



*Rev. Cub. Med. Dep. & Cul. Fís. 2015; Vol. 10, Núm. 1*

**ISSN: 1728-922X**

Artículo original

**Información propioceptiva y deporte. Una actualización necesaria para el control biomédico del entrenamiento.**

**Proprioceptive information and sport. a necessary update for the biomedical control of training**

**Autores: Dra. Zamira Díaz Santos (MSc.)** [zamiradiaz@infomed.sld.cu](mailto:zamiradiaz@infomed.sld.cu)

**Especialista de I Grado en Medicina del Deporte**

**Dra. C. Sofía León Pérez** [sofialeon@inder.cu](mailto:sofialeon@inder.cu)

**Especialista en Biomedicina Deportiva, Prof. Auxiliar**

**Dr. Lázaro H. Ramos O'Farril(MSc.)**

**Especialista de I Grado en Medicina Física y Rehabilitación**

## **Resumen**

La importancia de los procesos propioceptivos como retroalimentación para el control y coordinación de los movimientos, para la prevención y tratamiento de las lesiones, justifica la exposición de este tema de interés para el médico, el entrenador y otros especialistas de las Ciencias Aplicadas al Deporte, con el objetivo de ampliar los conocimientos sobre el concepto de propiocepción, así como sobre las posibilidades de su entrenamiento y evaluación en los deportistas. A partir de la actualizada revisión presentada, se logra precisar los conceptos de "propiocepción", "control neuromuscular", "equilibrio" y "cinestesia". Se hace énfasis en la importancia de la propiocepción para el movimiento y los resultados deportivos, por lo que se sugieren diversas variantes de entrenamiento y evaluación de la actividad propioceptiva para perfeccionar las capacidades motrices, en particular las cualidades coordinativas. Una novedosa experiencia en ese sentido, es la utilización de la Plataforma COBS® y las posibilidades de su inserción entre los métodos de control biomédico del deportista.

**Palabras clave:** Control neuromuscular, Equilibrio, Cinestesia, Plataforma COBS®

**Abstract**

The importance of proprioceptive feedback processes such as control and coordination of movements, for the prevention and treatment of injuries, justifies the discussion of this topic of interest to the physician, coach and other specialists of Applied Sport Sciences, with the aim of increasing knowledge about the concept of proprioception, and on the possibilities of training and

testing in athletes. From the updated review submitted is achieved clarify the concepts of "proprioception", "neuromuscular control", "balance" and "kinesthetic". Emphasis is placed on the importance of proprioception for movement and sports results, so that different variants of training and evaluation of proprioceptive activity is suggested for improving motor skills, including coordinative qualities. A novel experience in this regard is the use of the Platform COBS® and possibilities for insertion between the methods of biomedical control of the athlete.

Keywords: Neuromuscular Control, Balance, kinesthesia, Platform COBS®

## Introducción

A nivel internacional, numerosos investigadores de las ciencias básicas han dirigido su atención a la actividad física y el deporte. En ese marco se desarrollan estudios multi e interdisciplinarios sobre la dinámica de las capacidades motrices: fuerza, resistencia, rapidez, flexibilidad, coordinación del movimiento, y su participación proporcional en los rendimientos y marcas deportivas, tratando también de pronosticar las tendencias de su desarrollo futuro a partir de la descripción de las técnicas más racionales de los movimientos. La visión del hombre como un sistema físico complejo, la estructura armónica de sus movimientos, regidos por el sistema nervioso y el lugar que en ello ocupa la **aferencia propioceptiva**, se proyectan en el campo de la Morfología Funcional y la Biomecánica con el estudio de la cinemática y la cinética articular; de las posiciones y movimientos durante la ejecución de los ejercicios físicos y las técnicas deportivas. Ello requiere conocer los principios mecánicos y biológicos del movimiento en el deporte y las particularidades individuales de la motricidad, con lo que se explican las razones de muchos traumas deportivos y se proveen las bases para su profilaxis.<sup>1</sup>

Las características de la sustentación y la locomoción humana responden a la constante influencia de la fuerza de gravedad conjuntamente con otras fuerzas externas y las fuerzas internas, esencialmente, la tracción muscular. Al respecto es imprescindible destacar la jerarquía del sistema nervioso como integrador y regulador del movimiento, en especial en el control espacial-postural, el equilibrio y la locomoción, por lo que la Biomecánica estudia aspectos relativos a la conservación y variación de la posición del cuerpo, sus

