los mismos movimientos (Courtine, Papaxanthis, Gentili y Pozzo, 2004). En el contexto deportivo esta evidencia se ha observado específicamente en el dominio de deportes como el golf (Orliaguet y Coello, 1998), o el bádminton (Munzert, 2008). Además, la relación logarítmica establecida entre la velocidad y la precisión de los movimientos reales (la ley de Fitts) se extiende también a los movimientos imaginados en sujetos normales (Decety, 1996). Todos estos resultados indican una estrecha relación entre el tiempo empleado en situaciones reales o imaginadas. Según Munzert, Lorey y Zentgraf (2009), esta relación se puede explicar de una manera elegante y sencilla al postular que las imágenes motrices y la ejecución motriz se basan en la superposición de representaciones.

Otro paradigma que se ha utilizado para analizar este problema es el de la rotación mental, que sirve como una extensión fundamental para la comprensión de las duraciones de los movimientos mentales. Cuando se han de comparar objetos similares con diferentes orientaciones, el tiempo de ejecución depende de la disparidad angular entre los objetos. Mayor disparidad conduce a tiempos de reacción más largos (Shepard y Metzler, 1971). Aceptando que las tareas de rotación mental requieren una simulación mental, el tiempo de reacción puede ser tomado como un indicador válido para procesos análogos de imágenes motrices y de ejecución motriz. En este contexto, los resultados sobre la rotación mental de las partes del cuerpo o de todo el cuerpo son compatibles con la premisa de que la ejecución motriz y las imágenes motrices tiene una base de representación común (véase el meta-análisis de Zacks, 2008).

Otras investigaciones se han centrado en: la activación de las áreas corticales y subcorticales durante la representación motriz (Fourkas Bonavolontà, Avenanti y Aglioti, 2008; Kasess et al., 2008; Ramnani, 2006); las imágenes motrices en pacientes con lesiones cerebrovasculares (Cicinelli et al., 2006; Sabaté, González y Rodríguez, 2007; Stinear Fleming, Barber y Byblow, 2007); o en paciente con enfermedad de Parkinson (Amick, Schendan, Ganis y Cronin-Golomb, 2006; Helmich, Lange, Bloem y Toni, 2007). En resumen, estos estudios neuronales sobre la representación mental han observado consistentemente que los patrones de activación son comunes tanto a la simulación mental del movimiento como a la generación real del mismo. La hipótesis de que las redes neuro-cognitivas son las mismas tanto para los movimientos reales como imaginados también es apoyada por estudios de pacientes con lesiones unilaterales de la corteza motora. Estas relaciones entre los movimientos reales e imaginados pueden ayudar a determinar la naturaleza del deterioro cognitivo y motor en niños con trastornos de aprendizaje. En este contexto, Maruff, Wilson, Trebilcock, y Currie (1999) encontraron evidencias que sugieren que la preparación y la representación interna de los movimientos volitivos se vio afectada en los niños con DCD (Developmental coordination disorder). Es importante destacar que, como sólo se produjo disminución de los movimientos realizados en la imaginación, no podía ser atribuida a los sistemas de salida del control motor.

En el contexto deportivo se ha venido aplicando el entrenamiento mental para el aprendizaje de habilidades motrices. La práctica mental de la conducta motora, como el uso sistemático y repetitivo de las imágenes es considerada como una herramienta poderosa para mejorar la capacidad de aprendizaje en los deportes. Varios meta-análisis han revelado un efecto sistemático, pero moderado de entrenamiento mental en el aprendizaje motor (Hinshaw, 1991-1992; Richardson, 1967). Diferentes mediadores han sido identificados en la relación entre el entrenamiento mental y el rendimiento motor: el nivel de capacitación, las características de la tarea, las imágenes y la distinción entre una perspectiva interna y externa, entre otros.

Aunque las imágenes motrices son un fenómeno bien documentado en adultos, sólo unos pocos estudios han informado de la adquisición de imágenes

motrices durante la infancia (Bouwien, Smits-Engelsman y Wilson, en imprenta; Cecchini, Fernández-Losa y Pallasá, 2012; Choudhury, Charman, Bird y Blakemore, 2007;). En general estos estudios muestran que la precisión del movimiento imaginado mejora de forma constante durante la infancia, llegando a una asíntota durante la adolescencia y la edad adulta temprana. En dos estudios que utilizaron una metodología de verbalización del pensamiento, para observar y comparar las habilidades meta-cognitivas que subyacen al rendimiento motor en niños con y sin trastornos en el desarrollo de la coordinación, observaron que los primeros realizaban verbalizaciones significativamente más frecuentes de declaraciones inapropiadas relacionadas con las actividades de planificación y evaluación (Martini, Wall y Shore, 2004; Lloyd, Reid y Bouffard, 2006). Caeyenberghs, Tsoupas, Wilson y Smits-Engelsman (2009), observaron que las imágenes motrices se desarrollan de forma entrelaza con el desarrollo de las habilidades motrices en niños, y esto es así porque las imágenes motrices reflejan el despliegue de procesos de modelado internos que proporcionan la base para la adaptación de los movimientos dirigidos a un objetivo.

En base a estos antecedentes, la finalidad de este estudio es analizar en qué medida la toma de conciencia o imagen motriz de los elementos necesarios para resolver un problema motor, en este caso la recepción estática de un balón con brazos, influye en los niveles de habilidad en niños con edades comprendidas entre los 3 y los 9 años. Es decir, se quiere saber en qué medida la anticipación consciente de la trayectoria del móvil, de su estructura temporal y de la zona de impacto, así como del programa motor que incluya los ajustes necesarios para resolver mentalmente la situación problema planteada inciden sobre los niveles de habilidad motriz en estas edades.

2. MATERIAL Y MÉTODO

2.1. PARTICIPANTES

En este estudio participaron 215 estudiantes (87 chicos y 118 chicas) de un Colegio de Educación Infantil y Primaria, con edades comprendidas entre los 3 y los 9 años ($M = 5,91$, $DT = 1,48$). Los estudiantes pertenecían a los tres cursos de Educación Infantil y a los tres primeros cursos de Educación Primaria.

| Edad | Niños | | Niñas | |
|----------|-------|-------------|-------|-------------|
| | n | M(DT) | n | M(DT) |
| 3-4 años | 13 | 3,54 (0,21) | 22 | 3,51 (0,20) |
| 4-5 años | 15 | 4,57 (0,27) | 18 | 4,36 (0,25) |
| 5-6 años | 15 | 5,49 (0,24) | 19 | 5,53 (0,26) |
| 6-7 años | 14 | 6,34 (0,24) | 21 | 6,35 (0,29) |
| 7-8 años | 16 | 7,48 (0,28) | 20 | 7,45 (0,28) |
| 8-9 años | 14 | 8,42 (0,29) | 18 | 8,46 (0,29) |
| Total | 88 | 5,94 (1,48) | 118 | 5,89 (1,45) |

