



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Psicología

EL PAPEL DE LA PROPIOCEPCIÓN EN LAS
PRAXIAS DEL BALLET

TESIS
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
LICENCIADA EN PSICOLOGÍA

PRESENTA

ALIX SALAS ALVARADO

DIRECTOR: MTRO. GERARDO ORTIZ MONCADA
REVISOR: DR. FELIPE CRUZ PÉREZ

SINODALES

DR. FELIPE CRUZ PÉREZ
DRA. GABRIELA OROZCO CALDERÓN
DRA. MAURA JAZMÍN RAMÍREZ FLORES
MTRA. ITZEL GRACIELA GALÁN LÓPEZ



® Facultad
de Psicología

MX. CD. MX. 2016



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

**"La virtud, como el arte, se consagra constantemente a lo que es difícil de hacer, y cuanto más dura es la tarea, más brillante es el éxito."
Platón**

Agradecimientos

Gracias a Dios, a la Mente Suprema o Creadora, al Ser perfecto (o según lo llame cada cual) por haber creado el Universo bajo un orden, por haber dotado al hombre de razón y hacerlo capaz de alcanzar ideas, pues gracias a ello el conocimiento es posible. Conocimiento que nos permite progresar, impulsar la civilización con el fin de alcanzar la excelencia.

Gracias a mi Universidad, que ha sido mi segundo hogar desde que entré a la Escuela Nacional Preparatoria. Gracias a mis profesores por todas sus enseñanzas, por su paciencia y dedicación, por escuchar y por sus consejos. Gracias especialmente a Gerardo Ortiz y a Felipe Cruz, por su guianza y paciencia en este trabajo, y por haber creído en él desde el inicio.

Gracias a mi familia, por su apoyo incondicional sin el cual no habría podido llegar hasta donde me encuentro hoy. Gracias a mis padres, Beatriz y Guillermo, por su educación y valores transmitidos, porque hicieron siempre todo lo posible y necesario para que saliera adelante, por haber sido mi mayor sustento en todo momento. Gracias a mis abuelos, por sus sabias palabras, por su ejemplo y por inspirarme a ser mejor. Curiosamente, gracias también a Reyna, por cuya compañía desde la mañana hasta la madrugada las horas de estudio y trabajo fueron más ligeras y cortas.

Gracias a Juan Carlos Camargo, por brindarme tantos momentos de alegría, por escucharme, por sus enseñanzas y por su ejemplo. Gracias por lo que me transmite y por lo que me inspira.

Gracias a Arturo Vázquez, mi profesor de ballet, por haber hecho un sueño posible, y esta tesis también. Gracias por su dedicación en cada momento de las clases, por su paciencia y por sus enseñanzas.

Gracias al Taller Coreográfico de la UNAM, que sin importar la edad, desde el más joven hasta el más mayor, imparte clases de danza a aquel que quiere aprender, a aquel que solo quiere bailar.

Gracias a Fundación Sophia, quien me enseña sabiduría en teoría y en práctica, en ideas y en forma. Gracias por compartir la sabiduría en forma tan bella. Gracias por escuchar, por sus palabras, por su ejemplo.

Gracias a mis amigos, por todos los momentos que hemos vivido juntos, por las alegrías, por su amistad. Porque al caminar al mismo tiempo nos es más fácil entendernos y apoyarnos.

Gracias a quienes participaron en esta investigación, por haber compartido parte de su tiempo para este trabajo, pues sin su colaboración esta tesis no habría sido posible.

Índice

Resumen	2
Introducción	3
1. Motricidad.....	6
1.1 Desarrollo de la motricidad	7
1.2 Implicaciones del sistema nervioso en la motricidad	9
1.3 Psicomotricidad	18
2. Propiocepción	21
2.1 Implicaciones del sistema nervioso en la propiocepción	21
2.2 El sistema músculo-esquelético	24
3. Neuropsicología de la praxia y el ballet.....	28
3.1 Praxia y ballet.....	28
3.2 Modelo de organización cerebral del ballet.....	31
4. Análisis neuropsicológico del ballet.....	34
5. Método	37
6. Resultados	44
7. Discusión	50
8. Conclusiones	58
Referencias	59

Resumen

Los movimientos complejos son programados en el sistema nervioso central, que adaptados por una retroalimentación propioceptiva es posible cambiar a comportamientos motores más rítmicos, tales como saltar, nadar o bailar (Dietz, 2002). Las praxias suponen la elaboración de un plan motor que hace demanda de diversos recursos cognitivos, y se estructura de acuerdo al estado actual del cuerpo o miembro y al efecto del movimiento esperado, lo cual hace posible la propiocepción. El objetivo de este trabajo fue observar la relación entre movimiento (ejecución, precisión y fluidez; equilibrio y postura), propiocepción y cognición, comparando un grupo de 12 participantes que practiquen ballet contra un grupo que no practique ninguna técnica de danza, pareados en edad, sexo y escolaridad, y empleando pruebas estandarizadas así como adaptaciones de otros recursos de evaluación. Pudo observarse un desempeño significativamente mejor para el grupo ballet en cuanto a movimiento (incluidas las cinco categorías), propiocepción y atención. Puede concluirse que la práctica de una praxia compleja, tal como el ballet, refuerza la relación entre movimiento, propiocepción y atención, así como que la propiocepción juega un papel clave dentro de las praxias, propiciando mejores ejecuciones.

Introducción

El movimiento constituye un aspecto central en la vida del ser humano, pues es a través del movimiento como podemos recorrer y conocer nuestro entorno, así como acceder a la satisfacción de nuestras necesidades básicas. Sin embargo, la importancia de la motricidad en la vida del hombre radica en que el niño va a configurar su conocimiento y comportamiento a partir de su acción directa sobre los objetos, la cual debe organizar e integrar (Cobos, 1999), lo que permite posteriormente la abstracción del pensamiento. Es por ello que el movimiento está íntimamente relacionado con la cognición.

En el ser humano es posible encontrar diversos tipos de movimiento, los cuales involucran un componente motriz (capacidad para generar el movimiento, implica al sistema nervioso, muscular y esquelético, su respectiva coordinación, órganos de los sentidos, etc.) y uno psicomotriz (integra la motricidad con la cognición, implica la actividad tónica, postural, de equilibrio, esquema corporal, praxias, etc. con el fin de dirigir los movimientos hacia una meta), de forma que aunque existan diferencias conceptuales y sean de gran utilidad para el estudio del movimiento, en los actos de la vida cotidiana difícilmente pueden observarse por separado. No obstante, lo que sí es claro y fácil de observar, es que hay movimientos más básicos o simples que otros, tales como masticar, girar el cuello, estirarse, etc. (en los cuales podría apreciarse más el aspecto motriz), movimientos no tan simples como la marcha, saltar, ponerse de pie, etc. (en los cuales se va “introduciendo” el componente psicomotriz de forma más importante) y hay también movimientos más complejos que requieren mayor control (y por tanto, mayor acción de la cognición), tales como peinarse, cepillarse los dientes o usar los cubiertos para comer, mientras que los movimientos más complejos serían, por ejemplo, tocar un instrumento musical, bailar, etc. Ya que los movimientos complejos requieren ser primeramente aprendidos y posteriormente practicados para poder ejecutarlos de manera correcta y eficaz (y para poder automatizarlos), es que requieren de un procesamiento de información que permita elaborar su respectivo plan motor, a lo cual se ha denominado praxia.

Ya que los movimientos son ejecutados con el propio cuerpo, el encéfalo ha de enviar las señales necesarias para mover los músculos. Para que ello sea posible, tales señales son enviadas desde la corteza somatosensorial, la cual posee un mapa del cuerpo. No obstante, para poder realizar las praxias, es necesario identificar la posición de los miembros del cuerpo en el espacio y sus respectivos movimientos, lo cual es posible a través de la propiocepción, ya que ofrece un esquema de representación mental del propio cuerpo tanto estático como dinámico.

Con ello es posible notar la íntima relación existente entre praxia y propiocepción. Una actividad relativamente cotidiana, de mucha tradición y de amplia difusión que puede servir de modelo para analizar esta relación es la danza, ya que se define por el movimiento y es el propio cuerpo el objeto que se manipula. Además, dentro de cada técnica de danza es posible encontrar un extenso número de movimientos, lo cual implica un amplio repertorio de fórmulas del movimiento, es decir, de las praxias. En cuanto a la propiocepción refiere, el ballet ofrece un modelo más sofisticado, dada la alta demanda de control sobre los miembros del cuerpo que exige esta técnica. Adicionalmente, ello permite contemplar una praxia cuya primera finalidad es el dominio del cuerpo mismo, es decir, colocar y mover el cuerpo de acuerdo a la técnica, sin contemplar siquiera la artefactualidad de la que trata la danza (la cual se pone en marcha una vez ya comenzada la adquisición de la técnica), menos se contempla el ambiente externo (como la presencia de objetos o simular tan solo que se manipula alguno).

Así, esta tesis explora la relación existente entre la propiocepción y la praxia, si es que puede observarse algún vínculo de complementariedad entre ambas a través de la práctica del ballet. En el primer capítulo se aborda la motricidad, incluye el aspecto de control nervioso y de desarrollo, así como el vínculo existente con la cognición (psicomotricidad). El segundo capítulo trata sobre la propiocepción, su implicación a nivel de sistema nervioso y, dado que el objetivo es mover al cuerpo, se incluye una descripción general de los sistemas esquelético y muscular, para así finalizarlo con una descripción explícita de la relación entre la propiocepción y el movimiento. En el tercer capítulo se hace un análisis de las praxias en general, a lo

cual se liga el ballet, entendido como un conjunto de praxias, para que finalmente en el cuarto capítulo se describan las implicaciones neuropsicológicas del ballet, entendido ya como un conjunto de praxias.

1. Motricidad

La integración motora representa un alto nivel de control del sistema nervioso central, ya que incorpora funciones gnósicas tales como integración multisensorial, imagen corporal, localización de sí mismo y perspectiva en primera persona (Ionta et al., 2011), de forma tal que las demás funciones son secundarias con respecto a hacer que el cuerpo se mueva (Carlson, 2014).

El sistema motor humano puede realizar tres tipos de movimiento (Soriano et al., 2007):

- Movimientos reflejos. Respuestas rápidas estereotipadas e involuntarias ante estímulos elicitadores, por ejemplo el reflejo de presión palmar, donde al aplicar presión en las palmas de las manos del recién nacido se desencadena una flexión espontánea de la mano, provocando que se cierre.
- Patrones motores rítmicos. Por norma general, el inicio y el final de estos movimientos son voluntarios, pero una vez iniciados, el movimiento continúa de forma más o menos estereotipada, como caminar, correr, masticar.
- Movimientos voluntarios. Movimientos dirigidos hacia una meta o con un propósito determinado. Su ejecución mejora con la práctica y pueden producirse como respuestas ante un estímulo externo o no, como leer, tocar algún instrumento musical, practicar alguna técnica de danza.

Tales movimientos, especialmente los patrones motores rítmicos y los movimientos voluntarios, son modulados a través de diversas vías que van desde las articulaciones hasta llegar a la corteza del sistema nervioso central, a la cual llegan las señales a través de la médula espinal y estructuras subcorticales. Sin embargo, antes es necesario el desarrollo de estructuras (como la corteza cerebral) y cualidades (como tono y postura) que permitan llevar a cabo dicha modulación de vías y que también

forman parte del sistema motriz, por lo que a continuación se describen ellas a través del desarrollo de la motricidad.

1.1 Desarrollo de la motricidad

El desarrollo motor sigue una secuencia que va de lo más simple a lo más complejo, y en este proceso hay un aumento gradual de estabilidad, locomoción y manipulación, cuya importancia radica en lo siguiente (Arce & Cordero, 2001):

- *Estabilidad.* Habilidad de mantener el equilibrio en relación con la fuerza de gravedad. Constituye la forma básica del movimiento humano y es fundamental para el desarrollo del movimiento eficiente.
- *Locomoción.* Cambios en la localización del cuerpo en relación con puntos fijos al suelo. Incluye la proyección del cuerpo al espacio externo, y movimientos como caminar y saltar. Sin embargo, para que se desarrolle la locomoción, la estabilidad debe ser dominada.
- *Manipulación.* Implica dar y recibir fuerza de objetos mediante las manos y/o pies. Los movimientos de manipulación requieren una eficiente habilidad de locomoción y, por tanto, estabilizadora.

Los *movimientos espontáneos* son aquellos que tienen su origen en el organismo en sí mismo, sin provocación intencional, por lo que no están orientados hacia un fin (Stambak, 1978). Su importancia radica en que, según Ajuriaguerra (1986), contribuyen decisivamente al desarrollo del equilibrio-acción, a las reacciones de equilibración y a la repetición de actividades rítmicas complejas, cuya importancia reside en que la función del equilibrio-acción surge como necesidad para adquirir la postura (posición en que se sitúa el cuerpo en el espacio para poder llevar a cabo el aprendizaje).

Estos movimientos espontáneos constituyen la base sobre la cual se asentarán movimientos más complejos y voluntarios (praxias), pues conforme el niño vaya creciendo y adquiera un tono muscular adecuado, será capaz de controlar la postura

de su cuerpo y con ello sus movimientos, los cuales podrán ser ejecutados con intencionalidad y ser, por tanto, dirigidos hacia una meta (en el capítulo cuarto se detallará más la importancia de la postura para el movimiento).

Los *reflejos arcaicos* son característicos de los dos primeros meses de vida, están basados principalmente en procesos de maduración cortical (Arce & Cordero, 2001), y su respectiva supresión permite la organización del *tono postural*. Ahora el niño deberá adoptar las posturas equilibradoras ideales que le permitan la marcha (y así explorar el medio), para lo cual es necesario un tono muscular adecuado y un buen equilibrio (Conde & Viciano, 1997).

De los 12 a 14 meses, el niño entra ya en el período de la locomoción, pues realiza los primeros pasos independientes, lo cual exige una condición indispensable: *equilibrio general*, que inicialmente es precario, pero irá afirmándose por el ejercicio mismo de la marcha (Le Boulch, 1999). Este desarrollo aumentará los desplazamientos y movimientos del niño que, a su vez, repercutirán importantemente en la estructuración de la cognición, pues la acción provee la información necesaria para la identificación del mundo, permite establecer las relaciones con él y porque es el nexo de unión de los elementos integrantes (Molina, 1976).