condiciones de estabilidad y las características de la postura,<sup>1</sup> sin obviar el efecto moderador del sistema nervioso central (SNC) sobre la postura y el movimiento, que se establece fundamentalmente sobre la base de circuitos reflejos, que se van complejizando en cuanto a su organización, en la respuesta que emiten y en el nivel de control, a medida que se asciende estructuralmente desde la medula espinal hasta la corteza sensorio- motora cerebral. Estas respuestas reflejas se desencadenan como resultado de la estimulación de propioceptores vinculados al componente sensorial del sistema nervioso central. Las complejas interacciones que se organizan entre ellos, y las que se establecen entre el sistema sensorial y el sistema motor en los diferentes niveles de integración de la actividad sensorio-motora garantizan funciones primordiales como el control del tono muscular, de la postura estática, del movimiento, y del equilibrio durante los cambios de postura y movimiento, aspectos que resultan esenciales para una adecuada ejecución de la actividad física.<sup>2</sup>

La importancia de los procesos propioceptivos como retroalimentación para el control y coordinación de los movimientos, para la prevención y tratamiento de las lesiones, justifica la exposición de este tema de interés para el médico, el entrenador y otros especialistas de las Ciencias Aplicadas al Deporte, con el objetivo de ampliarlos conocimientos sobre el concepto de propiocepción, así como sobre las posibilidades de su entrenamiento y evaluación en los deportistas.

## **Desarrollo**

### **Conceptos generales**

Existen en la bibliografía científica diversos términos como son: sistema sensorio-motor, cinestesia, sistema neuromotor, sensibilidad articular y otros, que hacen referencia a una misma entidad: "el sistema propioceptivo". Si bien son similares, no es lo mismo hablar de propiocepción, control neuromuscular ni equilibrio.<sup>3, 4, 5, 6</sup>

La sensación de posición y movimiento fue descrito originalmente en 1557 por Scaliger como un "sentido de la locomoción". Más tarde, Bell (1826) expuso la idea de un "sentido muscular", yes uno de los primeros mecanismos de

retroalimentación fisiológica descritos. La idea de Bell era que los comandos se realizan desde el cerebro a los músculos, y que los informes sobre el estado del músculo serían enviados en la dirección inversa. Posteriormente Bastian (1880), sugirió "cinestesia" en lugar de "sentido muscular" sobre la base de que parte de la información aferente proviene de otras estructuras como tendones, las articulaciones y la piel. En 1889 Goldscheider propuso una clasificación de cinestesia en tres tipos: la sensibilidad del músculo, del tendón y articular.<sup>6</sup> La propiocepción, del latín *proprius* (propio) y *ceptio* (sensación, percepción), hace referencia a la capacidad del cuerpo para detectar el rango de movimiento y la posición de las articulaciones en el espacio, tanto de forma consciente como de forma inconsciente.<sup>7</sup> Bernhardt plantea que se podría definir como "la percepción que tenemos de nuestro cuerpo en reposo o en movimiento". A diferencia de los seis sentidos de exterocepción (visión, gusto, olfato, tacto, audición y percepción de equilibrio) por los que se percibe el mundo exterior, la propiocepción es un sentido de interocepción por el que se tiene conciencia del estado del propio cuerpo.<sup>8</sup> La palabra "propiocepción" fue acuñada en 1906 por el neurofisiólogo inglés Sherrington, quien describió la propiocepción como la información sensorial que contribuye al sentido de la posición propia y al movimiento. (Citado por Ávalos y Berríos).<sup>4</sup> "Propiocepción" es la conciencia del movimiento, derivado de los músculos, tendones y articulaciones.<sup>6</sup> Del latín *proprius* (propio) y *ceptio* (sensación, percepción), hace referencia a la capacidad del cuerpo para detectar el rango de movimiento y la posición de las articulaciones en el espacio tanto de forma consciente como de forma inconsciente.<sup>7</sup> Bernhardt plantea que se podría definir como "la percepción que tenemos de nuestro cuerpo en reposo o en movimiento". A diferencia de los seis sentidos de exterocepción (visión, gusto, olfato, tacto, audición y percepción de equilibrio) por los que se percibe el mundo exterior, la propiocepción es un sentido de interocepción por el que se tiene conciencia del estado del propio cuerpo.<sup>8</sup> Fevrbach la ha definido como la capacidad de realizar un grupo de ejercicios o movimientos angulares sin referencia visual.<sup>9</sup> Benjaminse la precisa como la conciencia de la posición del cuerpo, la orientación, el movimiento y la sensación de fuerza. Es la entrada aferente desde las áreas periféricas del cuerpo hacia el SNC para el procesamiento, que contribuye al control postural, a la estabilidad articular y a varias sensaciones

conscientes.<sup>10</sup> Como afirman Guillén del Castillo y Linares Girela<sup>11</sup> la sensibilidad propioceptiva, sensación de movimiento o propiocepción es una de las características más evidentes del entrenamiento expresivo, deportivo o psicomotor. El término propiocepción ha evolucionado; se conoce como la conciencia de posición y movimiento articular, velocidad y detección de la fuerza de movimiento, la cual consta de tres componentes: <sup>12</sup> Estestesia o provisión de conciencia de posición articular estática; Cinestesia o conciencia de movimiento y aceleración; por último, Actividades efectoras o respuestas reflejas y regulación del tono muscular.