Tabla 1. Distribución de la muestra por género y edad

2.2. PROCEDIMIENTO

Se ha elegido la habilidad de recepción de móviles por tres razones: a) por que la captura de móviles es una tarea interesante que permite a los investigadores aumentar sus conocimientos sobre el funcionamiento perceptivo-motor (e.j. Mazyn, Lenoir, Montagne y Sabelsbergh, 2007); b) porque hay estudios que han analizado la evolución de esta competencia en niños con edades comprendidas entre los 3 y los 12 años (ej. Cecchini et al, 2012; Fernández Losa et al. (en prensa); c) porque las acciones de interceptación, se regulan mediante una estrategia prospectiva (Peper, Bootsma, Mestre y Bakker, 1994). En este tipo de estrategia, el momento y el lugar de la interceptación no están específicamente programados antes de que el movimiento se ejecute, sino que surgen de un proceso continuo de ajuste basado en la información que especifica las relaciones entre el receptor y el objeto en movimiento. Este proceso puede ser analizado y verbalizado por el niño y, por tanto, el investigador puede también establecer una conexión entre la representación mental del movimiento y la ejecución material del mismo.

Se ha elegido el tramo de edad comprendido entre los 3 y los 9 años ya que estudios previos observaron que, en este periodo de desarrollo, el niño alcanza a dominar esta habilidad (Cecchini et al., 2012; Fernández Losa et al., en prensa). Es cierto que entre los 3 y los 5 años de edad los niños/as tienen serias dificultades para anticipar el vuelo del balón. Hasta los 4 años, cuando se les lanza un objeto, o no se mueven o los movimientos son claramente reactivos. Diferentes estudios creen que esto es debido a la dificultad para entender la situación-problema, que conlleva anticipar una representación mental de su cuerpo en el espacio, en una etapa evolutiva donde aún no son capaces de asociar la información visual y topográfica con los elementos motores y kinestésicos (Vayer, 1977; Cecchini, Fernández-Losa, 1993, Fernández Losa et al., en prensa). Además no tiene un conocimiento suficiente del comportamiento de los móviles en el espacio lo que dificulta considerablemente anticipar la trayectoria de los mismos (Feigelman, 2007). Todo ello dificulta la posibilidad de elegir un programa motor adecuado y de ajustarlo momento a momento (Bernstein, 1967). En definitiva, presentan un nivel bajo de conocimiento metacognitivo: declarativo, procedimental y afectivo (Dominguez y Espeso, 2002, Ruiz, 1994)

Para abordar el análisis de la imagen motriz se tuvo en cuenta: a) los elementos que se querían medir, b) la metodología que se consideraba más adecuada para ello. Como la imagen motriz es un estado dinámico en el que un individuo mentalmente reproduce una acción motriz, se diferenciaron dos aspectos en la resolución de la situación-problema planteada. Por un lado la anticipación de un programa motor y, por otro, la anticipación de la trayectoria del balón. Los datos experimentales sugieren que los movimientos imaginados no son completos o representaciones pre-ensamblados. En cambio, parece que los componentes independientes de los movimientos imaginados deben ser montados con respecto a la meta del movimiento previsto de la misma manera

a como son ensamblados los movimientos reales (Wolpert, 1997). La anticipación del programa motor incluye, en base a las aportaciones de Cecchini et al. (2012), los siguientes componentes: a) control visual; b) movimientos de ajuste al vuelo del balón; c) zona óptima de contacto con el balón; d) amortiguación necesaria para detener el balón. La anticipación de la trayectoria del móvil recoge las dimensiones siguientes: a) vuelo del balón (dibujo); b) secuencia temporal (ordenar fotografías); c) lugar de impacto (predecir la zona de impacto mediante fotografías). Para abordar esta cuestión, se utilizaron medios indirectos, siguiendo las indicaciones de Piaget (1985). Más concretamente se ha utilizado el dibujo, las indicaciones gestuales (imágenes reproductoras) y complementarias verbales mediante una entrevista semi-abierta (imágenes anticipadoras) que ha sido elaborada por este equipo de investigación. En la entrevista el objetivo es pedir a los participantes que describan la naturaleza de las imágenes para entender mejor su tipología y componentes (Guillot y Collet, 2005), es decir, se ha utilizado una metodología de verbalización del pensamiento (Martini et al., 2004; Lloyd et al., 2006).

El proceso fue el siguiente. En la primera parte el evaluador y el/la niño/a se sientan frente a frente, alrededor de una mesa. El evaluador le plantea la siguiente situación-problema. “Me voy a situar en el interior de ese aro (lo señala con el dedo) y tú en el interior de ese otro que está situado a 3 metros de distancia (lo señala con el dedo) ¿Ves esta pelota? (se la muestra), bien pues la voy a coger con dos manos así (se lo muestra al/la niño/a) y te la voy a lanzar de abajo a arriba para que tú la recibas atrapándola con los brazos contra el pecho (y se lo muestra)”. A continuación le pregunta si lo ha entendido y que le explique lo que van a hacer. Se quiere saber si recuerda el lugar donde se tienen que situar ambos (espacio topológico), cómo va a ser lanzado el balón (imagen reproductora del movimiento del lanzador, que predice una trayectoria) y cómo debe ser recepcionado (imagen reproductora del movimiento de recepción, objetivo último). A continuación le formula una serie de preguntas que tienen que ver con la anticipación consciente de un programa motriz que incluya los ajustes necesarios al vuelo del balón: dónde tiene que mirar una vez que el balón sale de las manos del lanzador, si cree que es necesario mirar también sus brazos (control visual), qué tendría que hacer si el lanzador le envía el balón un poco corto o un poco largo (movimientos de ajuste al vuelo), cuál cree que es la zona de contacto más adecuada para recibir con éxito el balón (zona óptima de contacto con el balón) y qué movimientos de amortiguación son necesarios (amortiguación óptima). En definitiva, se trata de determinar si anticipa o no conscientemente un programa motor.

También se quería conocer si anticipa la trayectoria del móvil, su estructura temporal y la zona de impacto. Para ello se le pidió que dibujara en una fotografía, en el que aparece el lanzador y el receptor, la posible trayectoria de un móvil, esto implica la necesidad de conocer la física de los móviles y de representar mentalmente imágenes en movimiento. A continuación se presentaron cinco fotografías que recogen cinco trayectorias diferentes de un balón; una muy corta, otra corta, otra adecuada a la distancia del receptor, otra larga y, por último, otra muy larga. Primero se le pidió que las ordenaran, de

menos a más, y luego que señalara la que consideraba adecuada a la distancia (percepción de trayectorias, anticipación del punto de destino). Para profundizar en esta capacidad se volvió a presentar otra fotografía que muestra una trayectoria de un balón y cinco posibles puntos de impacto (A, B, C, D, E), situados a distancias homogéneas y se pidió que señalara el punto en el que cree impactará el balón. En todas ellas se muestra el 50% del vuelo del balón. Por último, se presentaron cinco fotografías que muestran cinco momentos sucesivos del vuelo del balón y se pidió que las ordenara siguiendo una sucesión temporal, desde que el balón sale del lanzador hasta que llega al receptor (estructura temporal).