Por lo tanto, conforme progresa el desarrollo y madura el sistema nervioso, el niño consigue el control voluntario sobre su musculatura. Aunque los primeros intentos de estos movimientos son imprecisos y parecen producirse al azar sin intención, el niño comenzará a integrarlos en su repertorio de habilidades (siempre en expansión), los cuales irán tornándose más complejos conforme aprenda a combinar una serie de acciones individuales en un solo acto coordinado o intencional, es decir, patrones de movimiento que, con la práctica y la experiencia, se tornarán más perfectos y así el niño comenzará a utilizarlos para realizar actividades específicas (Danderfer & Montenegro, 2012), como las praxias.

Sin embargo, es preciso no olvidar que los movimientos ocurren en el espacio y que están organizados en el tiempo, por lo que es necesario estructurarlos en una secuencia. Para que ello sea posible, el niño debe contar con conocimientos del propio cuerpo a través de las experiencias sensomotrices (incluye las sensaciones exteroceptivas, propioceptivas e interoceptivas) y perceptivo-motrices (conjunto de capacidades directamente derivadas y dependientes del funcionamiento del sistema nervioso central, incluye el esquema corporal, la temporalidad y la espacialidad) (Castañer & Camerino, 1996), el nombramiento de los segmentos corporales propios, la discriminación derecha e izquierda en él mismo y en los otros, así como la orientación arriba-abajo, adelante-atrás, costado-costado (Calmels, 2003).

Así, las praxias se hallan íntimamente ligadas al campo del aprendizaje y de la cognición. La importancia de la motricidad en la vida del ser humano radica en que el niño va a configurar su conocimiento y comportamiento a partir de su acción directa sobre los objetos, la cual debe organizar e integrar (Cobos, 1999), es decir, la capacidad cognitiva se asienta en los logros prácticos que el niño evolutivamente y en concordancia con su proceso madurativo va desplegando (Bottini, 2010).

1.2 Implicaciones del sistema nervioso en la motricidad

Los movimientos están controlados por los sistemas motores del encéfalo y la médula espinal. El sistema motor traduce las señales neurales en fuerzas contráctiles en los músculos para producir los movimientos, para lo cual cuenta con diversas características de organización que se hallan interrelacionadas al mismo tiempo (Soriano et al., 2007):

- Los sistemas motores disponen de un flujo continuo de información sensorial sobre los acontecimientos del entorno, la posición y la orientación del cuerpo y las extremidades, así como sobre el grado de contracción muscular. Los sistemas motores emplean esta información para seleccionar la respuesta apropiada y realizar ajustes durante el desarrollo del movimiento.

- Los sistemas motores están organizados en niveles jerárquicos de control (Haines, 2006):

Sistema músculo esquelético: determina los movimientos que son posibles.

Médula espinal: controla los músculos esqueléticos en respuesta a información sensorial. El caso más sencillo de respuesta puede ser el reflejo.

Tronco encefálico: integra órdenes motoras procedentes de niveles superiores del cerebro y las transmite a la médula espinal. También transmite información sensorial sobre el cuerpo desde la médula espinal al prosencéfalo.

Corteza motora. Planea e inicia el movimiento, y procesa información sensorial.

Cerebelo y ganglios basales. Modulan las actividades de los sistemas de control.

Además, la organización del sistema motor está dividida de la siguiente forma (Soriano et al., 2007):

- Organización jerárquica. El sistema motor está conformado por distintos componentes relacionados por vías que siguen trayectorias descendentes: los movimientos en sí mismos son producidos por neuronas motoras de la médula espinal que intervengan los músculos, las cuales, a su vez, son controladas y coordinadas por neuronas de la corteza cerebral, del encéfalo y del tronco encefálico.
- Organización en paralelo. Desde los niveles superiores de la jerarquía motora (corteza), las órdenes llegan a los niveles inferiores de forma directa o a través del tronco encefálico (lo cual origina la organización en paralelo).

Tales características del sistema motor ponen de manifiesto la complejidad y la amplitud del mismo, para lo cual se abordará dicho sistema de acuerdo a la siguiente división: corteza, vías descendentes, ganglios basales y cerebelo.

La corteza

La corteza motora primaria (M1) se ubica en la circunvolución precentral, justo delante del surco central, y tiene una organización somatotópica (homúnculo motor), es decir, está organizada en forma de mapa respecto a las partes del cuerpo (Carlson, 2014). Se aprecia que regiones desproporcionadamente grandes están dedicadas a partes del cuerpo implicadas en los movimientos más complejos y elaborados (Rosenzweig et al., 2005).

Por su parte, el área motora suplementaria (AMS) se localiza en la cara medial del encéfalo, inmediatamente delante de la corteza motora primaria, mientras que la corteza premotora (PM) se sitúa mayormente en la cara lateral, también justo delante de la corteza M1 (Carlson, 2014).

El principal aporte de información cortical a la corteza M1 procede del área motora suplementaria (AMS) y de la corteza premotora (PM) (Carlson, 2014), además de los lóbulos parietales (Rizzolatti & Luppino, 2001). Una de las operaciones fundamentales de las áreas M1 y PM es la generación de acciones motoras potenciales (generación del plan motor), pues el AMS transforma esas acciones potenciales en movimientos actuales al interactuar con la inhibición y facilitación que el movimiento requiere según sea la secuencia (Rizzolatti & Luppino, 2001), mientras que la corteza PM ha sido implicada en la organización temporal de las secuencias motoras (Ashe et al., 2006).

No obstante, la corteza M1 también recibe proyecciones importantes de la corteza somatosensorial primaria, donde las neuronas de ésta que responden a los estímulos aplicados en una zona del cuerpo envían axones a neuronas de la corteza motora primaria que mueven los músculos de esa misma parte del cuerpo (Carlson, 2014).

La corteza de asociación prefrontal dorsolateral recibe proyecciones de la corteza parietal posterior y envía proyecciones a las áreas de la corteza motora secundaria

(áreas AMS, PM y motoras cinguladas), primaria y al campo motor de los ojos, que a su vez, envían una gran parte de sus outputs a la corteza M1 (Pinel, 2007).

Vías descendentes

Hay diversas vías que van desde el cerebro hasta las motoneuronas (ubicadas en la médula espinal), aunque las principales divisiones del sistema motor son los sistemas piramidal y extrapiramidal (Rosenzwei et al., 2005).

Sistema piramidal o córticoespinal

Este sistema se origina en distintas zonas de la corteza cerebral (como áreas centrales y campos frontales de los ojos) (López, 2000). Las fibras viajan a través de la cápsula interna hasta la porción ventral del mesencéfalo, y a medida que descienden por la protuberancia se separan en haces que discurren entre los núcleos pontinos, aunque las fibras se reagrupan en el bulbo (superficie ventral) para formar la pirámide bulbar (tracto piramidal) (Kandel et al., 1997). En el bulbo ocurre la decusación, y las fibras que no decusan (ni en el bulbo ni en la médula) constituyen el haz córticoespinal ventral (López, 2000).

Las neuronas de la corteza M1 controlan los movimientos a través de dos vías descendentes que han sido denominadas de acuerdo al lugar que ocupan en la sustancia blanca de la médula espinal (Carlson, 2014):

- Vía lateral. Está conformada por el fascículo córticoespinal, fascículo córticobulbar y el fascículo rubroespinal. Modula las motoneuronas que controlan los músculos distales de las extremidades (Kandel et al., 1997). Este sistema participa básicamente en el control de los movimientos independientes de las extremidades (particularmente de las manos y dedos), es decir, la extremidad derecha e izquierda realizan movimientos diferentes, o que una extremidad se mueve mientras la otra no (Carlson, 2014).
- Vía medial. Está compuesta por el fascículo vestibuloespinal, el fascículo tectoespinal, el fascículo reticuloespinal y el fascículo córticoespinal ventral.

Modula las motoneuronas que inervan los músculos axiales y proximales (Kandel et al., 1997). Este sistema controla los movimientos automáticos (movimientos vastos de los músculos del tronco corporal) e integra los movimientos cuerpo-miembro (como durante la locomoción) y mantiene la postura (Zhou, Wolpert & Zeeuw, 2014) y el equilibrio (Carlson, 2014).

Así, el sistema córticoespinal también permite adaptar cada fase de los pasos de los movimientos, con lo cual permite la adaptación del sistema ante los posibles efectos que podría haber en el exterior (Camus et al., 2006).

El cerebro se comunica con las motoneuronas de la médula espinal a través de dos sistemas principales: vía lateral y vía ventromedial, a continuación descritas.

Vía lateral

Corresponde a las vías descendentes directamente de la corteza motora por lo largo del cordón lateral de la médula espinal, y participa en los movimientos voluntarios de la musculatura distal bajo el control directo de la corteza cerebral (López & Fernández, 2006).

Fascículo córticoespinal lateral. El fascículo córticoespinal se origina en la corteza, principalmente en las áreas 4 y 24 de Brodmann y, en menor grado, en el lóbulo parietal (Escobar & Pimienta, 2006). Estos axones descienden y, en la decusación piramidal, la mayor parte de las fibras decusan para conformar el fascículo córticoespinal lateral, que desciende por el cordón lateral de la médula (Escobar & Pimienta, 2006).

Fascículo corticobulbar. Inicia en la corteza motora y proyecta hacia el bulbo raquídeo (Carlson, 2014), finaliza en los núcleos motores de los pares craneales (García, 2010) III, IV, VI, VI, IX, X, XI y XII (García & Quero, 2012).

Fascículo rubroespinal. Se origina en el núcleo rojo, desciende por la médula lateral inmediatamente y cruza en la decusación tegmental (Escobar & Pimienta, 2006).

Vía ventromedial.

Corresponde a los axones descendentes en posición ventromedial por la médula espinal, se origina a partir de varias regiones del tronco cerebral (aunque la corteza motora también comunica con los núcleos de esta vía) y participa en el mantenimiento de la locomoción y de la posición (López & Fernández, 2006).

Fascículo vestibuloespinal. Está conformado por los axones que van desde los núcleos vestibulares hasta la sustancia gris de la médula espinal (Carlson, 2014). Controla los movimientos posturales en respuesta a la información procedente del sistema vestibular (Carlson, 2014) y ejerce una influencia facilitadora sobre la actividad refleja espinal y sobre el tono de los extensores (Nieuwenhuys, Voogd & van Huijzen, 2009).

Fascículo tectoespinal. Se origina en los colículos superiores y sus fibras se cruzan en la decusación tegmentaria dorsal en el mesencéfalo, descienden para alcanzar el cordón anterior de la médula espinal y proyectar sobre las motoneuronas que inervan los músculos del cuello (García & Quero, 2012).

Fascículo reticuloespinal. Se origina en la formación reticular de la protuberancia y del bulbo raquídeo (predominantemente de forma ipsilateral) (García & Quero, 2012), y finaliza en la sustancia gris de la médula espinal (Carlson, 2014). Tiene una función excitadora sobre las motoneuronas alfa y gamma, particularmente las que inervan la musculatura proximal (García & Quero, 2012). Este fascículo controla los movimientos posturales y varias más funciones automáticas, como el tono muscular y el andar (Carlson, 2014).

Fascículo córticoespinal ventral. Este fascículo está conformado por los axones procedentes de la corteza motora primaria descendentes del fascículo piramidal que

no cruzaron (descienden ipsilateralmente), termina en la zona ventral ipsilateral de la sustancia gris de la médula espinal (Carlson, 2014; Nogales et al., 2005). Este fascículo controla los movimientos de la parte superior de las extremidades inferiores y los del tronco corporal (Carlson, 2014).

Ganglios basales

Los ganglios basales están implicados en la planeación y en los aspectos volitivos y (Bustamante, 2007). Aunado a ello, se ha observado que los desórdenes de los ganglios basales ocasionan una velocidad y cantidad anormal de los movimientos, así como un tono muscular anormal (Takakusaki et al., 2003).

Los ganglios basales están conformados por distintos grupos o núcleos celulares (Bustamante, 2007): núcleo caudado, putamen, globo pálido, núcleo subtalámico y sustancia negra. Los ganglios basales reciben la mayor parte de sus aferencias de todas las regiones de la corteza cerebral, aunque tienen dos principales eferencias (Carlson, 2014):

- Corteza motora primaria, área motora suplementaria y corteza premotora, a través del tálamo.
- Núcleos motores del tronco encefálico que contribuyen a las vías ventromediales.

Circuito corteza-ganglios basales

La corteza frontal, parietal y temporal envían axones al núcleo caudado y putamen, que proyectan hacia el tálamo y regresa la información a la corteza a través de conexiones mediante neuronas tanto excitatorias (glutamatérgicas) como inhibitorias (GABAérgicas): el núcleo caudado y el putamen reciben aferencias excitatorias de la corteza cerebral, y envían axones inhibitorios a las divisiones interna (GPi) y externa (GPe) del globo pálido, lo cual da lugar a dos vías (Carlson, 2014):

- Vía directa. El GPi envía axones inhibitorios a los núcleos talámicos ventral anterior (VA) y ventrolateral (VL), los cuales envían proyecciones excitatorias a la corteza motora.

- Vía indirecta. El GPe envía aferencias inhibitorias al núcleo subtalámico, el cual envía aferencias excitatorias a GPi. El resto de la vía es igual a la vía directa, salvo que el efecto de este circuito en el tálamo y en la corteza frontal es inhibitorio.

Cerebelo

El cerebelo juega un papel muy importante en el movimiento y postura, ajustando las salidas de los principales sistemas motores descendentes encefálicos, y constituye asimismo una estructura muy importante para la integración de la información sensorio-motora, pues influye en áreas corticales cerebrales vía el tálamo ventrolateral a modo de que los movimientos siguientes se ajusten a su comando motor inicial (García et al., 2009). El cerebelo también ejerce influencia sobre los sistemas descendentes mediales (tracto reticuloespinal, vestibuloespinal y tectoespinal) y laterales (como el tracto rubroespinal), involucrados en los mecanismos que regulan el tono muscular, la postura, los reflejos medulares, el equilibrio (López-, 2000) y en la agudeza o precisión de los movimientos (Kobesova & Kolar, 2014).