La propiocepción ocurre por una compleja integración de impulsos somatosensoriales (conscientes e inconscientes) los cuales se transmiten por medio de propioceptores, permitiendo el control neuromuscular por parte del atleta. La propiocepción consciente es esencial para un funcionamiento apropiado de las articulaciones en los deportes, las actividades cotidianas y las tareas laborales. La propiocepción inconsciente modula la función muscular e inicia la estabilización refleja. Se dice que la propiocepción es la capacidad para detectar los estímulos que surgen en "lo profundo" del cuerpo. <sup>13</sup> En cambio, el control neuromuscular se basa en la planificación de los movimientos asentados en información sensorial de experiencias pasadas y de reflejos musculares. Esta cualidad es la que daría respuesta a la información que se recibe gracias a la propiocepción de la articulación y que modificaría el gesto a realizar para estabilizar la posición.<sup>14, 15</sup>

Por su parte, Navarro plantea que el equilibrio se puede definir como el mantenimiento del centro de gravedad en la base de sustentación del cuerpo.<sup>16</sup>

Un análisis estático de la cinética corporal describe las fuerzas actuantes sobre el cuerpo en equilibrio, que es el estado de un cuerpo en reposo relativo o en movimiento a velocidad constante. Para considerar a un cuerpo en equilibrio, tanto la suma de las fuerzas lineales como de los momentos de fuerza (rotacionales) debe ser igual a cero. Las características del equilibrio en cada momento dependen de ciertos factores que condicionan su estabilidad, entre los que se destacan el área de la base de sustentación del cuerpo; la proyección del centro de gravedad corporal dentro de los límites de la base sustentante y la altura del centro de gravedad.<sup>1, 17</sup>

Mientras Romero-Franco<sup>11</sup> define a la cinestesia como el conocimiento de la posición y el movimiento de las partes del cuerpo utilizando transductores, que se conocen como propioceptores, en las articulaciones y músculos. El descubrimiento de la *kinesteesia* sirve como un precursor para el estudio de la propiocepción. Si bien los términos de propiocepción y cinestesia se usan indistintamente, en realidad tienen muchos componentes diferentes.

A menudo, el sentido kinestésico se diferencia de la propiocepción excluyendo el sentido del equilibrio o balance de cinestesia. Otra diferencia entre la propiocepción y cinestesia es que ésta última se centra en el movimiento o los movimientos del cuerpo, mientras que la propiocepción se centra más en la conciencia de los movimientos y comportamientos del cuerpo. Esto ha llevado a la idea de que la cinestesia es más bien de comportamiento, y la propiocepción es más cognitivo. Otro componente principal de la propiocepción es el sentido de posición articular, que se determina mediante la medición de la exactitud de la replicación en movimientos angulares, mediante pruebas que miden la capacidad de un sujeto para detectar un movimiento pasivo impuesto externamente, o la capacidad de cambiar la posición de una articulación a una posición predeterminada. Estos implican una capacidad para percibir la posición de una articulación sin la ayuda de la visión.<sup>6</sup>

A pesar de la diversidad de las fuentes informativas proporcionadas por los propioceptores parece que el sujeto las percibe a todas ellas de forma unificada gracias a la integración que realiza el sistema de procesamiento de la información. Pero, además, la información propioceptiva integrada se unifica, a su vez, para el movimiento, con otras fuentes sensoriales como puede ser la información visual, y todas juntas se integran para un procesamiento superior. Para estos procesos de integración informativa de las fuentes sensoriales es decisivo el aprendizaje del sujeto, en ese aprendizaje cognitivo lo que se realiza básicamente es un proceso de reducción de incertidumbre. Con la práctica se consigue integrar todas las fuentes propioceptivas en unidades mayores, que además se unen a la integración proporcionada por la fuente visual. Todo ello se aprecia en la estabilidad del gesto y en el control de la situación cada vez que la misma se repite.<sup>18</sup>