A continuación pasa a realizar una recepción estática con brazos de un balón de voleibol (65 cm. de circunferencia, 265 gr. de peso y presión interior de 0,3 kg/cm²), lanzado desde una distancia de 3 metros por un adulto previamente formado para ello. El lanzamiento se realizaba a dos manos, con una trayectoria parabólica de abajo arriba y dirigido suavemente al centro del aro que ocupa el chico/a. Se concedieron tres oportunidades. Todo el proceso ha sido grabado en vídeo para su posterior análisis. Se contó en todo momento con la autorización del director del colegio y de los padres de los alumnos/as.

2.3. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

En cada una de las variables señaladas se ha clasificado a los participantes en tres niveles en función de su capacidad para imaginar movimientos (Piaget, 1985). Para las variables que miden la anticipación de un programa motor, en el nivel uno se situaron aquellos que muestran el nivel más bajo, no contestan, no saben o no recuerdan lo que se les pregunta; en el nivel dos se incluyeron aquellos otros que tienen una conciencia difusa, limitada o son parcialmente conscientes de los que se les plantea, responden adecuadamente algunas cosas pero se equivocan en otras; y en el nivel tres aquellos que son plenamente conscientes de la situación planteada, entienden lo que se les pregunta y contestan correctamente, mostrando fehacientemente que son capaces de imaginar la situación-problema planteada y de resolverla.

En los dibujos que representan el vuelo del balón también se clasificó a los participantes en tres niveles. En el más bajo se incluyó a aquellos que no son capaces de dibujar ninguna trayectoria o sólo la inician tímidamente, en el segundo nivel se situaron aquellos dibujos que conectan el lanzador con el receptor pero no son de tipo balístico y en el nivel más alto dibujos que muestra una parábola adecuada y posible del vuelo del balón. Para agrupar en tres niveles la capacidad de interpretar secuencia temporales y de anticipar el lugar de impacto óptimo, como en ambos casos se realizaron dos pruebas, se clasificaron también a los participantes en tres niveles: 1, realizan las dos pruebas incorrectamente; 2, realizan bien una prueba; 3, realizan bien las dos pruebas.

Para extraer la información de la recepción del balón se utilizó el modelo teórico elaborado por Fernández-Losa et al. (en prensa). El modelo se divide en cuatro fases que ocurren de manera sucesiva: a) *Fase de ajuste al vuelo*. Es la que se desarrolla en el tiempo en el que el móvil está en el aire una vez ha salido de las manos del lanzador, Incluye los movimientos globales o segmentarios del cuerpo del receptor para acomodarse a la velocidad, trayectoria y distancia del móvil; b) *Fase de contacto*. Es la que acontece justo en el momento en el que el móvil se reúne con el receptor; c) *Fase de amortiguación*. Es la que se desarrolla en el momento posterior al contacto. Se entiende por amortiguación la disminución de la fuerza de inercia del móvil; d) *Fase de parada*. Es la que acontece al final de la amortiguación con la detención controlada del móvil.

Para medir el nivel de habilidad se puntuó a cada uno de los participantes entre 0 y 5. Si no se produce ningún movimiento de ajuste al vuelo predecimos que ahí termina el proceso y otorgamos 0 puntos. Si hay movimientos de ajuste al vuelo pero no termina en contacto del participante con el móvil le concedemos 1 punto. Si hay contacto pero no amortiguación, se otorgan 2 puntos. Si hay amortiguación pero no parada, 3 puntos. Si se produce la parada completa pero se apoya en otras partes del cuerpo además de las señaladas, 4 puntos; y si se realiza conforme al objetivo previsto, 5 puntos. Todas las observaciones se han realizado por dos investigadores de manera simultánea. El video se pasaba, en cada caso, primero a velocidad normal y luego a cámara lenta. Cuando había alguna duda se volvía a pasar hasta que los dos observadores lo daban por válido. Para determinar el grado de acuerdo entre observadores se utilizó el coeficiente kappa = 96,4%.

En el contexto del aprendizaje motor Wellman (1937), describió hace más de sesenta años la evolución de esta habilidad en el niño, que, posteriormente, fueron abordadas por otros autores (Caljouw, van der Kamp y Savelsbergh, 2006; Cecchini et al., 2012, Cratty, 1982; Fernández-Losa et al., en prensa; Mazyn, Lenoir, Montagne y Sabelsbergh, 2007; Meinel Schanabel, 1987; Ruiz, 1987). En función de estos antecedentes, Fernández-Losa et al. (en prensa) analizaron las etapas en la estructuración de esta habilidad llegando a la conclusión de que se deberían agrupar en tres periodos que son consistentes con las etapas de desarrollo descritas por Piaget (1985), Vayer (1977): 3-5 años, 5-7 años, 7-12 años (como en este estudio se analiza la recepción estática se consideró pertinente reducir esta etapa a 7-9 años). Siguiendo estas aportaciones se clasificaron a los participantes en tres tramos de edad (Tabla 2).

3. RESULTADOS

3.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO

En la tabla 2 se detallan la media y desviación típica de las variables que se relacionan con la anticipación consciente de un programa motor y de la trayectoria del móvil, así como los niveles de habilidad motriz..

| Edad | IMAGEN MOTRIZ | | | | | | | | | | | | | | ACCIÓN MOTRIZ Habilidad | |
|-------|-----------------------------------|----------|-----------------|----------|------------------|----------|-----------------------|---------------------------------|-----------------|----------|--------------------|----------|------------------|----------|-------------------------|----------|
| | Anticipación de un programa motor | | | | | | | Anticipación de una trayectoria | | | | | | | | |
| | Control visual | | Ajuste al vuelo | | Zona de contacto | | Tipo de amortiguación | | Vuelo del balón | | Secuencia temporal | | Lugar de impacto | | M | DT |
| | M | DT | M | DT | M | DT | M | DT | M | DT | M | DT | M | DT | | |
| 3-5 | 1,7 4 | 0,7 4 | 1,3 7 | 0,6 8 | 1,3 2 | 0,9 0 | 1,96 | 0,57 | 1,4 8 | 0,6 9 | 1,4 6 | 0,7 6 | 1,2 9 | 0,5 2 | 1,7 8 | 1,6 9 |
| 5-7 | 2,3 2 | 0,6 9 | 2,0 1 | 0,8 6 | 2,4 6 | 0,9 2 | 1,97 | 0,52 | 2,2 2 | 0,8 1 | 2,5 9 | 0,6 3 | 1,5 9 | 0,7 0 | 3,7 9 | 1,4 6 |
| 7-9 | 2,6 8 | 0,6 7 | 2,6 4 | 0,7 1 | 2,6 5 | 0,7 1 | 2,19 | 0,40 | 2,9 0 | 0,4 1 | 2,9 0 | 0,3 6 | 2,2 5 | 0,7 1 | 4,5 5 | 1,0 7 |
| TOTAL | 2,2 3 | 0,7 8 | 1,9 7 | 0,9 1 | 2,1 5 | 1,0 3 | 2,03 | 0,52 | 2,1 7 | 0,8 7 | 2,3 2 | 0,8 5 | 1,6 7 | 0,7 5 | 3,3 5 | 1,8 2 |