El cerebelo consta de una región central llamada vermis, dos hemisferios cerebelosos y dos pequeños flóculos colocados de forma bilateral, además de dos profundas fisuras transversales que dividen al cerebelo en tres regiones principales: fisura primaria (separa a región anterior de posterior), fisura posterolateral (separa región posterior de lóbulo floculonodular) (García et al., 2009).

Las capas del cerebelo están compuestas de neuronas tanto inhibitorias como excitatorias, lo que permite que el cerebelo regule la salida de comportamiento, pues las conexiones determinan la amplificación o refinamiento apropiados de la conducta a través de computaciones especializadas (Koziol & Budding, 2009). Para ello, el cerebelo recibe copias internas de los comandos motores (Zhou, Wolpert & Zeeuw, 2014) y el resultado de estas computaciones es enviado de vuelta a la corteza.

Circuito cerebro-cerebelar

El circuito prototípico es un sistema re-entrante que comprende dos elementos (Schmahmann & Pandya, 1997):

- *Feedforward*. Se origina en la corteza y proyecta hacia el núcleo pontino, el cual envía inputs hacia las fibras musgosas de la corteza cerebelar. Estos inputs proyectan hacia el núcleo cerebelar profundo. Ya que de forma que la información es modificada por la infraestructura del cerebelo, éste juega un papel importante en decidir qué información sí o no es regresada de vuelta a la corteza cerebral.
- *Feedback*. Proyecta desde el núcleo cerebelar hacia los núcleos rojos (“de paso”) y hacia el tálamo, de aquí regresa hacia la corteza cerebral donde el input fue originado.

No obstante, las fibras musgosas y trepadoras se consideran como las dos principales líneas de aferencias hacia la corteza (Snell, 2006):

- Fibras trepadoras. Corresponden a las fibras terminales de los tractos olivocerebelosos, y ascienden de las capas de la corteza, atraviesan la capa granulosa y se dividen repetidamente en la capa molecular.
- Fibras musgosas. Estas fibras son de diversa procedencia (médula espinal, bulbo, puente, mesencéfalo) y tras penetrar en el cerebelo, se ramifican hacia la corteza (Puelles, Martínez & Martínez, 2008) y ejercen un efecto excitador mucho más difuso que el de las fibras trepadoras.

A su vez, la corteza cerebral envía información al cerebelo a través de tres vías (Snell, 2006):

- Vía corticopontocerebelosa. Se origina en los lóbulos frontal, parietal, temporal y occipital, y descienden a través de la corona radiada y la cápsula interna hasta llegar a los núcleos pontinos.

- Vía cerebroolivocerebelosa. Inicia en los lóbulos frontal, parietal, temporal y occipital, desciende a través de la corona radiada y la cápsula interna hasta alcanzar (y finalizar) bilateralmente los núcleos olivares inferiores.
- Vía cerebrorreticulocerebelosa. Inicia en la corteza cerebral, especialmente en las áreas sensitivo-motoras, descienden hasta alcanzar la formación reticular ipsilateralmente y la protuberancia y el bulbo raquídeo contralateralmente. De la formación reticular surgen las fibras reticulocerebelosas que ingresan al cerebelo ipsilateralmente a través de los pedúnculos cerebelosos.

Ahora bien, ya se habrá notado que tanto el desarrollo como las implicaciones del sistema nervioso (una vez ya maduro) en la motricidad guardan una complejidad que involucra diversos aspectos del sistema nervioso-motriz, por lo que no ha de extrañarse que la motricidad también desempeñe un papel importante en la cognición del ser humano. Debido a ello, el siguiente apartado tratará sobre la relación existente entre motricidad y cognición.

1.3 Psicomotricidad

El desarrollo del individuo depende de dos factores: uno biológico y otro dependiente de la interacción con el ambiente. Sin embargo, ambos factores se desarrollan conjuntamente, favoreciéndose el uno al otro. Este proceso involucra los aspectos sensorial y motriz, los cuales repercutirán importantemente en la cognición del niño, y por lo tanto, en la del hombre.

De forma general y resumida, el papel de la motricidad en la cognición puede verse de la siguiente forma: las operaciones concretas preceden a las abstractas (antes de poder operar mentalmente con imágenes o símbolos es preciso haber manipulado los objetos reales), la utilización del cuerpo precede al conocimiento del cuerpo (para elaborar una imagen mental del mismo y sus miembros, es preciso haber utilizado previamente el cuerpo y sus miembros en diversas actividades), el control del movimiento precede a la realización del gesto expresivo (para que un movimiento

cualquiera pueda tener una intencionalidad y un significado, debe haberse logrado previamente el correcto control neurológico y psicomotor del movimiento) y, más hacia el origen, la excitación precede a la inhibición (García & Berruezo, 1999). La importancia de tal inhibición radica en que permite que los procesos “superiores” (o simbólicos, como lenguaje oral, lectura y escritura y cálculo) puedan llevarse a cabo, ya que las funciones inferiores se supeditan a las superiores (García & Fernández, 1999).

A continuación se presentan algunos ejemplos concretos:

- La manipulación, en tanto aspecto motriz, permite al niño tener contacto físico con los objetos (del medio ambiente y con el propio cuerpo) y el mundo que le rodea, así como con la relación entre los movimientos, objetos y espacio (Arce & Cordero, 2001).
- Gracias al movimiento de pinza (hacia el noveno y décimo mes), el niño logra tomar los objetos muy finos, explorar agujeros y ranuras, la cavidad de los vasos, etc., lo cual le permitirá acceder a la tercera dimensión, tener la noción de relieve y de profundidad (Le Boulch, 1999).
- Orientación en el espacio a través del desarrollo de las relaciones topológicas, (derecha-izquierda, dentro-fuera, grande-pequeño, primero-último, etc., Conde, 1997; citado en Arnaiz et al., 2001), gracias a la actividad sensorio-motriz, que permite los puntos de vista sobre la realidad, comparar, etc. (Le Boulch, 1999).
- Construcción del esquema corporal, que concierne en parte al seguimiento y actualización de las posiciones de las partes del cuerpo en el espacio durante la ejecución de los movimientos (Longo et al., 2009), y es llevada a cabo mediante la interiorización elaborada a partir de las sensaciones propioceptivas, interoceptivas y exteroceptivas (Jiménez & Jiménez, 1995), lo cual implica, en parte, toma de consciencia de la información propioceptiva (Le Boulch, 1999).
- Gracias al esquema corporal, el niño puede construir relaciones espaciales de mayor complejidad a través de una serie de puntos de referencia externos al cuerpo (espacio euclidiano) (Arnaiz et al., 2001).

Es posible apreciar la importancia que juega el esquema corporal en la cognición, que y una de sus fuentes constituyentes es la propiocepción, la cual Drosy (1963) define como un sentido dinámico que responde al “cambio interior” (en cuanto a los receptores de músculos y articulaciones) sobre el que se asienta la imagen corporal. Tal cambio interior hace referencia a los cambios producidos en las tasas de disparo provenientes de las articulaciones y músculos que, a su vez, son producidos cuando éstos (ya sea solo de un miembro o de todo el cuerpo) cambian de postura, y para poder cambiar de postura es necesario moverse. Es por ello que el siguiente capítulo está dedicado a la propiocepción, que constituye una de las bases sobre la cual se construye el esquema corporal, el movimiento y, por lo tanto, la praxia.

2. Propiocepción

Las sensaciones constituyen los canales básicos por los cuales la información sobre los fenómenos del mundo exterior y sobre el estado del organismo llega al cerebro, lo cual da al ser humano la posibilidad de orientarse en el medio que le rodea y con respecto a su propio cuerpo, para lo cual pueden clasificarse en tres tipos: interoceptivas (señales que llegan del medio interno del organismo y aseguran la regulación de las necesidades más elementales) y exteroceptivas (señales procedentes del mundo exterior y crea la base del comportamiento consciente) (Luria, 1994).

La propiocepción, por su parte, alude a los sentidos de postura, posición y movimiento del cuerpo (Chaitow & Walter, 2006); donde la postura estática refiere a la alineación corporal mantenida de todos los segmentos en una situación específica de quietud, y la dinámica refiere a la actitud corporal y de los segmentos adoptada durante el movimiento (Lesmes, 2007); la posición refiere a la postura característica de una especie (como la bipedestación) o de una situación determinada (como las diversas posiciones de brazos y pies en ballet) (Bustamante, 1995); movimiento del cuerpo refiere al cambio continuo de posición (Flores, 2013).

Ello requiere de inputs provenientes de múltiples receptores: husos musculares, órganos tendinosos de Golgi y receptores en las cápsulas articulares (Konczak & Abbruzzese, 2013). Después de que las señales provenientes de estos receptores entran en el SNC, neuronas de alto orden en la médula espinal, tronco cerebral, cerebelo, ganglios basales y neocorteza procesan el flujo disponible de la información propioceptiva (Konczak & Abbruzzese, 2013), además de ser integrada con otras modalidades sensoriales para proporcionar una percepción coherente del cuerpo como un todo (Jola et al., 2011).

2.1 Implicaciones del sistema nervioso en la propiocepción

La información propioceptiva penetra a la médula por las raíces posteriores de los nervios raquídeos y sube hasta el bulbo (Ruiz, 2002) para hacer relevo en el lemnisco

medial (originado en los núcleos gracilis y cuneatus, ipsilateralmente), el cual conserva su topografía somatotópica, y que proyecta hacia el núcleo ventral intermedio del tálamo (contralateralmente) (Puelles, Martínez & Martínez, 2008). Desde aquí, los axones proyectan hacia la corteza somatosensorial primaria, que a su vez proyectan a la corteza somatosensorial secundaria (Carlson, 2012).

Se ha postulado que las cortezas somatosensoriales primaria y de asociación parecen mantener en línea las representaciones anatómica y postural del estado actual del cuerpo, en contraste con las características posturales y anatómicas futuras (Tsakiris, 2010), y que las cortezas somatosensorial secundaria e insular son responsables de la percepción somatosensorial consciente, junto con la corteza parietal posterior derecha que contribuye a la integración espacio-temporal (Dijkerman & de Haan, 2007).

El lóbulo parietal, por su parte, es de vital importancia para la ejecución de los movimientos, pues además de procesar (entre otros) la información somatosensorial (y por lo tanto, información propioceptiva), juega un papel muy importante para la planeación del movimiento, especialmente en cuanto al procesamiento espacial refiere. Así, Harpaz et al. (2014) propusieron que hay una población neural distribuida en las áreas M1 y el surco intraparietal anterior que codifican la forma o geometría de un movimiento de manera relativamente abstracta, independientemente del tamaño específico de la ejecución, por ejemplo la geometría que ha de seguir la pierna de trabajo en un battement independientemente de si es grand o petit.

El sistema del movimiento voluntario comprende “dos neuronas”: motoneurona central o vía piramidal (revisada anteriormente), que va desde la corteza motora hasta los núcleos motores de los nervios craneales del tronco encefálico y a las células reticulares de la médula espinal, y de la motoneurona periférica (se verá a continuación), que va desde los núcleos motores de los nervios craneales y astas anteriores medulares hasta los músculos (Raimondi, 1999).

Motoneuronas del asta anterior (ventral)

Las motoneuronas del asta anterior (ventral) de la médula espinal (motoneuronas inferiores) inervan los músculos esqueléticos para producir los movimientos, y tienen también una organización topográfica de acuerdo a los grupos funcionales que inervan, por ejemplo, en general, las motoneuronas encargadas de los músculos flexores se localizan más posteriores en el asta anterior que las de los músculos extensores (Haines, 2006).

La contracción muscular se lleva a cabo cuando el botón terminal libera el neurotransmisor (acetilcolina) y su respectiva unión al receptor muscular causa la despolarización de la membrana que se transmitirá hasta el interior de la fibra muscular para producir así el acortamiento de las fibras (Vidal, 2012). Los impulsos de los husos musculares transmiten los cambios en la longitud muscular y en la velocidad de su modificación (Haines, 2006).

Por su parte, el órgano tendinoso de Golgi se encuentra en el tendón muscular, y a diferencia de la acción facilitadora del huso muscular, el órgano tendinoso de Golgi tiene un efecto de inhibición sobre el músculo que le permite contribuir a limitar la tensión (Prentice, 2001). Dichos órganos están formados por múltiples ramos terminales de un axón entrettejido en las fibras de colágeno del tendón, de manera que cuando un músculo se contrae, las fibras de colágeno se estiran y se acercan unas a otras, con lo que las terminales nerviosas se comprimen y activan los axones, lo cual permite monitorear la extensión de la contracción muscular y la fuerza ejercida por el músculo (Palastanga, Field & Soames, 2000).

La información que va desde los músculos esqueléticos hacia el sistema nervioso entra en la médula espinal a través de las raíces posteriores (dorsales) (Haines, 2006).

Por otra parte, se considera que el sistema motor del reino animal (incluyendo al ser humano) abarca tres sistemas interrelacionados: sistema esquelético, que aporta las

“palancas” óseas que generan el movimiento; sistema muscular, que aporta la potencia para mover las palancas; el sistema nervioso, que dirige y regula la actividad de los músculos (Gowitzque & Milner, 1999). A continuación se revisarán el sistema esquelético y muscular.

2.2 El sistema músculo-esquelético

Sistema esquelético

Los huesos constituyen, junto con los cartílagos, el armazón rígido que da forma y sostiene al cuerpo (Pérez & Fernández, 2005), pues gracias a ellos y a su disposición en el espacio el ser humano conserva su forma y puede adoptar diversas posturas, además de intervenir como elementos de soporte para los músculos, unidos a ellos a través de ligamentos y tendones (Montalvo, 2010).

Los huesos se clasifican de acuerdo a su forma externa, pueden ser largos (predomina la longitud sobre la anchura y el grosor, como el fémur), cortos (no predomina ninguna de las tres dimensiones, como el talón), planos (delgados y de aspecto curvo, se localizan en el cráneo y en las costillas) o irregulares (son delgados y de aspecto curvo, se localizan en el cráneo y en las costillas) (Pérez & Fernández, 2005).