El sistema propioceptivo está formado por una serie de receptores nerviosos, en función de transductores, ubicados en los músculos, tendones,

articulaciones y ligamentos; entre ellos los husos neuromusculares y los corpúsculos tendinosos de Golgi. Se encargan de detectar el grado de tensión muscular y el grado de estiramiento muscular y envían esta información a la médula espinal, al cerebelo y al cerebro para que sea procesada. Después, el cerebro envía la eferencia a los músculos para que realicen los ajustes necesarios en cuanto a la tensión y estiramiento muscular y así conseguir el movimiento deseado. De manera que los distintos procesos de movimiento, como la tensión muscular, la longitud muscular absoluta, la velocidad de cambio de longitud muscular, el ángulo de la articulación, el movimiento articular, la posición de la cabeza y el contacto con las superficies actúan como estímulos para iniciar señales en las fibras nerviosas que después son enviadas al sistema nervioso central. Se dice que los propioceptores forman parte del mecanismo de control de la ejecución del movimiento. Es un proceso subconsciente y muy rápido, se realiza de forma refleja.<sup>2, 19.</sup> En determinadas circunstancias, se produce la actuación simultánea de los propioceptores.<sup>2</sup> Los músculos no pueden actuar sino modificando su longitud, lo que realiza a determinada velocidad y generando determinada tensión o fuerza, por ello tanto el huso neuromuscular y el órgano de Golgi actúan simultáneamente sobre las motoneuronas, inhibiéndolas o excitándolas según su función. El efecto neto es que ambos circuitos de retroalimentación con condiciones de perturbación interna (fatiga) actúan en la misma dirección y no antagónicamente. El huso aumentando la estimulación excitatoria y el Golgi disminuyendo la inhibición. Siendo así que el control de la función muscular exige, no solo la excitación del músculo, por las neuronas motoras, sino también exige una retroalimentación continua de información desde el músculo hacia el sistema nervioso, sobre su estado a cada instante. Desde el punto de vista neuroanatómico funcional, debe precisarse que la información propioceptiva proveniente de la periferia tiene sus primeras sinapsis en el asta dorsal de la médula espinal y de allí los impulsos pasan directamente o por medio de las interneuronas a las neuronas alfa y gamma, las cuales controlan. La médula espinal es un importante centro de integración de un grupo de reflejos motores, La información aferente, también es procesada y modulada en otros centros de control en el SNC como son el cerebelo, el tálamo y la corteza cerebral.<sup>2, 20,21</sup>



## Propiocepción y deporte

La actividad deportiva requiere del practicante la adquisición de habilidades motrices, para llegar al dominio de la técnica específica. Una habilidad motriz consiste en un conjunto de movimientos sencillos y naturales combinados de un modo nuevo o poco habitual para conseguir un objetivo prefijado. El movimiento especializado requiere tanto movilidad como estabilidad de las partes del cuerpo.<sup>22</sup> El objetivo último del aprendizaje motor, y más aún en deportistas, es el automatismo, la puesta en práctica de una habilidad con un mínimo de implicación consciente. Con este fin, la retroalimentación propioceptiva de cada movimiento o posición se convierte en la señal de entrada (estímulo condicionado) del siguiente, y el movimiento sigue adelante con un mínimo de dirección consciente. El *córtex* se “descarga” y controla la situación, preparado para imponer alguna modificación si se presenta la necesidad, y ajeno a la dirección del movimiento individual a menos que se requiera una corrección, y sin la necesidad de ocuparse de detalles de organización, es libre para ocuparse de la estrategia.<sup>23</sup>

Cada movimiento consiste en una combinación coordinada de diversos movimientos articulares, y cada movimiento articular consiste en una combinación coordinada de las acciones musculares: contracción de los músculos “desplazadores” o “motores” primarios, relajación de los antagonistas y apoyo de la contracción de sinergistas y fijadores. Estas combinaciones están mediadas por la información aferente extero y propioceptiva recibida, procesada en el SNC, y convertidas en señales apropiadas que finalmente convergen en los fondos comunes de motoneuronas, provocando la actividad apropiada de cada músculo.<sup>24</sup> Los análisis anatómicos funcionales muestran que incluso, en las secuencias motrices más sencillas, participan siempre combinaciones de grupos musculares, integrándose en las denominadas cadenas musculares<sup>1</sup>. Estas son agrupaciones musculares que realizan el trabajo principal en un determinado movimiento, armonizando mutuamente sus acciones, bajo la dirección del sistema nervioso a partir de mecanismos automáticos, entre los cuales los reflejos propioceptivos ocupan un lugar destacado. Cuando el movimiento o la posición estimulan los propioceptores,

los impulsos atraviesan las cadenas neuronales para actuar sobre los músculos de diversas formas interrelacionadas. Esta es la base morfo-funcional en el sistema nervioso, para el trabajo de las cadenas musculares.