Tabla 2. Media y desviación típica de las variables analizadas en función de la edad.

La mayoría de los/as niños/as, con edades comprendidas entre los 3 y los 5 años, no son conscientes de dónde deben fijar la vista, el 61,3% cree que debe mirar sus brazos. Tampoco anticipan conscientemente la trayectoria del balón ni un ajuste a sus posibles variaciones, ni una zona óptima de contacto. El 29,0% no realiza ningún dibujo de la posible trayectoria del balón y un 59,7% dibuja una línea recta a distintas alturas que une al lanzador con el receptor, características en la construcción de un espacio topológico. El 76,8% no es capaz de ordenar una estructura temporal y el 85,5% de predecir correctamente un lugar de impacto.

Cuando realizan la prueba de recepción de balón se observa que el 69,2% de los/as niños/as de 4 años no realizan ningún ajuste al vuelo del balón (trayectoria y velocidad), únicamente son capaces de atrapar el balón si les llega perfectamente al punto óptimo de contacto. Es decir que no planifican los movimientos de atrape basándose en la velocidad de la pelota y la información de su posición. En esta edades el flujo de la información sobre la posición, velocidad e información temporal no se combinan para dar forma al movimiento de atrapada. A partir de los cinco años comienza el aprendizaje de este sistema de regulación continua de carácter prospectivo, los primeros intentos se limitan a estirar los brazos con intención para ajustarse al vuelo del balón. Entre los 5 y los 7 años se desarrolla esta capacidad. Tan solo un 57% anticipa una imagen reproductora del lanzamiento, un 29,8% anticipa una trayectoria parabólica del balón, y un 27,6% aun cree que es necesario mirar sus brazos. También son mayoría los que no anticipan ningún ajuste consciente a los movimientos del balón cuando en la práctica cerca el 70% desplaza el dentro de gravedad para acomodar su posición a la velocidad y trayectoria del móvil. En esta etapa la habilidad mejora significativamente.

A partir de los 7 años los/as niños/as toman conciencia de la situación problema y del mejor modo de resolverlo. Anticipan una imagen reproductora del lanzamiento del móvil, una trayectoria parabólica y resuelven también el problema con el pensamiento (imágenes anticipadoras). Todo esto incide en el sistema de regulación que mejora de manera significativa.

3.2. ANÁLISIS MULTIVARIANTE

En base a estos resultados se realizó un MANOVA 2 (género) × 3 (etapas de desarrollo), tomando como variables dependientes aquellas relacionadas con la anticipación de un programa motor y la anticipación de una trayectoria, más la media de la puntuación total obtenida en la prueba de habilidad. Antes se agruparon las edades en tres tramos consistentes con las propuestas por Piaget (2-7 años, etapa preoperacional) para explicar el desarrollo de la inteligencia y que son coincidentes con las etapas en la estructuración del esquema corporal: 3-5 años, 5-7 años, 7-9 años (Vayer, 1977; Fernández-Losa et al., en prensa). A continuación se examinó la idea de homogeneidad de covarianza usando el test de Box M. El resultado reveló que la idea no fue resuelta (Box $M = 262,36$ $F = 1,36$, $p < 0,001$). Debido a esto, se siguieron las sugerencias de Olson (1979) y de Tabachnick y Fidell (1996) de usar el Pillai's Trace en vez de la Lambda de Wilks para evaluar la significación multivariada de efectos principales y de las interacciones. El MANOVA rindió un efecto principal significativo para las etapas de desarrollo, Pillai's Trace = 0,84, $F_{(20, 362)} = 13,17$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,42$, pero no para el género Pillai's Trace = 0,04, $F_{(10, 180)} = 0,87$, $p > 0,1$, $\eta^2 = 0,04$. Los posteriores ANOVAs univariados revelaron que existían diferencias estadísticamente significativas para las etapa de desarrollo en todas las variables. Los resultados fueron los siguientes: *control visual* [$F_{(1, 189)} = 29,24$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,23$], *movimientos de ajuste al vuelo del balón* [$F_{(1, 189)} = 40,47$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,30$], *zona óptima de contacto con el balón* [$F_{(1, 189)} = 40,57$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,30$], *amortiguación necesaria para detener el balón* [$F_{(1, 189)} = 4,74$, $p < 0,05$, $\eta^2 = 0,05$], *vuelo del balón* [$F_{(1, 189)} = 59,64$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,39$], *secuencia temporal* [$F_{(1, 189)} = 85,01$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,16$], *lugar de impacto* [$F_{(1, 189)} = 27,37$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,22$], *habilidad motriz* [$F_{(1, 189)} = 55,97$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,37$].

Se realizaron test post hoc empleando el HSD de Tukey para comparaciones por pares entre cada tramo de edad. En todas las variables se observaron diferencias significativas entre cada etapa de desarrollo a nivel $p < 0,001$, salvo en *amortiguación para detener el balón* que no se encontraron diferencias entre la primera etapa de desarrollo y la segunda pero sí entre éstas y la tercera, y la *zona óptima de contacto* en la que no se observaron diferencias entre la segunda etapa y la tercera pero sí entre éstas y la primera.

3.3. ANÁLISIS DE ECUACIONES ESTRUCTURALES

Para analizar en qué medida la toma de conciencia o imagen motriz de los elementos necesarios para resolver un problema motor, en este caso la recepción estática de un balón con brazos, influye en los niveles de habilidad en niños con edades comprendidas entre los 3 y los 9 años se realizó un análisis de ecuaciones estructurales. En el modelo se propone un único factor que mide la representación mental del movimiento o imagen motriz y que recoge las variables incluidas en la anticipación del vuelo del balón y del programa motor. De hecho se cree que son dos aspectos de un único proceso, la regulación consciente de la acción. Los niveles de habilidad motriz recogen en un único

factor los resultados obtenidos en cada una de las pruebas. Por último se incluye la variable etapas de desarrollo anteriormente descrita.