Por su parte, el esqueleto es dividido de acuerdo a la siguiente forma (Clippinger, 2011): esqueleto apendicular (huesos de las extremidades, que penden o se unen al esqueleto axial, conformado por extremidad superior e inferior), extremidad superior (huesos de la cintura escapular, el brazo, el antebrazo, la muñeca y la mano), extremidad inferior (huesos de la cintura pélvica, el muslo, la pierna y el tobillo-pie) y el esqueleto axial (forma el eje central y vertical del esqueleto, comprende el cráneo, la columna vertebral, el esternón y las costillas). Como se verá más adelante, de este eje depende la postura y elongación correctas para el ballet, de las cuales, a su vez, dependerá la correcta ejecución de las extremidades superiores e inferiores.

Las articulaciones, por su parte, conforman la conexión entre los huesos, y cumplen dos funciones principales: mantener unido el esqueleto y dotarlo de movilidad (Clippinger, 2011).

Sistema muscular

Los músculos generan la tensión que se transmite a los huesos para generar movimientos articulares y también para restringir el movimiento cuando se alcanzan los límites de su extensibilidad (Clippinger, 2011), lo cual permite a las diversas partes del cuerpo humano que se puedan extender o flexionar, rotar o girar, acercarse o alejarse unas de otras, etc. (Montalvo, 2010).

Hay tres tipos de tejido muscular: liso, cardíaco y esquelético. El músculo esquelético es el músculo que se inserta en los huesos del esqueleto y genera los movimientos en las articulaciones; sus células son muy largas, estrechas y cilíndricas, con muchas estrías transversales y muchos núcleos (multinucleadas) (Clippinger, 2011).

Las fibras musculares (o la fibra muscular) están inervadas por una única terminación nerviosa (unidad motora) (Vidal, 2012) dependiendo de su especificidad, por ejemplo, una terminación nerviosa puede inervar un solo músculo ocular, pues requiere movimientos muy finos, por lo que es controlado por una sola neurona, mientras que para el bíceps una terminación nerviosa inervará varias fibras musculares, ya que son movimientos más amplios y menos finos (Corsi, 2004). La unidad motora es, por tanto, la unidad conformada por una neurona motora y las fibras musculares que inerva.

El músculo tiene cuatro propiedades características: irritabilidad (capacidad para responder a la estimulación), contractilidad (capacidad para producir tensión entre los extremos ejercer tensión), distensión (capacidad para alargarse o estirarse por medio de una fuerza exterior al músculo, como la gravedad) y elasticidad (capacidad para retroceder a partir de una longitud distendida) (Gowitzque & Milner, 1999).

Los músculos pueden clasificarse de acuerdo al tipo de movimiento que realizan (Arrianza et al., 2013): extensores (aumentan la distancia entre los huesos o partes del cuerpo), flexores (disminuyen la distancia entre los huesos o partes del cuerpo), abductores (alejan o separan una parte del cuerpo de la línea media), aductores (acercan o aproximan una parte del cuerpo a la línea media), elevadores (desplazan la estructura hacia arriba) y depresores (desplazan la estructura hacia).

De acuerdo con Sober y Sabes (2005), para la realización de una tarea no basta con procesar solamente la información visual, pues el procesamiento del comando motor requiere también un estimado del estado interno del miembro o cuerpo, lo cual implica un estimado del ángulo o grados de libertad de las articulaciones para procesar el comando motor apropiado desde las etapas de planificación del movimiento deseado, de forma que la acción se inicia sobre las bases de las representaciones internas, involucrando al feedback o retroalimentación que valida y fortalece las representaciones motoras y sensoriales (Jeannerod, 1990; citado en Gaveau et al., 2014).

Adicionalmente, el sistema de información aferente permite incorporar señales kinestésicas que indican la posición del aparato locomotor, información relativa al tono muscular en general, el estado del equilibrio, etc., así como cotejar el curso del movimiento y corregir cualquier error que se cometa, ya que permite la comparación constante entre la acción a medida que se lleva a cabo y la integración original, a través de un circuito de feedback que compara las señales en curso con el plan original (Luria, 1989).

Lo anterior puede resumirse en que los movimientos complejos son programados en el SNC, que adaptados por una retroalimentación propioceptiva es posible cambiar a comportamientos motores más rítmicos, tales como saltar, nadar o bailar (Dietz, 2002).

En el ballet, por ejemplo, es muy fácil apreciar lo anterior: el practicante o bailarín debe saber cuál es la postura de su columna, si al moverse mueve o no las caderas,

cómo desliza las piernas y pies, cómo mueve los brazos, etc. El ser consciente de ello mediante la propiocepción le permite corregir y mejorar los movimientos de acuerdo al plan original.

3. Neuropsicología de la praxia y el ballet

La praxia constituye un movimiento aprendido y que requiere ser planeado (Muñoz, et al. 2011), por lo que implica determinada organización en el sistema nervioso y en los sistemas cognitivos (Peña-Csanova, 2007).

3.1 Praxia y ballet

La praxia implica un procesamiento de información que permita crear un modelo del plan motor para producir el movimiento (cómo se estructurará, cómo será su posición final), a partir del cual será posible enviar las señales a los músculos para que se muevan de acuerdo al plan elaborado, detectar los errores que se produzcan durante la ejecución y corregirlos, así como hacer los ajustes necesarios de acuerdo a las influencias y/o demandas del ambiente. Así, por ejemplo, para la práctica del ballet inicialmente hay que observar determinado movimiento, entenderlo para saber exactamente cómo debe ser y hacerlo con el cuerpo propio. Este procesamiento de información implica la elaboración de un plan motor mediado por representaciones mentales (estructuran el movimiento), ya que al proporcionar la configuración espacial del cuerpo guían los movimientos de los miembros y permiten hacer juicios perceptuales sobre la localización de las distintas partes del cuerpo una respecto a la otra (Kammers et al., 2006), así como permitir la predicción del efecto futuro (Elsner & Hommel, 2001).

Las praxias pueden ser clasificadas de diversas formas, como por la intervención de objetos:

- Transitivas. Movimientos que se ejecutan por medio de o con la intervención de objetos, tales como peinarse, cepillarse los dientes, abrochar o desabrochar la camisa, etc. (Llanio & Perdomo, 2003),
- Intransitivas. Movimientos que no necesitan para su ejecución la intervención de ningún objeto (Benedet, 2002).

Otra clasificación que reciben las praxias es de acuerdo a la condición bajo la cual son ejecutadas: imitación, bajo orden (en el caso de los gestos intransitivos realizar un gesto, nombrar o manipular el objeto) y espontáneas (Benedet, 2002). Sin embargo, una praxia no tiene porqué ser referida a solo una clasificación, pues es posible encontrar a la misma en diversas situaciones. Por ejemplo, el ballet constituye una praxia intransitiva en cuanto a que el propio cuerpo es el objeto de manipulación, y se lleva a cabo por imitación (especialmente durante las primeras etapas de aprendizaje), bajo orden (en una clase, al preparar una coreografía) y también, por supuesto, de forma espontánea (en cualquier momento deseado).

No obstante, independientemente del tipo de movimiento requerido y de las condiciones bajo las cuales se ejecuta, hay tres componentes que estarán siempre presentes en la praxia (Benedet, 2002):

- Esquema corporal.
- Espacio y tiempo (incluida la secuenciación temporal del acto motor).
- Sus relaciones mutuas.

Tales componentes permiten realizar los cambios espaciales entre el cuerpo y los objetos y los cambios de los miembros del propio cuerpo a lo largo del tiempo, para lo cual es imprescindible el procesamiento espacial intrínseco, que especifica las posiciones dinámicas mutuamente relativas de las partes del cuerpo en el espacio a lo largo del tiempo, además de ser independiente del procesamiento visual (Benedet, 2002).

Dichos componentes y su relación pueden apreciarse en el niño que, como ya se revisó, el esquema corporal y las nociones de espacio y tiempo se desarrollan a partir del movimiento en relación con su propio cuerpo que le sirve de eje o marco de referencia. Ello también se aprecia en el ballet, pues la ejecución de los movimientos en el espacio exige una geometría basada en el bloque conformado por los hombros y las caderas, el cual constituye el eje de referencia a partir del cual han de salir los

movimientos. Por ejemplo, para ejecutar un tendu, hay que deslizar primeramente la planta del pie por el suelo hasta que solo quede la punta, siempre manteniendo la dirección dada por la cadera si el movimiento se realiza al frente o atrás, si se realiza al lado entonces el hombro constituirá el eje de referencia. Al mismo tiempo, hay que mantener las piernas (de trabajo y apoyo) en correcta colocación (rectas y rotadas), además de la postura correcta del resto de cuerpo. Así pueden asegurarse dos cosas subyacentes a esta técnica de danza: comprender la lógica del movimiento (basada en una geometría que obedece a las articulaciones del cuerpo) y la forma en que se ejecutan los movimientos (pues bien podría decirse que el ideal del ballet es conseguir, además de un movimiento estético, un movimiento perfecto), lo cual no puede conseguirse sin ser consciente de los miembros y de cómo se mueven. Ello implica dos tipos fundamentales de conocimiento (Riggio, 2006): conceptual (“qué hacer”) y ejecutivo (“cómo hacerlo”), donde la propiocepción es parte fundamental de ambos conocimientos, para el ejecutivo porque provee la retroalimentación del estado actual, y para el conceptual porque es fuente para la elaboración del esquema corporal, permitiendo así al sistema hacer los ajustes necesarios de acuerdo al plan original o a las demandas del ambiente.

La cognición en las praxias

Las representaciones mentales han sido descritas como los elementos que median la estructuración del movimiento, por lo que se hallan implicadas directamente con los procesos cognitivos accionados que permiten conceptualizar-ejecutar las praxias.

De acuerdo con Rosenbaum (2010; citado en Bläsing et al., 2010), las representaciones mentales pueden interconectarse ya sea inhibiendo o excitando otras, de forma tal que una representación mental en particular puede ocupar el foco de atención mientras que otras no. Tal procesamiento implica la puesta en acción de diversos recursos cognitivos, tales como la utilización de estrategias atencionales, procesamiento de información a través de una interacción continua entre la memoria de trabajo y la memoria a largo plazo y tomar una decisión relacionada con la acción,

ello mientras se ejecutan las acciones y al tiempo que también se deja lugar para refinamientos y modificaciones (Tenenbaum, 2003).

Por ejemplo, para poder realizar la pirouette más sencilla, debe contarse con el conocimiento previo (y ejecución adecuada) de movimientos y posiciones de brazos, grand plié, relevé, cou- de-pied y passé (manteniendo la postura correcta), pues son los elementos constituyentes de la pirouette (por no mencionar la realización del giro en sí mismo). Ello implica, primeramente, predecir el movimiento (imaginar cómo debe ser, lo que a su vez involucra el razonamiento sobre la lógica que ha de seguir) para así poder seleccionar las representaciones correspondientes a dichos elementos (desde la memoria a largo plazo) y asignarles un orden secuencial para su ejecución (memoria de trabajo, planeación), mediado por recursos atencionales que permitan la adecuada selección y ejecución. Además, hay que centrar la atención en cada elemento (miembro) del movimiento mientras es realizado de principio a fin, pues ello (junto con la propiocepción) permitirá detectar los errores de ejecución.

3.2 Modelo de organización cerebral del ballet

La práctica del ballet significa ejecutar los movimientos de acuerdo esta técnica, lo cual implica entrenar al cuerpo conscientemente para que los realice. Sin embargo, para entrenar al cuerpo de forma consciente es necesario pensar y sentir el movimiento, lo cual significa que la práctica del ballet tiene el potencial de influenciar las funciones básicas que subyacen al control motor, incluyendo la integración multimodal y el control de la postura y equilibrio (Bläsing et al., 2012).

Heilman, Watson y Rothi (2007) definen a la praxia como la habilidad para ejecutar movimientos voluntarios y habilidosos, donde son necesarios diversos conocimientos como, por ejemplo, la postura del brazo, codo y mano, cómo moverlo en el espacio y qué tan rápido. Sin embargo, ya que el modelo de Rothi puede ser un buen referente para la patología (Gómez, Politis & Rubinstein, 2011; Heilman, Watson & Rothi, 2007), se ha decidido presentar un modelo basado en el control neurocognitivo para la danza dado el tema del presente trabajo.

Así, Bläsing et al. (2009) proponen que una tarea dada es construida con base en una estructura jerárquica de bloques cognitivos y motores, la cual refleja la experiencia en la tarea y el nivel de ejecución, lo que a su vez determina el contenido perceptual y cognitivo que puede ser ligado a movimientos parciales y subtareas, así como la automatización de los movimientos. Por ejemplo, en ballet se observa que cuando un bailarín ejecuta erróneamente un movimiento ya automatizado o una coreografía ya aprendida, tales ejecuciones (los elementos de los movimientos) son desautomatizadas, lo cual apoya el pensar en diferentes niveles de la organización del movimiento en la danza y de movimientos complejos de forma más general (Bläsing et al. 2010).

El modelo que retoman Bläsing et al. (2010) propone una construcción funcional de las acciones basada en la asignación recíproca de los niveles de regulación de ejecución-orientación y de los niveles representacionales:

1. Control sensoriomotor. Está ligado directamente al ambiente y es inducido perceptualmente. Compuesto por representaciones perceptuales de los efectos, aferencias de retroalimentación y efectores. Así, el SNC coordina tres aspectos básicos para la ejecución de un movimiento: selección de músculos apropiados (control espacial), activación o inactivación del músculo en el tiempo (control temporal) y clasificación del grado de inactivación del músculo (control cuantitativo) (Singer, 1972).
2. Representación sensoriomotora. La información de una modalidad representa el efecto de un movimiento particular. Subsecuentemente, las modalidades relevantes cambian como una función del nivel de experiencia en el proceso de aprendizaje y como una función de una tarea concreta. Es decir, cuando inicialmente se practica un movimiento, por ejemplo de ballet (durante el aprendizaje), es mucho más necesaria la información visual sobre la postura del cuerpo y la temporización del movimiento, y más tarde la información propioceptiva sobre el movimiento y la postura ganará mayor significado.

3. Representación mental. Forma una mesa de trabajo cognitivo para el nivel IV, y está ligado a la regulación del control voluntario y la codificación o resultado anticipado del movimiento. Está organizado conceptualmente y es responsable de la transformación anticipada de los resultados de acción dentro de los programas de movimiento que logran los resultados deseados.
4. Control mental. Inducido intencionalmente y es responsable de las estrategias de control.