Valoraciones de la propiocepción en los deportistas se han realizado en diversos países, generalmente relacionadas con entrenamientos para mejorar la coordinación y el equilibrio. Otras se relacionan con la profilaxis y rehabilitación de lesiones. Así se conoce que en Noruega, un estudio prospectivo de intervención determinó que la participación en un entrenamiento neuromuscular produjo mejora del equilibrio dinámico en un equipo de élite de jugadoras de balonmano. Se trabajó un mínimo de 3 veces a la semana durante un período de preparación de 5 a 7 semanas, y luego una vez a la semana durante la temporada. La duración de cada sesión de entrenamiento fue de aproximadamente 15 minutos.<sup>25</sup> También en Canadá encontraron mejoras clínicas importantes en el equilibrio estático y dinámico, así como reducción del reporte de lesiones deportivas a lo largo de más de 6 meses entre los estudiante de secundaria que participaron en un programa regular de Educación Física, que utiliza un sencillo plan de 6 semanas de ejercicios propioceptivos y de equilibrio realizados en el hogar.<sup>26</sup>

En otra investigación se demostró que la aplicación de un programa de entrenamiento neuromuscular puede tener un beneficio directo en la disminución del número de lesiones del ligamento cruzado anterior en jugadoras de fútbol femenino luego de un seguimiento de 2 años.<sup>27</sup> Una investigación brasileña halló que el número de lesiones en basquetbolistas puede ser disminuido a través de un trabajo que incluya técnicas de propiocepción dentro de la dinámica del juego, entre otras pautas a entrenar. La justificación a esto es la recuperación del equilibrio y la estabilidad proporcionada por dicho entrenamiento en la ejecución de gestos deportivos.<sup>28</sup>

En España se observó que un entrenamiento propioceptivo efectuado por jugadores de voleibol de una duración de 15 minutos, de 4 días/semana y durante 12 semanas disminuye la presencia y la intensidad del dolor de rodilla en el caso de las chicas, tiende a la mejora de los chicos; disminuye la presencia y la intensidad del dolor de tobillo en ambos sexos; y en el caso de la incidencia de lesiones deportivas existe una clara tendencia a la disminución de lesiones de tobillo.<sup>29</sup> En Cuba desde la década de 1970, Hernández Corvo<sup>30</sup>

presentó resultados de investigaciones con su metodología denominada *Stabsys*, en las que utilizó plataformas de fuerzas, diseñadas con el fin de estudiar la función de apoyo a partir de la distribución de las presiones que ejerce el peso corporal en la estadía bípeda, así como la modificación de las condiciones de equilibrio humano y las oscilaciones del sistema somático por la incidencia de la gravitación, haciendo referencia a la estabilidad, la coordinación y control del equilibrio por el sistema neuromuscular y el valor singular de la aferencia propioceptiva general y especial (vestibular) junto a la visión, para el logro de la conducta espacial y la estructura armónica del movimiento. Fueron estudios realizados tanto en atletas elite cubanos de distintos deportes como en otros grupos poblacionales, incluyendo los desarrollados antes, durante y después del vuelo cósmico con participación de un cosmonauta cubano.

### **Entrenamiento propioceptivo**

La mayor parte de la bibliografía publicada a nivel mundial destaca el valor del entrenamiento propioceptivo tanto para la prevención como para la rehabilitación de lesiones deportivas. Asimismo, a través del entrenamiento propioceptivo el atleta aprende a sacar ventajas de los mecanismos reflejos, mejorando los estímulos facilitadores que aumentan el rendimiento y disminuyendo las inhibiciones que lo reducen. El conocimiento de que una disminución de la propiocepción puede predisponer a una lesión articular ha llevado a los investigadores a considerar la agudeza propioceptiva antes de una temporada atlética, y después variar las intensidades y modos de ejercicios.<sup>31</sup> Así, reflejos como el de estiramiento, que pueden aparecer ante una situación inesperada (por ejemplo, perder el equilibrio), se pueden manifestar de forma correcta (ayudan a recuperar la postura) o incorrecta (provocar un desequilibrio mayor); con el entrenamiento propioceptivo, los reflejos básicos incorrectos tienden a eliminarse para optimizar la respuesta.<sup>32</sup> Las técnicas de entrenamiento deben ser diseñadas para desarrollar respuestas compensatorias neuromusculares individualizadas para cargas potencialmente desestabilizadoras que se pueden dar durante las

diversas actividades deportivas y de la vida diaria. La aplicación de estas cargas debe ser de una manera controlada.<sup>8</sup>