En base a las aportaciones de Caeyenberghs et al. (2009), en este estudio se plantea la hipótesis de que el/la niño/a a través de su desarrollo introduce progresivamente relaciones cada vez más complejas entre los elementos que es capaz de representar que, a su vez, repercuten en los niveles de habilidad motriz en la medida en que la toma de conciencia asume el control. Es decir, que las etapas desarrollo infantil predicen la toma de conciencia que, sucesivamente, se relacionan con los niveles de habilidad.

Siguiendo el procedimiento en dos pasos recomendado por Anderson y Gerbing (1988), se analizó, en primer lugar, la validez del constructo de medida a través de un análisis factorial confirmatorio, y, en segundo lugar, se estimó el modelo estructural, teórico o causal que permite obtener información sobre las relaciones predictivas entre las variables analizadas. Luego se examinó el papel mediador de la imagen motriz en la relación entre las etapas de desarrollo y la ejecución motriz. Por último, se comprobó un modelo alternativo en el que las etapas de desarrollo predicen la habilidad motriz que sucesivamente predice la imagen motriz. De comprobarse, las imágenes motrices serían una consecuencia de la habilidad previamente elaborada a nivel práctico (inconsciente).

Este método asume la normalidad multivariada. Los análisis preliminares mostraron que algunas variables observadas no estaban distribuidas normalmente. Los resultados además mostraron que la estimación normalizada del coeficiente Mardia era relativamente grande (curtosis multivariante = 12,33). Por este motivo se realizó un análisis que se basa en la utilización del estadístico Satorra-Bentler chi-cuadrado ($S-B\chi^2$; Satorra y Bentler, 1988) y de los estimadores estándar robustos implementados en el programa estadístico EQS 6.2, en lugar de la habitual estadística $ML\chi^2$, ya que sirve como una corrección para χ^2 cuando las suposiciones de distribución son violadas.

En cada uno los modelos descritos anteriormente, la evaluación de la bondad del ajuste de los datos se determinó sobre la base de criterios múltiples (Byrne, 2008): como índices de ajuste incremental se manejó el *CFI (*Comparative Fit Index*), como medida de los índices de ajuste absoluto que determinan el grado en que el modelo predice la matriz de covarianza se utilizó también el *RMSEA (*Root Mean Square Error Aproximation*) y el SRMR (*Root Mean Square Residual*). El *CFI representa la versión robusta del CFI que se calcula en base al estadístico $S-B\chi^2$, Hu y Bentler (1999) sugieren un valor de 0,95 como indicativo de buen ajuste. El *RMSEA es una versión robusta del usual RMSEA y tiene en cuenta el error de aproximación en la población. Esta discrepancia, se expresa por cada grado de libertad, por lo que es sensible a la complejidad del modelo, los valores inferiores a 0,05 indican un buen ajuste, y valores tan altos como 0,08 representan errores razonables de aproximación. Para completar el análisis también se incluyó el intervalo de confianza al 90%

proporcionado por *RMSEA (Steiger, 1990). Por último, la SRMR con un valor inferior a 0,08 es indicativa de un buen ajuste (Hu y Bentler, 1999).

A continuación, se procedió a comprobar la validez de constructo al modelo de medida utilizado (Anderson y Gerbing, 1988). Los índices de ajuste mostraron que la hipótesis del modelo se ajustaba bien a los datos, $S-B\chi^2(42) = 47,72$, $p = 0,252$, *CFI = 0,99, SRMR = 0,04, *RMSEA (90% CI = 0,26 (0,000-0,057)). En segundo lugar se estimó el modelo estructural, y la estructura de la hipótesis tuvo una excelente forma: $S-B\chi^2(43) = 48,01$, $p = ,272$; *CFI = 0,99, SRMR = 0,04, *RMSEA (90% CI) = 0,24 (0,000-0,056). Todos los parámetros calculados fueron significativos y se muestran en la Figura 1. La etapas de desarrollo predijeron positivamente la imagen motriz ($B = 0,83$), que sucesivamente predijo la habilidad motriz ($B = 0,75$),

Para examinar si la imagen motriz mediatiza la influencia de las etapas de desarrollo sobre la habilidad motriz, se siguieron los cuatro pasos propuestos por Baron y Kenny (1986). El primer paso establece si la variable inicial predice el mediador. Como muestra la Figura 1, las etapas de desarrollo predicen significativamente la toma de conciencia. El segundo paso establece si la variable inicial predice el resultado de la variable final. Para examinar esto, se probó un modelo en el cual las etapas de desarrollo tuvieran un camino directo conducente a la habilidad motriz. Los pasos desde las etapas de desarrollo a la toma de conciencia y desde ésta a la habilidad motriz fueron reducidos a cero. El paso directo fue $B = 0,63$ y significativo. El tercer paso prueba si el mediador predice el resultado de la variable final después del control para la variable inicial. Como muestra la Figura 1, la toma de conciencia fue un predictor significativo de la habilidad motriz después del control ejercido por las etapas de desarrollo.

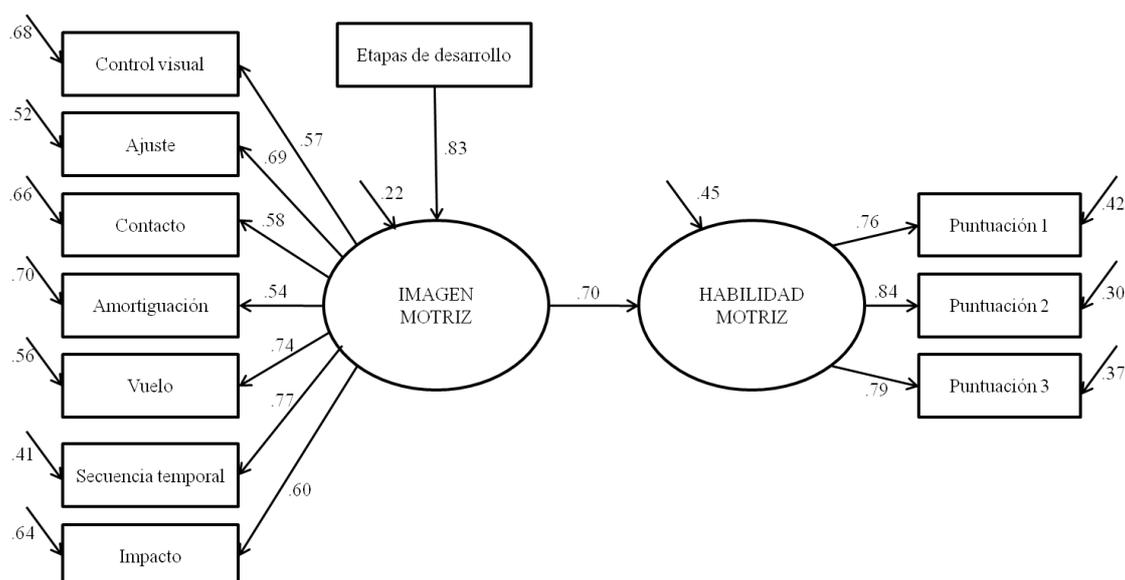


Figura 1. El modelo de hipótesis formulado entre las etapas de desarrollo, la toma de conciencia y la habilidad motriz. Los rectángulos representan las variables observadas y los círculos factores latentes.