Adicionalmente, se ha propuesto que los modelos internos dependientes de retroalimentación en cuanto a la posición del miembro juegan un papel crítico en la programación de los movimientos del mismo (Kawato, 1999), además de proveer una referencia interna para la detección de error y corrección del movimiento (Wolpert, Ghahramani & Jordan, 1995) (complementando así al nivel 1 y 2), lo que permite ejecutar movimientos cada vez más habilidosos. Para ello, de acuerdo con los hallazgos de Shenton et al. (2004), es la información propioceptiva (*vs* visual) la que indica la posición actual del miembro que, según los autores, podría significar que la propiocepción representa la codificación de base de la posición del cuerpo en el espacio, y que la visión es requerida según sea necesario para tal base.

En conclusión, para realizar un movimiento complejo con precisión y armonía, con el adecuado ajuste témporo-espacial, es necesario idear un plan motor, es decir, prever la secuencia ordenada de movimientos, imprimir a éstos el ritmo y la potencia necesaria, saber lo que debemos hacer para que luego esa capacidad sea automatizada y se constituya en la base para nuevos aprendizajes motrices (Bottini, 2010).

4. Análisis neuropsicológico del ballet

El ballet constituye una ejecución donde la elaboración del plan motor es accionada constantemente dada la complejidad de los movimientos, para lo cual es estrictamente necesaria la concentración en y el desarrollo de la capacidad para controlar voluntariamente un movimiento específico que hasta ese momento no estaba sujeto a ningún control, así como centrar la atención en las partes del cuerpo que se han de aislar y que han de intervenir para lograr una contracción aislada (Lawther, 1983); dicha toma de consciencia ocurre gracias a la propiocepción (Haggard & Clark, 2003), lo cual apoya el que ésta juegue un papel preponderante durante el aprendizaje y práctica del ballet. Por ejemplo, uno de los primeros aspectos de los que hay que ser conscientes es de la apertura de pies para su correcta colocación, los cuales deben estar alineados con las rodillas, ya que esta apertura proviene de la rotación externa de las caderas.

Así, para la investigación de la propiocepción, entre otras, se han realizado tareas de igualación de posición, las cuales consisten en igualar la posición de la mano en el espacio, y en las que los bailarines han mostrado un desempeño significativamente mejor que los no bailarines cuando solamente la información propioceptiva está disponible (Bälsing et al., 2012), además de realizar ejecuciones más similares con cualquier mano que utilicen (derecha o izquierda), y de mantener la estabilidad del tronco mientras ejecutan la tarea, lo cual se atribuye a que podría haber una mayor coherencia de la representación corporal debido a que son más capaces de integrar la información propioceptiva desde las múltiples articulaciones para representar la posición del miembro en el espacio (Jola et al., 2011).

Por su parte, Muller-Pinget et al. (2012) hallaron que, a través de la implementación de un programa de danza a personas con sobrepeso, la práctica regular de ésta permite mayor consciencia del propio cuerpo y fortalecer la imagen del mismo, así como la adquisición de una mejor postura, lo que conllevó a una mejoría en los patrones de movimiento.

Por otra parte, la ejecución adecuada de los movimientos, así como su respectivo control, tiene que partir de la base misma que le permite al cuerpo moverse: el tono, la postura y el equilibrio.

El control postural se define como la habilidad para controlar la posición de los segmentos del cuerpo (cabeza, hombros y pelvis) y la habilidad para mantener el centro de la masa dentro de la base de soporte (Shumway-Cook, 2000; citado en Johnson et al., 2014), cuya importancia radica en que es considerado un prerrequisito para el desarrollo de los movimientos voluntarios, la cognición, entre otros (Tribucci et al., 2009). Así, por ejemplo, para el ballet el bloque de soporte está conformado por hombros, caderas, abdomen y glúteos, donde los dos primeros (alineados) conforman los ejes de referencia y los dos segundos (sujetos) conforman el centro de la masa, permitiendo así guiar y liberar las extremidades.

Otro aspecto importante del control postural y que se ve implicado también en el ballet son las reacciones posturales, pues éstas constituyen los cambios de postura que adquiere el cuerpo ante algún cambio de gravedad. Las reacciones posturales están coordinadas en patrones definidos donde combinan los movimientos automáticos de ajuste a los cambios de postura, como el enderezamiento y las reacciones de equilibrio, con la acción antigravitacional y la fijación de las partes proximales del cuerpo y las extremidades para los movimientos que se realizan en las porciones distales (Quirós & Schrager, 1980). Las posiciones en ballet de piernas y brazos son complementarias mutuamente, pues mientras se mueve una pierna, la posición de los brazos sirve de balance para no perder el equilibrio y así compensar el movimiento, por ejemplo el arabesque, que supone levantar una pierna hacia atrás elevándola a 90° grados, mientras un brazo es llevado hacia atrás y el otro hacia el frente (Lebourges, 2007), manteniendo los hombros y caderas alineados.

El control postural adquiere importancia para la neuropsicología por los procesos que implica. De acuerdo con Vuillerme y Nougier (2004), el control postural puede ser

considerado como un proceso perceptual-motor que incluye tres niveles (en los cuales está implicada la atención):

- Sensación de la posición y movimiento proveniente de los sistemas visual, vestibular y somatosensorial (facilitación sensorial).
- Procesamiento de la información sensorial anterior para determinar la orientación del cuerpo y el movimiento (integración sensorial).
- Seleccionar las respuestas motoras que ponen al cuerpo en equilibrio (selección de respuesta).

Así, es posible notar cómo la cognición está ligada al movimiento, desde una forma aparentemente sencilla (como el control postural) hasta otra más compleja (praxia), las cuales tienen implicaciones neuropsicológicas. Finalmente, de acuerdo a la revisión realizada, puede decirse que las praxias dan forma a los procesos cognitivos al tiempo que se desarrolla el sistema nervioso central, por lo que tal vez pueda observarse una relación de este tipo nuevamente en el adulto, una vez adquirida una nueva praxia compleja (en este caso, el ballet).

5. Método

Justificación

Las praxias implican el procesamiento de la información necesaria para elaborar un plan motor, donde siempre estarán presentes los elementos básicos: esquema corporal, espacio y tiempo, y sus relaciones mutuas. (Benedet, 2002). El esquema corporal constituye una representación interna que permite dirigir el movimiento (Longo et al., 2009) haciendo al sujeto consciente de su propio cuerpo a través de la información propioceptiva, entre otras (Jiménez & Jiménez, 1995; Le Boulch, 1999). En cuanto al espacio y tiempo, dentro de ellos se ejecutará el movimiento, por lo que es preciso que el sistema cuente con la información sobre la posición de los miembros en el espacio (configuración de los grados de libertad de las articulaciones) y cómo van ejecutándose durante el tiempo, para lo cual es necesaria la retroalimentación propioceptiva.

Dado lo anterior, el papel de la propiocepción en las praxias complejas (como el ballet) se presenta con el hecho de que requieren movimientos ejecutados en la dirección correcta, de tamaño correcto y al tiempo correcto (Singer, 1972). Así, el ballet se ofrece como un buen recurso de investigación para la relación entre praxia y propiocepción, pues implica el desarrollo de la coordinación muscular, el control del movimiento y sentido de posición y ritmo (Fariñas, 2011). Ahora bien, se han realizado investigaciones sobre la relación entre propiocepción y movimiento en personas relacionadas con la danza (Bläsing et al., 2012; Jola et al., 2011; Muller-Pinget et al., 2012) y se ha propuesto que la práctica de ésta ofrece un ambiente enriquecedor para los procesos cognitivos (especialmente atención) (Kattenstroth et al., 2013), por lo que este trabajo pretende observar la relación conjunta de movimiento, propiocepción y cognición (como proceso global) en una misma muestra (practicantes de ballet *vs* no practicantes de ninguna técnica de danza).

Objetivos

Objetivo general

Observar la relación entre praxia, propiocepción y cognición, tomando como muestra personas practicantes de ballet *vs* personas que no practican ninguna técnica de danza, a través de baterías/tareas ya estandarizadas y tareas tomadas de otras investigaciones que evalúan aspectos tomados aquí en cuenta.

Objetivos específicos

- Evaluar el movimiento en cuanto a ejecución, fluidez y precisión.
- Evaluar equilibrio y postura, ya que son elementos básicos del movimiento y como complemento al punto anterior.
- Evaluar la propiocepción.
- Evaluar los procesos cognitivos en general.

Hipótesis

- La práctica del ballet favorece la ejecución, fluidez y precisión del movimiento.
- La práctica del ballet favorece el equilibrio y postura.
- La práctica del ballet favorece la propiocepción.
- La práctica del ballet favorece los procesos cognitivos en general.

Variables

- Variable independiente: práctica de ballet.
- Variables dependientes: movimiento (ejecución, precisión, fluidez), equilibrio, postura, propiocepción y cognición.

Tipo de estudio

Descriptivo, entre sujetos de grupos independientes.

Muestra

Muestreo no probabilístico por conveniencia.

La muestra del grupo ballet estuvo conformada por 12 participantes pertenecientes al Taller Coreográfico de la UNAM, seleccionados por un profesor del mismo de acuerdo a las habilidades de los alumnos (poseer bases adecuadas y firmes según el criterio del profesor, como mantener correcta colocación, ejecutar pasos básicos correctamente). Adicionalmente se seleccionó un grupo control, cuyos participantes fueron pareados en edad, sexo y escolaridad con el grupo ballet, pero sin práctica alguna de danza ni deporte.

Criterios de inclusión.

No presentar antecedentes neurológicos, psiquiátricos ni dificultades motoras (centrales y periféricas).

Criterios de exclusión.

Presentar resultados por debajo de la norma en la Evaluación Neuropsicológica Breve en Español (Neuropsi).

Criterios de eliminación en ambos grupos.

Abandono del estudio por parte del participante.

Instrumentos

NEUROPSI Evaluación Neuropsicológica Breve en Español (Ostrosky-Solís, Ardila & Rosselli, 1997). Permite obtener indicios sobre el perfil cognitivo. La evaluación incluye las áreas de orientación, atención/concentración, lenguaje, memoria, funciones ejecutivas, procesamiento viso-espacial, lectura, escritura y cálculo.

A la tarea Cambio de posición de la mano y Movimientos alternos fue añadida la categoría Fluidez, que consiste en realizar los movimientos con facilidad. Se evaluó con ayuda de video y la calificación consistió acierto o error.

A la tarea de Movimientos alternos le fue añadida la categoría Número de veces con la finalidad de evaluar atención, que consiste en que el participante realice los movimientos el mismo número de veces que el evaluador. Se evaluó con ayuda de video y la calificación consistió acierto o error.

Las tareas fueron calificadas según lo indica el manual/prueba y con ayuda de video. *Diagnóstico del Daño Cerebral enfoque neuropsicológico* (Ardila & Ostrosky-Solís, 2009). Fueron aplicadas las siguientes tareas: Funciones motoras y Conocimiento somatosensorial. Estas tareas permiten evaluar la motricidad y la somatosensación (propiocepción).

Las tareas Tocar sucesivamente los dedos de la mano y Reproducir por modelo posiciones de la mano fueron empleadas para evaluar la precisión, pues este aspecto está como uno de los criterios a evaluar dentro de la calificación. Se evaluó con ayuda de video y la calificación consistió acierto o error.

A la tarea de Reacciones conflictivas le fue añadida la categoría de Ejecución en cuanto a la diferencia de grados (que se vea claramente la diferencia de grados) y de velocidades (que se vea claramente la diferencia de velocidades). Se evaluó con ayuda de video y la calificación consistió acierto o error.

Las tareas de Reproducir modelos y Transferencia se calificaron en tiempo (en segundos y con ayuda de video y cronómetro), ya que uno de los criterios a calificar dentro de la prueba es “lento”. Se tomó como mejor ejecución aquellas logradas en menor tiempo (menor *vs* mayor tiempo, tomando de parámetro 2.9 segundos de ejecución como media para cada grupo, de acuerdo a los resultados observados).

A las tareas Tocar sucesivamente los dedos de la mano y Ritmos asimétricos del área Funciones motoras les fue añadida la categoría Número de veces con la finalidad de evaluar atención, que consiste en que el participante realice los movimientos el mismo número de veces que el evaluador. Se evaluó con ayuda de video y la calificación consistió acierto o error.

Las tareas fueron calificadas según lo indica el manual/prueba y con ayuda de video.

Test Barcelona Revisado (Peña-Casanova, 2005). Fueron aplicadas las siguientes tareas: Grafestesia, Morfognosia y Denominación táctil. Estas tareas permiten evaluar la somatosensación.

Las tareas fueron calificadas según lo indica el manual/prueba y con ayuda de video.

Tarea basada en información propioceptiva (adaptación de la tarea de Jola, Davis & Haggard, 2011). Esta tarea permite evaluar propiocepción. El participante mantuvo los ojos cerrados durante la realización de la tarea. Se le colocó al frente una hoja milimétrica, la cual tenía marcados dos puntos: origen y objetivo. El dedo índice de la mano derecha fue colocado en el punto origen, posteriormente le fue dirigido al punto objetivo; después le fue devuelto el dedo al punto origen, para que así el participante pudiera dirigir el dedo hacia el punto objetivo, por el frente y el revés de la hoja. Posteriormente se realizó la tarea con el dedo índice de la mano izquierda de la misma forma. Para calificar la tarea, las yemas de los dedos de los participantes fueron entintadas, así pudo registrarse con mayor exactitud el origen y el objetivo. La distancia fue medida en milímetros.

Puntería. Esta tarea Permite evaluar la precisión del movimiento, pues evalúa la relación entre la ejecución misma del movimiento y la proximidad que ésta tiene con su meta, es decir, la precisión (Vargas, 2007; Perinat, 2007). Se presentó al participante una hoja milimétrica para que marcara el lugar que creía podría apuntar posteriormente. Una vez hecho esto, el participante fue colocado de pie frente a la hoja a un metro de distancia, a la cual lanzó un proyectil con la finalidad de apuntar al lugar que había marcado inicialmente. Para calificar la tarea, el proyectil fue entintado, así pudo marcarse el objetivo al cual lanzar y el lugar donde cayó. La distancia fue medida en milímetros.