Técnicas de balance y entrenamiento de agilidad, tales como carreras de lanzamiento, aceleración y desaceleración repentina, desplazamientos laterales y tablas de balance, pueden proveer al individuo mejoramiento en el control neuromuscular. Otras opciones de entrenamiento para mejorar el control neuromuscular de las extremidades inferiores, involucra superficies de soporte inestable, tales como la tabla rodante o tabla inestable. Estas técnicas pueden ser modificadas, para que el individuo pueda experimentar las perturbaciones durante las actividades propias de su deporte. Estas actividades, generalmente progresan desde velocidades lentas a rápidas, desde baja a alta fuerza y desde actividades controladas hasta actividades no controladas.<sup>25</sup>

Se pueden implementar ejercicios que faciliten las respuestas preparatorias y reactivas de los músculos. Estos ejercicios incluyen estabilización rítmica, durante los cuales el individuo es animado a mantener la posición articular mientras que el entrenador o terapeuta aplica grados y direcciones variables de perturbación articular. También son necesarios los ejercicios en los cuales se soporta pesos. Los patrones de movimiento funcional pueden ser entrenados a través de acciones que simulan la actividad deportiva. El entrenamiento funcional debe semejar las demandas puestas sobre la articulación durante las actividades deportivas, haciendo la transición a la práctica deportiva completa menos estresante para el individuo.<sup>32</sup>

El sistema propioceptivo puede entrenarse a través de ejercicios específicos para responder con mayor eficacia de forma que ayuda a mejorar la fuerza, coordinación, equilibrio, tiempo de reacción ante situaciones determinadas y a compensar la pérdida de sensaciones ocasionada tras una lesión articular para evitar el riesgo de que ésta se vuelva a producir. Es sabido también que el entrenamiento propioceptivo tiene una transferencia positiva frente a acciones nuevas similares a los ejercicios ya practicado. Durante el entrenamiento de la flexibilidad, el reflejo de estiramiento desencadenado por los husos musculares ante un estiramiento excesivo provoca una contracción muscular como mecanismo de protección (reflejo miotático). Sin embargo, ante una situación en la que se realiza un estiramiento excesivo de forma prolongada, si se ha ido lentamente a esta posición y ahí se mantiene el estiramiento unos segundos,

se anulan las respuestas reflejas del reflejo miotático activándose las respuestas reflejas del órgano de Golgi (relajación muscular), que permiten mejoras en la flexibilidad, ya que al conseguir una mayor relajación muscular puede incrementarse la amplitud de movimiento en el estiramiento con mayor facilidad.<sup>33</sup> Para activar aún más la respuesta refleja del órgano de Golgi, existen determinadas técnicas de estiramientos basadas en los mecanismos de propiocepción, de forma que en la ejecución del estiramiento, se asocian periodos breves en los que se ejercen contracciones de la musculatura agonista que se desea estirar, alternados con periodos de relajación. Los periodos de tensión, activarán los receptores de Golgi aumentando la relajación subsiguiente y permitiendo un mejor estiramiento. Ejemplo serían los estiramientos "*postisométricos*" o en "*tensión activa*".

El entrenamiento de la coordinación hace referencia a la capacidad para resolver situaciones inesperadas y variables; requiere del desarrollo de varios factores que, indudablemente, pueden mejorarse con el entrenamiento propioceptivo, ya que dependen en gran medida de la información somato-sensorial (propioceptiva) que recoge el cuerpo ante estas situaciones inesperadas, además de la información acopiada por los sistemas visual y vestibular.<sup>24</sup>

Renström, en su libro "Prácticas clínicas sobre Asistencia y Prevención de Lesiones Deportivas" recomienda la utilización de platos inestables (también conocidas como "tablas de propiocepción") como método preventivo de lesiones, como por ejemplo, a causa de inestabilidad funcional residual luego de esguinces de tobillo en futbolistas. Afirma que este entrenamiento con platos inestables mejora el control de las posturas corporales y la debilidad de los músculos pronadores, así como las sensaciones subjetivas de inestabilidad.<sup>34</sup>

Entre los factores propios de la coordinación que pueden mejorarse con el entrenamiento propioceptivo están: la regulación de los parámetros espacio-temporales del movimiento; la capacidad de mantener el equilibrio y el sentido del ritmo; la capacidad de orientarse en el espacio y la capacidad de relajar los músculos.<sup>23</sup>

Existe infinidad de modos y ejercicios para entrenar la propiocepción; queda al criterio del entrenador y el terapeuta escoger el que sea más adecuado a las características del deportista, y del deporte en cuestión, así como también

determinar el tiempo durante el cual trabajar esta cualidad, pues otorga muchos beneficios a nivel físico cuando son correctamente entrenada. Lo que no se puede obviar el desarrollo y entrenamiento de esta tan importante capacidad que guiará hacia mejores rendimientos y a menores riesgos de lesión.<sup>28,35</sup>