El último paso, realizado en el mismo modelo del Paso 3, examina si en la presencia del mediador, el camino directo desde la variable inicial a la variable final es reducido a cero (p.ej., mediación completa), o si es reducido en tamaño pero es todavía diferente de cero (p.ej., mediación parcial). En la Figura 1 se añadió un camino directo desde las etapas de desarrollo a la habilidad motriz; este camino fue $B = 0,05$, no significativo, y mucho más pequeño que el camino original de $B = 0,63$. El índice de modificación de Wald sugirió que la eliminación de este camino no deteriora la forma del modelo. Por ello se concluyó que la toma de conciencia mediatiza casi en su totalidad el efecto de las etapas de desarrollo sobre la habilidad motriz.

Por último, se comprobó un modelo alternativo en el que las etapas de desarrollo predicen la habilidad motriz que sucesivamente predicen la imagen motriz. Los índices de ajuste mostraron que la hipótesis del modelo no se ajustaba a los datos, $S-B\chi^2(43) = 98,86$, $p < 0,001$, $*CFI = 0,91$, $SRMR = 0,09$, $*RMSEA(90\% CI) = 0,92(0,072-0,113)$.

En la figura 2 se recoge la evolución de la imagen y la habilidad motriz en función de las etapas de desarrollo una vez reconvertidos los factores en puntuación z.

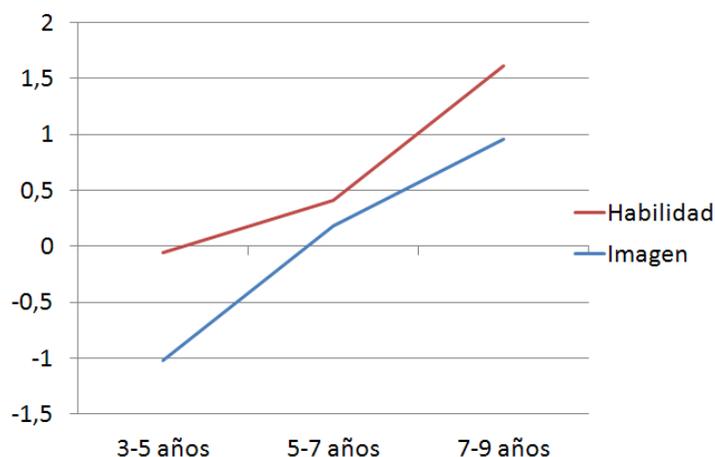


Figura 2. Evolución de la imagen y de la habilidad motriz.

4. CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

La finalidad de este estudio es analizar en qué medida la toma de conciencia o imagen motriz de los elementos necesarios para resolver un problema motor, en este caso la recepción estática de un balón con brazos, influye en los niveles de habilidad en niños con edades comprendidas entre los 3 y los 9 años.

Los resultados de este estudio muestran como las etapas en la estructuración del esquema corporal descritas por Vayer (1997) y validadas para explicar la evolución del aprendizaje de esta habilidad (recepción de móviles) por Fernández et al. (en prensa), también sirven para explicar los cambios en la toma de conciencia de los elementos implicados en la resolución de esta situación-problema. Los análisis univariados revelaron diferencias estadísticamente significativas en todas las variables.

Estos resultados son consistentes con los observados en otros estudios que muestran que la precisión del movimiento imaginado mejora de forma constante durante la infancia, y que esta capacidad está relacionada con las actividades de planificación y control (Bouwien et al. (en imprenta); Lloyd et al., 2006; Martini et al., 2004;). También son consistentes con los estudios que indican que las imágenes y praxis motoras están sujetas a las mismas limitaciones ambientales y fisiológicas (Decety y Jeannerod, 1996; Jeannerod, 2001; Maruff et al, 1999), y con los hallazgos de Courtine et al., (2004).

En definitiva, estos resultados sugieren que se producen cambios, en el desarrollo infantil, en la capacidad para resolver mentalmente los problemas derivados de la recepción de móviles, que discurren en paralelo a los cambios en la capacidad para resolver en la práctica real el mismo problema ¿Pero cuál es la naturaleza de estos cambios? En este estudio se plantea la hipótesis de que el/la niño/a a través de su desarrollo introduce progresivamente relaciones cada vez más complejas entre los elementos que es capaz de representar que, a su vez, repercuten en los niveles de habilidad motriz en la medida en que la toma de conciencia asume el control. Es decir, que las etapas desarrollo infantil predicen la imagen motriz o capacidad para anticipar mentalmente una solución al problema planteado que, sucesivamente, se relaciona con los niveles de habilidad. El análisis de ecuaciones estructurales permite aceptar esta hipótesis. De hecho, el efecto directo de las etapas de desarrollo se redujo sustancialmente cuando la toma de conciencia o imagen motriz fue introducida en el modelo, confirmando el papel mediador del último constructo en la relación entre las dos primeras variables. Estos resultados son consistentes con los observados por Caeyenberghs et al. (2009), y explican cómo las mejoras en los niveles de habilidad, originadas en el/la niño/a como consecuencia de la maduración y del aprendizaje, están condicionadas por la toma de conciencia, no sólo del objetivo y de los resultados del problema planteado, sino también de los medios necesarios para resolverlo. También se comprobó un modelo alternativo en el que las etapas de desarrollo predicen la habilidad motriz que sucesivamente predice la imagen motriz. Los índices de ajuste mostraron que esta hipótesis del modelo no se ajusta a los datos por lo que debe ser rechazada.

Estos resultados también son consistentes con estudios neuronales sobre la representación mental, que han observado consistentemente que los patrones de activación son comunes tanto a la simulación mental de movimiento como a la generación real del mismo. La hipótesis de que las redes neuro-cognitivas son las mismas tanto para los movimientos reales como imaginados podría explicar

estos resultados (Fourkas et al., 2008; Kasess et al., 2008; Ramnani, 2006; Stinear et al, (2007).