Deslizamiento de pie. Esta tarea permite observar propiocepción y postura. Es un movimiento adaptado del propio del ballet. Se pidió al participante que se pusiera de pie en una hoja de papel, donde se marcó una cruz que indicaba el centro. El participante colocó las piernas juntas y rotadas hacia fuera (de forma natural y sin forzar) con los talones en el centro de la cruz, la vista dirigida al frente y los brazos abajo. El movimiento consistió en deslizar un pie a través de la hoja hacia distintos puntos objetivo: delante (regreso al centro), a lado (regreso al centro) y atrás (regreso al centro), procurando seguir la dirección natural de las caderas (para frente y atrás) y hombros (para lados). Posteriormente se ejecutaron los mismos movimientos con el

otro pie. La postura fue evaluada con ayuda de vídeo (espalda derecha y mantener esa postura durante la ejecución completa), se calificó como acierto o error. Para calificar la propiocepción, se marcaron los puntos objetivo, así pudo medirse en centímetros la distancia entre centro y objetivos, además de observar si dicho registro conformó una cruz o no.

Control postural. Esta tarea permite observar principalmente equilibrio y postura. El ejercicio consistió en realizar lo que se denomina comúnmente “un cuatro” con los ojos cerrados: deslizar un pie a través de la pierna hasta llegar a la rodilla. Para ello, el participante se colocó con las piernas rotadas hacia fuera (de forma natural y sin forzar, con un pie delante del otro aproximadamente a la altura del arco, el cual subió) y los brazos hacia abajo. La tarea se evaluó con ayuda de video. Para calificar acertadamente el equilibrio, la posición del cuatro debió mantenerse al menos por 3 segundos. Para calificar acertadamente la postura, la espalda debió mantenerse derecha durante la ejecución completa.

Análisis estadísticos

Para las escalas nominales conviene comparar las frecuencias de ambos grupos, por lo que se empleó la prueba χ^2 . Para las escalas ordinales conviene comparar las medias de los grupos, por lo que se empleó la prueba Wilcoxon. El nivel de significancia se estableció con una p de 0.05, y todos los análisis se realizaron con el programa SPSS versión 17.0.

Procedimiento

Los participantes del grupo ballet fueron elegidos primeramente por un profesor de ballet del Taller Coreográfico de la UNAM, posteriormente se les invitó a participar en la investigación una vez informados de lo que trataría la evaluación.

Se aplicó un cuestionario para determinar la edad, sexo y escolaridad, para saber si se cuenta con antecedentes neurológicos y/o psiquiátricos y si se tienen dificultades motoras.

Los participantes del grupo control fueron pareados con los participantes del grupo ballet en sexo, edad y escolaridad, igualmente se les invitó a participar en la investigación y se les informó sobre qué consistiría ésta.

Las evaluaciones se realizaron en lugares cerrados (salones vacíos; principalmente Neuropsi) y abiertos y tranquilos, en una sola sesión de 40 a 60 minutos aproximadamente.

La evaluación se llevó a cabo en el siguiente orden: NEUROPSI Evaluación Neuropsicológica Breve en Español, tareas de Diagnóstico del Daño Cerebral enfoque neuropsicológico y de Test Barcelona Revisado, Tarea basada en información propioceptiva, Puntería, Deslizamiento de pie y Control postural.

6. Resultados

Cognición

Para obtener un indicio del perfil cognitivo de los participantes se aplicó NEUROPSI Evaluación Neuropsicológica Breve en Español, donde pudieron observarse diferencias significativas entre ambos grupos en algunas subpruebas del área de atención y concentración: dígitos en regresión ($p=.004$) y detección visual ($p=.026$) (Tabla 1).

Tabla 1.

Comparación de medias, desviación estándar (D.E.), valor de Chi cuadrada (X^2), Wilcoxon (Z) y P para tareas de Atención y concentración.

Subprueba	Grupo no ballet	Grupo ballet	X^2	Z	P
Dígitos en regresión (a)	4.5 (1.0)	5.9 (.2)	8.33		.004*
Detección visual (b)	12.9 (1.5)	14.0 (.00)		-2.23	.026*

Nota: (a) Valor de Chi cuadrada.

(b) Valor de Wilcoxon

*Valores con un nivel de significancia $P \leq 0.05$

Igualmente se observaron diferencias significativas para algunas subpruebas del área de lenguaje fluidez verbal: nombre de animales total semántico ($p=.037$), nombres de animales perseveraciones ($p=.020$) y palabras con F intrusiones ($p=.024$) (Tabla 2).

Tabla 2.

Comparación de medias, desviación estándar (D.E.), valor de Wilcoxon (W) y P para las tareas de fluidez verbal.

Subprueba	Grupo no ballet	Grupo ballet	W	P
Nombres de animales				
Total semántico	24.0 (5.1)	29.5 (4.1)	-2.08	.037*
Perseveraciones	.7 (1.1)	.0 (.0)	-2.33	.020*
Palabras con F				
Intrusiones	.8 (1.1)	.0 (.0)	-2.26	.024*

* Valores con un nivel de significancia $P \leq 0.05$

Adicionalmente, se observaron diferencias significativas en la categoría número de veces para algunas subpruebas de funciones motoras de Diagnóstico del Daño Cerebral enfoque neuropsicológico: movimientos alternos (p=.004), tocar sucesivamente los dedos de la mano (p=.004) y ritmos asimétricos (p=.021) (Tabla 3).

Tabla 3

Comparación de medias, desviación estándar (D.E.), valor de Chi cuadrada (X^2) y P para la categoría número de veces en algunas subpruebas del área de funciones motoras.

Categoría número de veces	Grupo no ballet	Grupo ballet	X^2	P
Movimientos alternos	.0 (.0)	.9 (.2)	8.33	.004*
Tocar sucesivamente los dedos de la	.1 (.3)	.9 (.2)	8.33	.004*
Ritmos asimétricos	.3 (.4)	.8 (.3)	5.3	.021*

* Valores con un nivel de significancia $P \leq 0.05$

Movimiento

Se observaron diferencias significativas entre ambos grupos para la categoría ejecución en las subpruebas cambio en la posición de la mano (p=**) de NEUROPSI Evaluación Neuropsicológica Breve en Español y reacciones conflictivas (diferencia de grados p=**; diferencia de velocidades p=**) de Diagnóstico del Daño Cerebral enfoque neuropsicológico (Tabla 4). ** Esta variable es constante. La prueba Chi cuadrada no puede ser realizada.

Tabla 4

Comparación de medias, desviación estándar (D.E.), valor de Chi cuadrada (X^2) y P para ejecución del movimiento.

Categoría ejecución	Grupo no ballet	Grupo ballet	X^2	P
Cambio en la posición de la mano	.66 (.49)	1.00 (.00)	**	**
Reacciones conflictivas				
Diferencia de grados	.83 (.38)	1.00 (.00)	**	**
Diferencia de velocidades	.33 (.49)	1.00 (.00)	**	**

** Esta variable es constante. La prueba Chi cuadrada no puede ser realizada.

También se observaron diferencias significativas para la categoría precisión en las subpruebas tocar sucesivamente los dedos de la mano ($p=**$) y reproducir por modelo posiciones de la mano de Diagnóstico del Daño Cerebral enfoque neuropsicológico ($p=.004$) (Tabla 5). ****** Esta variable es constante. La prueba Chi cuadrada no puede ser realizada.

Tabla 5

Comparación de medias, desviación estándar (D.E.), valor de Chi cuadrada (X^2) y P para precisión del movimiento.

Categoría precisión	Grupo no ballet	Grupo ballet	X^2	P
Tocar sucesivamente los dedos de la mano	.83 (.38)	1.00 (.00)	**	**
Reproducir por modelo posiciones de la mano	.58 (.51)	.08 (.28)	8.33	.004 *

* Valores con un nivel de significancia $P \leq 0.05$

** Esta variable es constante. La prueba Chi cuadrada no puede ser realizada.

La categoría fluidez mostró igualmente diferencias significativas en algunas subpruebas: cambio en la posición de la mano ($p=.004$) y movimientos alternos de Diagnóstico del Daño Cerebral enfoque neuropsicológico ($p=**$) (Tabla 6). ****** Esta variable es constante. La prueba Chi cuadrada no puede ser realizada.

Tabla 6

Comparación de medias, desviación estándar (D.E.), valor de Chi cuadrada (X^2) y P para fluidez del movimiento.

Categoría fluidez	Grupo no ballet	Grupo ballet	X^2	P
Cambio en la posición de la mano	2.7 (.96)	3.9 (.28)	8.3	.004*
Movimientos alternos	.72 (.46)	1.00 (.00)	**	**

* Valores con un nivel de significancia $P \leq 0.05$

** Esta variable es constante. La prueba Chi cuadrada no puede ser realizada.

Propiocepción

Se observaron diferencias significativas entre ambos grupos en la subprueba grafestesia (mano derecha $p=.021$; mano izquierda $p=.0$) de Test Barcelona Revisado (Tabla 7).

Tabla 7

Comparación de medias, desviación estándar (D.E.), valor de Chi cuadrada (X^2) y P para grafestesia.

Grafestesia	Grupo no ballet	Grupo ballet	X^2	P
Mano derecha	6.16 (1.19)	7.8 (.38)	5.33	.021*
Mano izquierda	7.33 (.77)	8.00 (.00)	**	**

* Valores con un nivel de significancia $P \leq 0.05$

** Esta variable es constante. La prueba Chi cuadrada no puede ser realizada.

Igualmente se observaron diferencias significativas para ambas manos entre ambos grupos en las subpruebas: reproducir posiciones (mano derecha $p=.004$; mano izquierda $p=.003$) y transferencia de posiciones (derecha a izquierda $p=.012$; izquierda a derecha $p=.006$) de Diagnóstico del Daño Cerebral enfoque neuropsicológico (Tabla 8).

Tabla 8

Comparación de medias, desviación estándar (D.E.), valor de Wilcoxon (Z) y P para reproducir posiciones y transferencia de posiciones.

Subpruebas	Grupo no ballet	Grupo ballet	Z	P
Reproducir posiciones				
Mano derecha	1.31 (.43)	.72 (.24)	-2.9	.004*
Mano izquierda	2.33 (3.40)	.98 (.23)	-2.94	.003*
Transferencia de posiciones				
Mano derecha	1.33 (.71)	.86 (.19)	-2.51	.012*
Mano izquierda	1.56 (.84)	.96 (.21)	-2.74	.006*

* Valores con un nivel de significancia $P \leq 0.05$

También se observaron diferencias significativas entre ambos grupos para la tarea deslizamiento de pie (frente pie derecho $p=.006$; lado pie derecho $p=.004$; atrás pie derecho $p=.038$; frente pie izquierdo $p=.034$; lado pi izquierdo $p=.041$; atrás pie izquierdo $p=.045$) (Tabla 9).

Tabla 9

Comparación de medias, desviación estándar (D.E.), valor de Wilcoxon (Z) y P para deslizamiento de pie.

Deslizamiento de pie	Grupo no ballet	Grupo ballet	Z	P
Pie derecho				
Frente	14.75 (4.92)	10.01 (3.93)	-2.75	.006*
Lado	11.54 (4.32)	5.70 (2.92)	-2.90	.004*
Atrás	15.25 (5.35)	10.70 (4.34)	-2.08	.038*
Pie izquierdo				
Frente	14.87 (4.27)	11.20 (3.04)	-2.11	.034*
Lado	10.00 (4.22)	5.37 (4.46)	-2.04	.041*
Atrás	18.16 (9.06)	10.70 (5.20)	-2.00	.045*

* Valores con un nivel de significancia $P \leq 0.05$

Postura

Se observaron diferencias significativas entre ambos grupos en las siguientes tareas: control postural ($X^2=**$) y deslizamiento de pie ($X^2=**$) (Tabla 10). ** Esta variable es constante. La prueba Chi cuadrada no puede ser realizada.

Tabla 7

Comparación de medias, desviación estándar (D.E.), valor de Chi cuadrada (X^2) y P para control postural y deslizamiento de pie.

Tareas	Grupo no ballet	Grupo ballet	X^2	P
Control postural	.58 (.51)	1.00 (.00)	**	**
Deslizamiento de pie	.50 (.52)	1.00 (.00)	**	**

** Esta variable es constante. La prueba Chi cuadrada no puede ser realizada.

Equilibrio

Se observaron diferencias significativas entre ambos grupos en la tarea control postural ($X^2=.0$) (Tabla 11).

Tabla 11

Comparación de medias, desviación estándar (D.E.), valor de Chi cuadrada (X^2) y P para control postural.

Control postural	Grupo no ballet	Grupo ballet	X^2	P
	.58 (.51)	1.00 (.00)	**	**

** Esta variable es constante. La prueba Chi cuadrada no puede ser realizada.

7. Discusión

El objetivo general de este trabajo fue observar la relación entre praxia, propiocepción y cognición, tomando como muestra personas que practican ballet *vs* personas que no practican ninguna técnica de danza.

Los hallazgos de este trabajo permiten suponer que efectivamente hay una relación entre movimiento (ejecución, precisión, fluidez; postura, equilibrio), propiocepción y cognición (atención), ya que el grupo ballet puntuó significativamente mejor en dichos aspectos que el grupo no ballet.

En cuanto a ejecución, cabe mencionar que la mayoría de las tareas fueron ejecutadas con las manos, mismas que no son entrenadas en ballet y que aun así se observó cómo el “efecto práxico” derivado de la práctica del ballet influye también en los movimientos de otros miembros (aquí se observó a través de las subpruebas cambio de posición de la mano, tocar sucesivamente los dedos de la mano, reproducir por modelo posiciones de la mano, movimientos alternos, reproducir posiciones, transferencia de posiciones). Esto podría indicar que el “ejercicio mental” derivado de la praxia no es exclusivo para las partes que son entrenadas (brazos y piernas en ballet), como bien podría esperarse para las tareas reacciones conflictivas, deslizamiento de pie y control postural, sino que parte de una misma fuente que puede operar también para otras partes del cuerpo y mejorar así los movimientos de forma más general.