### **Evaluación de la propiocepción**

La propiocepción ha sido objeto de evaluación en numerosos estudios, tanto en diversas articulaciones aisladas como en lesiones o enfermedades osteomioarticulares y neurológicas; en determinados grupos poblacionales, por ejemplo adultos mayores, estudiantes, y, desde luego, en el deporte. Algunos de estos estudios se describen cronológicamente en la investigación realizada por Alvis y colaboradores<sup>36</sup> mencionando algunas pruebas, como el Test clínico de la interacción sensorial y balance (CTSIB: *Clinical test of sensory interaction and balance* de Cohen); test de destreza manual y discriminación cinestésica de Elfant; Sillón con estribos neumáticos para los pies de Clark y cols.; Silla ajustable con plataforma para los pies, privando al individuo de información visual de Berenberg; test de balance sobre una superficie móvil de Atwater. Para evaluar la función vestibular, el control postural y la estabilidad se aplicó el "sinusoidal vertical axis rotation testing" de Mc Gill Body, y la posturografía. Otro método evaluativo de la propiocepción cinestésica el Test ROM (Rango de Movimiento Pasivo de Perla y cols.), así como el empleo de dinamómetros y electrogoniómetros. Otros investigadores que han tomado como base el balance postural para evaluar la propiocepción, son Leanderson y col. en su estudio titulado "Propiocepción en bailarines de Ballet Clásico", en el que evalúan el balance postural por medio del uso del estabilómetro y un estatómetro (citado por Alvis y colaboradores<sup>36</sup>). En publicaciones sobre temas de Estabilometría, Hernández Corvo,<sup>30</sup> profundiza en cuestiones del equilibrio corporal y su relación con la compleja regulación neuro-motriz a partir de la información visual, vestibular y propioceptiva general, aborda las características, ventajas y limitaciones de otros métodos y dispositivos para el estudio y evaluación de la función de apoyo y la marcha humana basados en sofisticados equipos y programas computacionales que registran las cargas de presiones incidentes en multitud de sensores de contacto, como son las plantillas sensoras Parotec/Paromed y las plataformas multisensoras para

análisis posturales estáticos y dinámicos durante la marcha sobre plataformas, aportando abundantes resultados y recomendaciones para compensar las modificaciones morfofuncionales debidas a enfermedades, traumas o por efecto adaptativo ante la práctica intensiva de los deportes. Gutiérrez Dávila, en su Biomecánica Deportiva<sup>17</sup> destaca la utilidad de las plataformas de fuerza para registrar los desplazamientos del “centro de presión” considerado como el origen de todas las fuerzas verticales transmitidas a través de la base de sustentación del sistema. Sus planteamientos coinciden con los de Hernández Corvo,<sup>30</sup> en relación a las oscilaciones del centro de gravedad, que se incrementan al bloquear la visión o al disminuir el área sustentante, como resultado de la retroalimentación neuromuscular. El estudio de estos procesos tiene importancia por su efecto sobre la precisión en modalidades como el tiro deportivo, la arquería, el golpe del golf, en los tiros libres del baloncesto, entre otros, que requieran de dominio del equilibrio y coordinación, ya que uno de los criterios o indicadores biomecánicos de eficacia de la técnica en esos deportes o sus fases del movimiento, es la calidad del control postural y de las oscilaciones del centro de presión. Estos autores consideran que la plataforma de fuerzas es quizás, el instrumento más adecuado para el aprendizaje y el control en esos deportes, ya que es el dispositivo por excelencia para realizar estudios de Estabilometría.

Hasta el momento, en Cuba solo existe un estudio intencional, documentado sobre evaluación propioceptiva de deportistas,<sup>22</sup> que se realizó a tiradores de pistola neumática con la Plataforma COBS<sup>®</sup> (coordination, balance y strength por sus siglas en inglés; en español: coordinación, equilibrio y fuerza). Este equipo le permite al médico deportólogo o al fisiatra evaluar la sobrecarga que ejerce el cuerpo durante la actividad. Además, ayuda al entrenamiento deportivo favoreciendo además la profilaxis eficaz de afecciones. Contribuye a la terapia y entrenamiento de las funciones locomotoras en la rehabilitación y en el deporte. La Plataforma COBS<sup>®</sup> es una herramienta que ofrece diversas opciones para realizar mediciones, entrenamientos atractivos y para poder supervisar la evolución. Dicha plataforma tiene la capacidad de detectar los movimientos del cuerpo y el reflejo miotático. Evalúa además, la fuerza del cuerpo, potencia de salto y coordinación; posee dispositivos de respuesta informativa y entrenamiento innovador diseñado para el entrenamiento de la

coordinación, el equilibrio y la fuerza por retroalimentación.<sup>37</sup> Permite adoptar diferentes posiciones, para medir diversas funciones de movimiento, por ejemplo estar de pie o sentado, subir escaleras o saltar. De este modo, se pueden medir la situación funcional y las alteraciones de las extremidades inferiores y del cuerpo completo, así como registrar los valores medidos para posteriores verificaciones.