Por lo tanto, para intervenir en el entorno es necesario además de comprender la situación-problema, elaborar un programa motor que incluya los sistemas de regulación y control y que tengan en cuenta los elementos a los que se tiene que acomodar, en este caso particular anticipar una trayectoria y un lugar de impacto, o de contacto. Una vez se despliega la acción inspecciona su ejecución y regula sus conducta para que esté de acuerdo a este programa; por último, verifica su actividad consiente comparando los efectos de sus acciones con las intenciones originales, corrigiendo cualquier error que haya cometido (Luria, 1984). Normalmente un niño que ejecuta mal la tarea no tiene meta-conocimiento porque no ponen en marcha el conocimiento y las estrategias (Dominguez y Espeso, 2002).

Cecchini et al., (2012), analizaron el proceso de transferencia en el aprendizaje de habilidades motrices, llegando a la conclusión que lo que se transfiere no son los movimientos seriados sino el sistema regulador, fundamentalmente viso-kinestésico. En base a ello plantean que el profesor debe presentar a sus alumnos propuestas variadas y abiertas, en situaciones cambiantes, para que entre en juego la comparación entre los parámetros reales e ideales del movimiento. Estos autores también observaron un aprendizaje en paralelo más que un aprendizaje en serie, por tanto, además de variar las tareas éstas deben ser presentadas de una forma global.

En base a los resultados de ésta investigación, el/la niño/a debe tomar conciencia de la situación-problema planteada y, progresivamente, del programa motor y de los elementos implicados en la actividad, pues predicen el éxito. Para ello se deberían plantear situaciones-problema y, utilizar como estrategia de enseñanza el descubrimiento guiado, induciendo a la reflexión sobre las causas de los errores y el mejor modo de eliminarlos. Las complicadas relaciones entre lo genético y ambiental, entre la cultura y la crianza siguen jugando un papel muy relevante en el desarrollo motor infantil (Ruiz y Graupera, 2003)

Este trabajo tiene algunas limitaciones relacionadas con la dificultad para medir las imágenes motrices en niños de estas edades y para extrapolar estas observaciones a otros contextos o habilidades. Una limitación importante tiene que ver con el diseño de investigación transversal utilizado, por ello se deberían realizar estudios longitudinales que permitieran mostrar la secuencia temporal de los fenómenos analizados. También se deberían realizar nuevos trabajos que abordaran la relación de la toma de conciencia, con el aprendizaje de otras habilidades. Por último, también se deberían realizar investigaciones que midieran la incidencia de una enseñanza basada en la representación mental de una habilidad motriz para determinar sus resultados en estas edades.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amick, M.M., Schendan, H.E., Ganis, G. y Cronin-Golomb, A. (2006). Frontostriatal circuits are necessary for visuomotor transformation: mental rotation in Parkinson's disease, *Neuropsychologia*, 44, 339-349. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2005.06.002>
- Anderson, J. C., y Gerbing, D. W. (1988). Structural equation modeling in practice: A review and recommended two-step approach. *Psychological Bulletin*, 103 (3), 411-423. <http://dx.doi.org/10.1037/0033-2909.103.3.411>
- Baron, R.M. y Kenny, D.A. (1986). The moderator–mediator variable distinction in social psychological research: Conceptual, strategic and statistical considerations. *Journal of Personality and Social Psychology*, 51, 1173-1182. <http://dx.doi.org/10.1037/0022-3514.51.6.1173>
- Bernstein, N.A. (1967). *La coordinación y regulación de los movimientos*. Oxford: Pergamon Press.
- Bouwien, C.M., Smits-Engelsman, P. y Wilson, P.H. (en imprenta). Age-related changes in motor imagery from early childhood to adulthood: Probing the internal representation of speed-accuracy trade-offs. *Human Movement Science*.
- Byrne, B. M. (2008). Testing for multigroup equivalence of a measuring instrument: A walk through the process. *Psicothema*, 20, 872-882.
- Caeyenberghs, K., Tsoupas, J., Wilson, P.H., y Smits-Engelsman, B. (2009). Motor Imagery Development in Primary School Children. *Developmental Neuropsychology*, 34(1), 103–121. <http://dx.doi.org/10.1080/87565640802499183>
- Caljouw, S. R., van der Kamp, J., y Savelsbergh, G. J. P. (2006). The impact of task-constraints on the planning and control of interceptive hitting movements. *Neuroscience Letters*, 392, 84–89. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neulet.2005.08.067>
- Cecchini, J.A., Fernández-Losa, J. (1993). *Educación Física de base*. Oviedo: Ferrería.
- Cecchini, J.A., Fernández-Losa, J. y Pallasá, M. (2012). El proceso de transferencia en el aprendizaje y desarrollo motor. *Psicothema*, 24(2), 205-210.
- Choudhury, S., Charman, T., Bird, V. y Blakemore, S. J. (2007). Adolescent development of motor imagery in a visually guided pointing task. *Consciousness and Cognition*, 16, 886–896.
- Cicinelli, P., Marconi, B., Zaccagnini, M., Pasqualetti, P., Filippi, M. M. y Rossini, P.M. (2006). Imagery-induced cortical excitability changes in stroke: a transcranial magnetic stimulation study. *Cerebral Cortex*, 16, 247–253. <http://dx.doi.org/10.1016/j.concog.2006.11.001>
- Courtine, G., Papaxanthis, C., Gentili, R. y Pozzo, T. (2004). Gait-dependent motor memory facilitation in covert movement execution. *Cognitive Brain Research* 22, 67–75. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cogbrainres.2004.07.008>
- Cratty, B (1982). *El desarrollo perceptivo y motor en los niños*. Barcelona: Paidós.
- Decety, J. (1996). Do imagined and executed actions share the same neural substrate? *Cognitive Brain Research*. 3, 87–93.