Para ello, Bläsing et al. (2010) proponen un modelo de construcción funcional de acciones, donde se muestra una organización cerebral-cognitiva que dirige los movimientos a través del plan motor generado, independientemente del miembro a mover.

Un aspecto importante del movimiento es el equilibrio y la postura (donde puntuó significativamente mejor el grupo ballet), que de acuerdo con Bälsing et al. (2012), la

práctica del ballet tiene el potencial de influenciar las funciones básicas que subyacen al control motor, tales como la integración multimodal y el control de la postura y equilibrio.

La importancia del equilibrio radica en que, a través de la estabilidad, constituye la forma básica del movimiento humano y es fundamental para el desarrollo del movimiento eficiente (Arce & Cordero, 2001). El control postural (habilidad para controlar la posición de cabeza, hombros y pelvis y la habilidad para mantener el centro de la masa dentro de la base de soporte) (Shumway-Cook, 2000; citado en Johnson et al., 2014), por su parte, puede ser considerado como un proceso perceptual-motor que incluye tres niveles en los cuales está implicada la atención: facilitación sensorial, integración sensorial y selección de respuesta (Vuillerme & Nougier, 2004), de forma tal que la propiocepción está implicada y esta, a su vez, dentro del plan motor.

Adicionalmente, de acuerdo con Ajuriaguerra (1986), la postura constituye la posición en que se sitúa el cuerpo en el espacio para poder llevar a cabo el aprendizaje, de forma que el control postural repercute también en la cognición (y como ya se mencionó, específicamente la atención está implicada).

Adicionalmente, Kiefer et al. (2011) atribuyen mayor estabilidad en bailarines (*vs* no bailarines) al estar sobre una sola pierna (similar a la tarea de control postural) a que la retroalimentación propioceptiva permite establecer y mantener respuestas neuromusculares más consistentes, de forma que tales resultados (mayor estabilidad de los bailarines) muestran una relación directa entre la sensibilidad propioceptiva y la estabilidad coordinada.

En cuanto a precisión y fluidez, se ha mencionado que, como en el niño, para realizar un movimiento complejo con precisión y armonía, es necesario prever la secuencia ordenada de movimientos e imprimir a éstos el ritmo y la potencia necesaria (Bottini, 2010), para lo cual es necesario centrar la atención en las partes del cuerpo que se

han de aislar y que han de intervenir para lograr una contracción aislada (Lawther, 1983); dicha toma de consciencia ocurre gracias a la propiocepción (Haggard & Clark, 2003).

Así, el grupo ballet puntuó significativamente mejor para las tareas de propiocepción, la cual alude a los sentidos de postura, posición y movimiento del cuerpo (Chaitow & Walter, 2006) (aspectos observados en este trabajo).

De acuerdo con Sober y Sabes (2005), el procesamiento del comando motor requiere un estimado del estado interno del miembro o cuerpo, y es precisamente el sistema de información aferente el que permite incorporar las señales que indican la posición del aparato locomotor, información relativa al tono muscular en general, el estado del equilibrio, etc., así como cotejar el curso del movimiento y corregir cualquier error que se cometa mediante la comparación de las señales en curso con el plan original (Luria, 1989).

Adicionalmente, se ha propuesto que cuando la tarea requiere una mayor precisión de ejecución, se ejecuta en mayor tiempo (Singer, 1972). Sin embargo, el grupo ballet consiguió ejecutar satisfactoriamente y en menor tiempo las tareas reproducir movimientos y transferencia de posiciones (Tabla 6), lo cual podría explicarse por la facilitación sensorial que proporciona la propiocepción, y que a su vez conlleva a una mayor integración del esquema corporal. Esto concuerda con la afirmación de García y Berruezo (1999) concerniente a que la utilización del cuerpo precede al conocimiento del mismo (para elaborar una imagen mental del cuerpo y sus miembros, es preciso haberlo utilizado previamente y sus miembros en diversas actividades).

Adicionalmente, ya se mencionaba que una mejor ejecución dependiente de la información propioceptiva podría deberse a una mayor coherencia de la representación corporal, debido a que hay mayor capacidad de integración de la

información propioceptiva desde las múltiples articulaciones para representar la posición del miembro en el espacio (Jola et al., 2011).

Por otra parte, se ha mencionado que la atención juega un papel especial dentro del control postural y para la ejecución de movimientos precisos y fluidos, además de proponerse que bien podría estar implicada en la mediación de la retroalimentación propioceptiva que proporciona los modelos internos de representación de los miembros usados en la adquisición y adaptación de los movimientos habilidosos (Kawato y Wolpert, 1998; citados en Goble et al., 2005), y es que los participantes del grupo ballet puntuaron significativamente mejor para las tareas de atención.

Un dato interesante dentro de este aspecto es que el grupo ballet puntuó significativamente mejor para la subprueba detección visual, lo cual podría indicar que la atención realmente no se dirige tan solo al aspecto egocéntrico del espacio, sino que también se expande a lo alocéntrico.

En cuanto a la categoría número de veces (para movimientos alternos, tocar sucesivamente los dedos de la mano y ritmos asimétricos), es natural esperar que el grupo ballet realizara el ejercicio el mismo número de veces que el examinador porque es justo lo que se hace en una clase de ballet: poner atención al qué, cómo y cuántas veces se realizará el ejercicio, paso o movimiento. Sin embargo, esto también podría apoyar la idea de que se expande la atención.

Da Fonseca (2004) postula que la concentración en la ejecución de la tarea o práctica constituye uno de los procesos más relevantes del alto rendimiento, como lo es el ballet, dado que tal práctica exige la observación de una perfecta sintonía psicomotora. Con base en este estado de atención y alerta, el practicante puede captar los detalles del entorno y pormenores relevantes y no relevantes, de donde emerge la aplicación de las estrategias metacognitivas de prestación intrínseca al sujeto mismo, y que lo caracterizan también como atleta o artista de alto rendimiento (Da Fonseca, 2004).

Un caso contrario a lo anterior sería, por ejemplo, los niños que sufren problemas motores también puedan presentar problemas de atención (Piek et al., 2004; Livesey et al., 2006).

De acuerdo con el modelo de Bálsing et al. (2010), la propiocepción forma parte del control sensoriomotor dada la retroalimentación y/o facilitación que proporciona. Sin embargo, dicho control incluye a su vez un control muscular que, como ya se mencionó, implica la atención necesaria y suficiente que permita seleccionar, activar o inactivar y clasificar el grado de activación del músculo en cuestión (Singer, 1972).

Para el siguiente nivel (representación sensomotora), postulan que las modalidades relevantes cambian de acuerdo al nivel de experiencia. Ejemplifican, así, que para el ballet inicialmente es más necesaria o importante la información visual, y que solo más tarde ganará peso o significado la información propioceptiva.

No obstante, para la práctica adecuada del ballet, desde el inicio del aprendizaje, la información propioceptiva ha de adquirir tanta importancia como la información visual, ya que simplemente no es posible mantener una correcta postura y moverse al tiempo que también se corrobora la ejecución visualmente (ya sea por voltear a ver directamente alguna extremidad cuando la cabeza debe apuntar hacia otra dirección o mirar hacia el espejo cuando la postura correcta de la cabeza no es apuntar hacia el espejo). Además, desde el comienzo se hacen ejercicios frente a la barra, donde no hay espejo ni persona a quien ver. Por lo tanto, aun desde la etapa del aprendizaje, la información propioceptiva ha de ganar suficiente valor para ser consciente de y concentrarse en la postura del cuerpo y en cómo se están ejecutando los movimientos.

El nivel de representación mental, por su parte, es descrito como ligado al control voluntario y codificación del resultado anticipado del movimiento, lo cual implica ser capaz de predecir la naturaleza y el tamaño de las contracciones musculares,

dirección, extensión y duración del movimiento (Stelmach, 1976), lo cual remite particularmente al primer nivel.

Para complementar lo anterior, ya se mencionaba que de acuerdo a los hallazgos de Shenton et al. (2004), es la información propioceptiva (*vs* visual) la que indica la posición actual del miembro que, según los autores, podría significar que la propiocepción representa la codificación de base de la posición del cuerpo en el espacio, y que la visión es requerida según sea necesario para tal base, concordando con lo discutido para el segundo nivel (representación sensomotora) en cuanto a que la información visual no tiene porqué ocupar el papel primordial durante el proceso de aprendizaje (al menos no para la práctica del ballet).

Por lo tanto, el papel de la propiocepción en la praxia consta en propiciar un mayor control del cuerpo, traducido en una optimización del sistema que se manifiesta de forma similar en el niño: aumenta la calidad del movimiento o control de éste (ejecución, precisión, fluidez; equilibrio, postura) ligado (directa o indirectamente) a una mayor atención.

Dentro de los alcances de este trabajo, se propone incentivar aún más a los practicantes de ballet y bailarines para desarrollar mayormente la capacidad propioceptiva, para que así el sistema pueda lograr aquello que es propio del artista: lograr que una ejecución tan difícil se vea natural y sin esfuerzo.

Con base en los resultados, se sugiere el ballet (adaptado) como apoyo para los programas de intervención dentro de las terapias orientadas a los desórdenes motores, ya que permite mejorar el movimiento, el equilibrio, la postura, aumentar la propiocepción y la atención.

Por ejemplo, Yaguchi y Fujiwara (2012) proponen que el aumento de dispersión de la atención repercute en el momento de la preparación motora (ocasiona un retraso) y en la activación muscular postural. Así, se ha propuesto que los pacientes con

enfermedad de Parkinson que sufren bloqueo al iniciar la marcha, se relaciona con inapropiados ajustes posturales anticipatorios, definidos como el cambio a priori del centro de peso al dar el primer paso, y tales ajustes inapropiados podrían deberse, en parte, a fallos de atención (inadecuada asignación de peso atencional, por ejemplo, entre algún distractor y preparar la respuesta motora), a un control inadecuado y a una inadecuada retroalimentación sensorial (Tard et al., 2014).

Otra sugerencia de intervención es para personas de la tercera edad, ya que se considera que las caídas constituyen uno de los problemas geriátricos más comunes e incapacitantes (Zarranz, 2013). Para ello, Freyler et al. (2014) hallaron que, tras cuatro semanas de entrenamiento del balance como forma de intervención, los participantes mostraron una reducción significativa del desplazamiento del centro de peso, asociada a un aumento de la estabilidad postural lo que a su vez podría reducir el riesgo de caídas.

También se sugiere la práctica del ballet como recurso de apoyo al aprendizaje en el niño (especialmente), pues se considera que las conductas derivadas de los movimientos coordinados y complejos le permiten desarrollar los aspectos de planificación, organización, reflexión y vivencia (Arnaiz et al., 2001).

Por otra parte, aunado a la motricidad y postura se halla el esquema corporal, cuya importancia radica en que una estructuración deficiente o inadecuada del mismo puede repercutir de diversas formas (Jiménez & Jiménez, 1995):

- Perceptual. Deficiencia en la estructuración espacio-temporal, ya que es el propio cuerpo el primer punto de referencia de la percepción y en el que se funda la relación con los demás y con los objetos.
- Motricidad. Sin un esquema corporal adecuado, el niño será incapaz de organizar los esquemas motores de los que parten las acciones. Aquellos que padecen alguna perturbación y no ejercen el control sobre alguna

parte del cuerpo suelen presentar defectos de coordinación, lentitud, torpeza, etc.

Para ello, Jiménez y Jiménez (1995) proponen que una integración idónea del esquema corporal será facilitada por el desarrollo del equilibrio, la coordinación dinámica global y segmentaria, la afirmación de la lateralidad, la percepción espacial y temporal y ritmo, aspectos que se ponen de manifiesto y en práctica durante la práctica del ballet.

8. Conclusiones

En conclusión, este trabajo:

- Ofrece una muestra más de que hay una estrecha relación entre movimiento (ejecución, precisión, fluidez; postura y equilibrio), propiocepción y atención, relación que parece ser favorecida por la práctica de una praxia compleja, tal como el ballet.
- Permite suponer, de acuerdo con el modelo práxico propuesto aquí (Bläsing et al, 2010), la teoría y los hallazgos, que la propiocepción juega un papel clave para el sistema global encargado del movimiento (práxico-cognitivo y físico-ejecutante), actuando como uno de los pilares que lo permite, sostiene y optimiza, de forma que podría decirse que la información propioceptiva, si bien surge desde el nivel más básico planteado por el modelo jerárquico, realmente repercute y puede hallarse presente en los niveles más altos.
- Permite observar que la propiocepción juega un papel muy importante dentro del movimiento, siendo ésta la que permite mejores ejecuciones, más precisas y más fluidas.

En cuanto a los límites de este trabajo, uno muy importante concierne a la forma de evaluación, ya que para las investigaciones sobre propiocepción (brazos, manos, equilibrio, postura) y precisión y fluidez de los movimientos, generalmente se emplean softwares diseñados especialmente para ello y dispositivos electrónicos (plataformas, *manipulandas*) que permiten hacer un registro lo más preciso posible de las ejecuciones de los participantes, mientras que esta investigación fue realizada con pruebas de lápiz y papel y videocámara.

Para mejorar este trabajo, se propone hacer las evaluaciones con recursos tecnológicos que permitan hacer registros más precisos, emplear baterías neuropsicológicas estandarizadas más sensibles y/o específicas para las variables y tomar como muestra bailarines profesionales. Adicionalmente, se propone realizar la investigación con bailarines de distintas técnicas de danza con la finalidad de ver si hay alguna que favorezca más algún aspecto específico, lo cual podría tenerse en cuenta para programas de intervención.