- Decety, J. y Jeannerod, M. (1996). Mentally simulated movements in virtual reality: does Fitts' law hold in motor imagery? *Behavioural Brain Research*, 72, 127–134. [http://dx.doi.org/10.1016/0926-6410\(95\)00033-X](http://dx.doi.org/10.1016/0926-6410(95)00033-X)
- Dominguez La Rosa, P. y Espeso Gaité, E. (2002). El conocimiento metacognitivo y su influencia en el aprendizaje motor. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 2(4), 59-68. <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista4/artmeta.htm>
- Feigelman S. (2007). The preschool years. In: Kliegman RM, Behrman RE, Jenson HB, Stanton BF, eds. *Nelson Textbook of Pediatrics*. 18th ed. Philadelphia, Pa: Saunders Elsevier.
- Fernández-Losa, J., Cecchini, J.A. y Pallasá, M. (2013). La recepción de balón en niños con edades comprendidas entre los 3 y los 12 años. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*. <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista50/artrepcion378.pdf>
- Fourkas, A.D., Bonavolontà, V., Avenanti, A. y Aglioti, S.M. (2008). Kinesthetic imagery and tool-specific modulation of corticospinal representations in expert tennis players. *Cerebral Cortex*, 18, 2382–2390. <http://dx.doi.org/10.1093/cercor/bhn005>
- Guillot, A. y Collet, C. (2005). Contribution from neurophysiological and psychological methods to the study of motor imagery. *Brain Research Review*, 50, 387–397. <http://dx.doi.org/10.1016/j.brainresrev.2005.09.004>
- Helmich, R.C., Lange, F.P., de Bloem, B.R. y Toni, I. (2007). Cerebral compensation during motor imagery in Parkinson's disease. *Neuropsychologia*, 45, 2201–2215. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2007.02.024>
- Hinshaw, K.E. (1991–1992). The effects of mental practice on motor skill performance: critical evaluation and meta-analysis. *Imagination, Cognition and Personality*, 11, 3–35. <http://dx.doi.org/10.2190/X9BA-KJ68-07AN-QMJ8>
- Hu, L. y Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling*, 6(1), 1-55. <http://dx.doi.org/10.1080/10705519909540118>
- Jeannerod, M. (2001). Neural simulation of action: a unifying mechanism for motor cognition. *NeuroImage*, 14, 103–109. <http://dx.doi.org/10.1006/nimg.2001.0832>
- Kasess, C.H., Windischberger, C., Cunnington, R., Lanzenberger, R., Pezawas, L. y Moser, E. (2008). The suppressive influence of SMA on M1 in motor imagery revealed by fMRI and dynamic causal modeling. *NeuroImage*, 40, 828–837.
- Lloyd, M., Reid, G. y Bouffard, M. (2006). Self-regulation of sport specific and educational problemsolving tasks by boys with and without DCD. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 23, 370–389. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroimage.2007.11.040>
- Luria, A. (1984). *El Cerebro en Acción*. Barcelona: Martínez Roca.
- Martini, R., Wall, A. E. y Shore, B. M. (2004). Metacognitive processes underlying psychomotor performance in children with differing psychomotor abilities. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 21, 248–268.

- Maruff, P., Wilson, P., Trebilcock, M. y Currie, J. (1999). Abnormalities of imagined motor sequences in children with developmental coordination disorder. *Neuropsychologia*, 37, 1317–1324. [http://dx.doi.org/10.1016/S0028-3932\(99\)00016-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0028-3932(99)00016-0)
- Mazyn, L. I. N., Lenoir, M., Montagne, G., y Savelsbergh, G. J. P. (2007). Spatial and Temporal Adaptations That Accompany Increasing Catching Performance During Learning. *Journal of Motor Behavior*, 39, 6, 491–502. <http://dx.doi.org/10.3200/JMBR.39.6.491-502>
- Meinel, K. y Schnabel, G. (1987): *Teoría del movimiento. Síntesis de una teoría de la motricidad deportiva bajo el aspecto pedagógico*, Buenos Aires: Stadium.
- Munzert, J., Lorey, B. y Zentgraf, K. (2009). Cognitive motor processes: The role of motor imagery in the study of motor representations. *Brain Research Reviews*, 60, 306–326. <http://dx.doi.org/10.1016/j.brainresrev.2008.12.024>
- Olson, C.L. (1979). Practical considerations in choosing a MANOVA Test Statistic: A rejoinder to Stevens. *Psychological Bulletin*, 86, 1350-1352. <http://dx.doi.org/10.1037/0033-2909.86.6.1350>
- Orliaguet, J.P. y Coello, Y. (1998). Differences between actual and imagined putting movements in golf: a chronometric analysis. *International Journal of Sport Psychology*, 29, 157–169.
- Peper, C.E., Bootsma, R.J., Mestre, D.R., y Bakker, F.C. (1994). Catching balls: How to get the hand to the right place at the right time. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20, 591-612. <http://dx.doi.org/10.1037/0096-1523.20.3.591>
- Piaget, J. (1985). *La toma de conciencia*. Madrid: Morata.
- Ramnani, N. (2006). The primate cortico-cerebellar system: anatomy and function. *Nature Reviews Neuroscience*, 7, 511–522. <http://dx.doi.org/10.1038/nrn1953>
- Richardson, A. (1967). Mental practice: review and discussion 1. *Research Quarterly*, 38, 95–107.
- Ruiz, L.M. (1987). *Desarrollo motor y actividades físicas*. Madrid: Gymnos.
- Ruiz, L.M. (1994). *Deporte y Aprendizaje, procesos de adquisición y desarrollo de habilidades*. Aprendizaje Visor.
- Ruiz, L.M. y Graupera Sanz, J.L. (2003). Competencia motriz y género entre escolares españoles. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 3 (10), 101-111. <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista10/artcompetencia.htm>
- Sabaté, M., González, B., Rodríguez, M., (2007). Adapting movement planning to motor impairments: the motor-scanning system. *Neuropsychologia*, 45, 378–386. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.06.025>
- Satorra, A. y Bentler, P.M. (1988). *Scaling corrections for statistics in covariance structure analysis*. Los Angeles: UCLA statistics series 2.
- Shepard, R.N. y Metzler, J. (1971). Mental rotation of three-dimensional objects. *Science*, 171, 701–703. <http://dx.doi.org/10.1126/science.171.3972.701>

- Steiger, J. H. (1990). Structural model evaluation and modification: an interval estimation approach. *Multivariate Behavioral Research*, 25, 173-180. http://dx.doi.org/10.1207/s15327906mbr2502_4
- Stinear, C.M., Fleming, M., Barber, P.A. y Byblow, W.D. (2007). Lateralization of motor imagery following stroke. *Clinical Neurophysiology*, 118, 1794–1801. <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinph.2007.05.008>
- Tabachnick, B. G., y Fidell, L. S. (1996). *Using multivariate statistics* (3rd ed.). New York: HarperCollins.
- Vayer, P. (1977). *El diálogo corporal*. Barcelona. Ed. Científico-Médica.
- Wellman, B.L. (1937). Motor Achievements of Preschool Children. *Child Educ.*, 13, 311-316. <http://dx.doi.org/10.1080/00094056.1937.10725446>
- Wilson, P.H., Maruff, P., Ives, S. y Currie, J. (2001). Abnormalities of motor and praxis imagery in children with DCD. *Human Movement Science*, 20, 135–159. [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-9457\(01\)00032-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-9457(01)00032-X)
- Wolpert, D.M. (1997). Computational approaches to motor control. *Trends in Cognitive Sciences*, 1(6), 209–216. [http://dx.doi.org/10.1016/S1364-6613\(97\)01070-X](http://dx.doi.org/10.1016/S1364-6613(97)01070-X)
- Zacks, J. M. (2008). Neuroimaging studies of mental rotation: A meta-analysis and review. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20, 1, 1-19. <http://dx.doi.org/10.1162/jocn.2008.20013>

Referencias totales / Total references: 52 (100%)

Referencias propias de la revista / Journal's own references: 3 (5,77%)