Referencias

- Ajuriaguerra, J. (1986). Organización neuropsicológica de algunas funciones: de los movimientos espontáneos al diálogo tónico postural y a las formas precoces de comunicación. *Psicomotricidad. Revista de estudios y experiencias* (23): 17-34
- Arce, M. & Cordero, M. (2001). *El desarrollo motor grueso del niño en edad preescolar*. Costa Rica: Universidad de Costa Rica
- Arnaiz, P., Rabadán, M., & Vives, I. (2001). *La psicomotricidad en la escuela: una práctica preventiva y educativa*. Málaga: Ediciones Aljibe
- Arrianza, D. et al. (2013). *Técnicas básicas de enfermería*. España: Paraninfo
- Ashe, J., Lungu, O., Basford, A. & Lu, X. (2006). Cortical control of motor sequences. *Current Opinion in Neurobiology* (16): 213–221
- Benedet, M.(2002). *Fundamento teórico y metodológico de la Neuropsicología Cognitiva*. Madrid: Instituto de Migraciones y Servicios Sociales (IMSERSO)
- Bläsing, B. et al. (2012). Neurocognitive control in dance perception and performance. *Acta Psychologica* (139): 300-308
- Bläsing, B., Puttke, M. & Schack, T. (2010). *The neurocognition of dance. Mind, movement and motor skills*. Great Britain: Psychology Press
- Bläsing, B., Tenenbaum, G., & Schack, T. (2009). The cognitive structure of movements in classical dance. *Psychology of Sport and Exercise* (10): 350–360
- Bottini, P. (2010). *Psicomotricidad: prácticas y conceptos*. Argentina: Miño y Dávila
- Bustamante, A. (1995). *Diseño ergonómico en la prevención de la enfermedad laboral*. España: Díaz de Santos
- Bustamante, E. (2007). *El Sistema nervioso. Desde las neuronas hasta el cerebro humano*. Colombia: Universidad de Antioquia
- Calmels, D. (2003). *Qué es la psicomotricidad. Los trastornos psicomotores y la práctica psicomotriz*. Argentina: Grupo Editorial Lumen
- Camus, M., Pailhous, J., & Bonnard, M. (2006). On-line flexibility of the cognitive tuning of corticospinal excitability: A TMS study in human gait. *Brain Research* (1076): 144–149

- Carlson, N. (2014). *Fisiología de la conducta*. España: Pearson
- Castañer, M. & Camerino, O. (1996). *La educación física en la enseñanza primaria*. Barcelona: Inde
- Chaitow, L. & Walter, J. (2006). *Aplicación clínica de las técnicas neuromusculares*. España: Paidotribo
- Clippinger, K. (2011). *Anatomía y cinesiología de la danza*. España: Paidotribo
- Cobos, P. (1999). *El desarrollo psicomotor y sus alteraciones. Manual práctico para evaluarlo y favorecerlo*. Madrid: Pirámide
- Conde, J. L. y Viciano, V. (1997). *Fundamentos para el desarrollo de la educación física en edades tempranas*. Málaga: Aljibe
- Corsi, M. (2004). *Aproximaciones de las neurociencias a la conducta*. México: Manual Moderno
- Da Fonseca (2004). *Psicomotricidad. Paradigmas del estudio del cuerpo y de la motricidad humana*. México: Trillas
- Danderfer, R. & Montenegro, A. (2012). *Breviario, reseñas, ideas y conceptos de la psicomotricidad*. Argentina: Brujas
- Dietz (2002). Proprioception and locomotor disorders. *Nature Reviews Neuroscience* (3): 781-790
- Dijkerman, H., & de Haan, E. (2007). Somatosensory processes subserving perception and action. *Behavioural Brain Science* (30): 189-201
- Dropsy, J. (1963). *Vivir en su cuerpo. Expresión corporal y relaciones humanas*. Argentina: Paidós
- Elsner, B., & Hommel, B. (2001). Effect anticipation and action control. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* (27): 229-240
- Escobar, M. & Pimienta, H. (2006). *Sistema nervioso*. México: Universidad del Valle
- Fariñas, G. (2011). *Psicoballet, ciencia y arte*. Estados Unidos de América: Pailibrio
- Flores, B. (2013). *Movimiento corporal humano desde la fisioterapia*. www.prezi.com
- Freyler, K. et al., (2014). Improved postural control in response to a 4-week balance training with partially unloaded bodyweight. *Gait & Posture* (xxx): 1-6

- García, A. & Quero, J. (2012). *Organización general del tronco cerebral y de los nervios craneales*. Madrid: Diaz de Santos
- García et al., (2009). El cerebelo y sus funciones. *Rev Med UV* (9): 24-30
- García, J. & Berruezo, P. (1999). *Psicomotricidad y educación infantil*. España: CEPE
- García & Fernández (1999). *Juego y psicomotricidad*. España: CEPE
- Gaveau, V. et al. (2014). Automatic on line control of motor adjustments in reaching and grasping. *Neuropsychologia* (55): 25–40
- Goble, D. et al. (2005). Development of upper limb proprioceptive accuracy in children and adolescents. *Human Movement Science* (24): 155–170
- Gómez, P., Politis, D., & Rubinstein, W. (2011). Validez de la conexión interléxica asemántica en el modelo cognitivo de procesamiento de praxias. *Cuad. Neuropsicol* (5): 67-77
- Gowitzque, B. & Milner, M. (1999). *El cuerpo y sus movimientos. Bases científicas*. España: Paidotribo
- Haggard, P. & Clark, S. (2003). Intentional action: Conscious experience and neural prediction. *Consciousness and Cognition* (12): 695–707
- Haines, D. E. (2006). *Principios de neurociencia*. España: Elsevier
- Harpaz, N., K., Flash, T. & Dinstein, I. (2014). Scale-Invariant Movement Encoding in the Human Motor System. *Neuron* (81): 452–462
- Heilman, Watson & Rothi (2007). *Textbook of clinical neurology*. Philadelphia: C.G. Goetz
- Ionta et al. (2011). Multisensory Mechanisms in Temporo-Parietal Cortex Support Self-Location and First-Person Perspective. *Neuron* (70): 363–374
- Johnson, B., MacWilliams, B., & Stevenson, D. (2014). Postural control in children with and without neurofibromatosis type. *Human Movement Science* (34): 157–163
- Jiménez, J. & Jiménez, I. (1995). *Psicomotricidad. Teoría y programación para educación infantil, primaria, especial e integración*. España: Editorial Escuela Española
- Jola & Haggard (2011). Proprioceptive integration and body representation: insights into dancers' expertise. *Exp Brain Res* (213): 257–265

- Kammers, M., van der Ham, I., & Dijkerman, H. (2006). Dissociating body representations in healthy individuals: Differential effects of a kinaesthetic illusion on perception and action. *Neuropsychologia* (44): 2430–2436
- Kandel, E., Schwartz, J. & Jessell, T. (1997). *Neurociencia y conducta*. Madrid: Prentice-Hall
- Kattenstroth, J. et al (2013). Six months of dance intervention enhances postural, sensorimotor, and cognitive performance in elderly without affecting cardio-respiratory functions. *Frontiers in Aging Neuroscience* (5): 1-16
- Kawato, M. (1999). Internal models for motor control and trajectory planning. *Current Opinion in Neurobiology* (9): 718–727
- Kobesova, A., & Kolar, P. (2014). Developmental kinesiology: Three levels of motor control in the assessment and treatment of the motor system. *Journal of Bodywork & Movement Therapies* (18): 23-33
- Konczak, J. y Abbruzzese, G. (2013). Focal dystonia in musicians: linking motor symptoms to somatosensory dysfunction. *Frontiers in Human Neuroscience* (7): 1-10
- Koziol, L., & Budding, D. (2009). *Subcortical Structures and Cognition. Implications for Neuropsychological Assessment*. USA: Springer
- Lawther, J. (1983). *Aprendizaje de las vías motrices*. España: Paidós
- Le Boulch, Jean (1999). *El desarrollo psicomotor desde el nacimiento hasta los 6 años*. España: Paidós
- Lebourges, S. (2007). *En busca del dégagé perfecto. Terminología del ballet*. México: Universidad Nacional Autónoma de México
- Lesmes, D. (2007). *Evaluación clínico-funcional del movimiento corporal humano*. Colombia: Pamamericana
- Livesey, D. et al. (2006). The relationship between measures of executive function, motor performance and externalizing behaviour in 5- and 6-year-old children. *Human Movement Science* (25): 50–64
- Llanio & Perdomo (2003). *Propedéutica clínica y semiología médica*. Tomo 1. Cuba: Ciencias Médicas

- Longo, M., Azanón, E., Haggard, P. (2010). More than skin deep: Body representation beyond primary somatosensory cortex. *Neuropsychologia* (48): 655–668
- Longo, M., Schüür, F., Kammers, M., Tsakiris, M., Haggard, P. (2009). Self awareness and the body image. *Acta Psychologica* (132): 166–172
- López, L. (2000). *Anatomía funcional del sistema nervioso*. México: Noriega Editores
- López-Antúnez M. (2000). *Anatomía funcional del sistema nervioso*. México: Limusa
- López & Fernández (2006). *Fisiología del ejercicio*. Argentina: Panamericana
- Luria, A. (1989). *El cerebro en acción*. México: Roca
- Luria, A. (1994). *Sensación y percepción*. México: Planeta
- Molina, D. (1987). *Psicomotricidad. Educación gestual. La importancia de la acción en los primeros años de desarrollo*. Argentina: Losada
- Montalvo, C. (2010). *Tejido óseo*. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Medicina. Departamento de biología celular y tisular. Biología celular e histología médica.
- Muller-Pinget, S. et al (2012). Dance therapy improves self-body image among obese patients. *Patient Education and Counseling* (89):525–528
- Muñoz, E. et al. (2011). *Estimulación cognitiva y rehabilitación neuropsicológica*. Barcelona: UOC
- Nieuwenhuys, R., Voogd, J. & van Huijzen, C. (2009). *El sistema nervioso central humano*. España: Panamericana
- Palastanga, N., Field, D. & Soames, R. (2000). *Anatomía y movimiento humano. Estructura y funcionamiento*. España: Paidotribo
- Peña-Casanova, J. (2007). *Neurología de la conducta y Neuropsicología*. Madrid: Médica Panamericana
- Pérez, E. & Fernández, A. (2005). *Manual de Enfermería*. España: McGraw-Hill
- Perinat, A. (2007). *Psicología del desarrollo. Un enfoque sistémico*. Barcelona: UOC
- Piek, J. et al., (2004). The relationship between motor coordination, executive functioning and attention in school aged children. *Archives of Clinical Neuropsychology* (19): 1063–1076
- Pinel, J. (2007). *Biopsicología*. España: Pearson

- Puelles, I., Martínez, S. & Martínez, M. (2008). *Neuroanatomía*. España: Panamericana
- Quirós, J. & Schrager, O. (1980). *Fundamentos neuropsicológicos en las discapacidades de aprendizaje*. Buenos Aires: Médica-Panamericana.
- Raimondi, P. (1999). *Cinesiología y psicomotricidad*. España: Paidotribo
- Riggio, S. (2006). *Clínicas psiquiátricas de Norteamérica*. España: Masson
- Rizzolatti, G. & Luppino, G. (2001). The Cortical Motor System. *Neuron* (31): 889–901
- Rosenzweig, Breedlove & Watson (2005). *Psicobiología. Una introducción a la Neurociencia Conductual, Cognitiva y Clínica*. España: Ariel
- Ruiz, J. (2002). *Anatomía topográfica con uso de nomenclatura internacional*. México: Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
- Schmahmann, J. D., & Pandya, D. N. (1997). The cerebrocerebellar system. *International Review of Neurobiology* (41): 31–60
- Shenton, J., Schwoebel, J., & Coslett, H. (2004). Mental motor imagery and the body schema: evidence for proprioceptive dominance. *Neuroscience Letters* (370): 19–24
- Singer, R. (1972). *The psychomotor domain. Movement behaviors*. USA: Lea & Febiger
- Snell, R. (2006). *Neuroanatomía clínica*. España: Panamericana
- Sober and Sabes (2005). Flexible strategies for sensory integration during motor planning. *Nature Neuroscience* (4): 490-497
- Soriano, C. et al. (2007). *Fundamentos de neurociencia*. España: UOC
- Stambak, M. (1979). *Tono y psicomotricidad. El desarrollo psicomotor de la primera infancia*. España: Iberdos
- Stelmach, G. (1976). *Motor control. Issues and trends*. USA: Academic press
- Takakusaki, K., Habaguchi, T., Ohtinata-Sugimoto, J., Saitoh, K. and Sakamoto, T. (2003). Basal ganglia efferents to the brainstem centers controlling postural muscle tone and locomotion: a new concept for understanding motor disorders in basal ganglia dysfunction. *Neuroscience* (119): 293–308
- Takakusaki, K., Oohinata-Sugimoto, J., Saitoh, K. and Habaguchi, T. (2004). Role of basal ganglia–brainstem systems in the control of postural muscle tone and locomotion. *Progress in Brain Research* (143): 231-237

- Tard, C. et al. (2014). Attention modulates step initiation postural adjustments in Parkinson freezers. *Parkinsonism and Related Disorders* (20): 284-289
- Tenenbaum, G. (2003). Expert athletes: an integrated approach to decision making. In J. L. Starkes, & K. A. Ericsson (Eds.), *Expert performance in sports: advances in research on sport expertise*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Tribucci, A., Penedo-Leme, S., Funayama, C. (2009). Postural adjustment as a sign of attention in 7-month-old infants. *Brain & Development* (31): 300-306
- Tsakiris, M. (2010). My body in the brain: A neurocognitive model of body-ownership. *Neuropsychologia* (48): 703-712
- Tsakiris, M., Prabhu, G., Haggard, P. (2009). Having a body versus moving your body: How agency structures body-ownership. *Consciousness and Cognition* (15): 423-432
- Vargas, R. (2007). Diccionario de teoría del entrenamiento deportivo. México: Universidad Nacional Autónoma de México
- Vidal, L. (2012). *Anatomofisiología y patología básicas*. España: Paraninfo
- Vuillerme, N., Nougier, V. (2004). Attentional demand for regulating postural sway: the effect of expertise in gymnastics. *Brain Research Bulletin* (63): 161-165
- Wolpert, D. M., Ghahramani, Z., & Jordan, M. I. (1995). An internal model for sensorimotor integration. *Science* (269): 1880-1882.
- Yaguchi, C., & Fujiwara, K. (2012). Effects of attentional dispersion on sensory-motor processing of anticipatory postural control during unilateral arm abduction. *Clinical Neurophysiology* (123): 1361-1370
- Zarranz, J. (2013). *Neurología*. España: Elsevier
- Zhou, K., Wolpert, D. M. & De Zeeuw, C. I. (2014). Motor Systems: Reaching Out and Grasping the Molecular Tools. *Current Biology* (24): R269-R271