La Plataforma COBS<sup>®</sup> puede estar disponible en el laboratorio de Biomecánica o en el departamento de Fisiatría, sin embargo, el software también permite su uso sin las barandillas de apoyo, así como su traslado y acoplamiento a una PC portátil (Laptop) en otros escenarios, como suelen ser las condiciones de una cancha o terreno deportivo. El protocolo inicial del paciente es la base preliminar para llevar a cabo entrenamientos posteriores. Los pacientes con un equilibrio dañado distribuirán su peso de forma no uniforme y esta información se mostrará en el monitor. La coordinación y la inestabilidad de las articulaciones, por ejemplo, en traumatología, se miden con ejercicios como cambiar el soporte del peso de izquierda a derecha o desde los dedos de los pies a los talones. El paciente puede observar y controlar los valores obtenidos en la medición en el monitor. La respuesta informativa directa que recibe constituye un modo de motivar al paciente para que su terapia tenga éxito además de ayudarlo a aumentar su confianza en sí mismo en la vida diaria. Las opciones versátiles del software permiten utilizar programas personalizados para entrenar el equilibrio, la coordinación, la fuerza, la reacción y la anticipación. Todos los parámetros que se utilizan durante las fases de medición y de entrenamiento se pueden guardar y recuperar posteriormente para realizar comparaciones. De este modo, se consigue una supervisión efectiva y objetiva de la evolución clínica del paciente o de la evolución del entrenamiento del deportista. Dadas las características básicas que posee este novedoso equipamiento y su versatilidad, se estima que es posible también realizar análisis a los deportistas, partiendo de las posiciones estandarizadas en el programa de explotación de la plataforma y, lo que se considera más novedoso y significativo para el control médico-biomecánico: incorporar mediciones del gesto deportivo con la Plataforma COBS<sup>®</sup>, de tal modo que la información registrada permita intervenir para mejorar la coordinación de los movimientos, el equilibrio corporal y la distribución de las fuerzas, es decir,



parámetros propioceptivos e indicadores biomecánicos, durante la ejecución del movimiento técnico específico. tal como se logró en el estudio realizado con tiradores de pistola libre,<sup>22</sup> utilizando la plataforma COBS<sup>®</sup> para el diagnóstico de indicadores de la actividad propioceptiva y de control neuromotor (acciones realizadas por cada miembro, capacidad de carga, coordinación, fluctuaciones, índice de fuerza e índice de simetría) que influyen en el rendimiento de los tiradores evaluados, como parte de su control biomédico, de manera que conociendo la posición en que los atletas alcanzan su máxima efectividad en el tiro, a partir de indicadores propioceptivos, fue posible corregir posturas que afectan negativamente los resultados y proponer medidas para mejorar los indicadores de los atletas evaluados que presentan deficiencia en estas cualidades.

### **Consideraciones finales**

A partir de la actualizada revisión presentada, se logra precisar los conceptos de “propiocepción”, “control neuromuscular”, “equilibrio” y “cinestesia”. Se hace énfasis en la importancia de la propiocepción para el movimiento y los resultados deportivos, por lo que se sugieren diversas variantes de entrenamiento y evaluación de la actividad propioceptiva para perfeccionar las capacidades motrices, en particular las cualidades coordinativas. Una novedosa experiencia en ese sentido, es la utilización de la Plataforma COBS<sup>®</sup> y las posibilidades de su inserción entre los métodos de control biomédico del deportista.

### **Referencias bibliográficas**

1. León Pérez S. Temas de Morfología Funcional y Biomecánica Deportiva. La Habana. Ed. Deportes. (En prensa)
2. González Revuelta ME. Fisiología del Ejercicio: Respuestas y Adaptaciones provocadas por el ejercicio físico y el entrenamiento. La Habana. Ed. Deportes. (En prensa)
3. Tironi Cruz J. Evaluación funcional propioceptiva de miembros inferiores en deportistas. Rosario, Santa Fe, República Argentina, Febrero 2009.

4. Ávalo Ardila C. y Barrió Villegas J. Evidencia del trabajo propioceptivo utilizado en la prevención de lesiones deportivas. (Tesis) Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. 2007. Disponible desde: URL: <http://viref.udea.edu.co/contenido/pdf>. Consultado 2-8-2013.
5. Alvis K. y cols. Propuesta de un instrumento de evaluación de la propiocepción en adultos. 2002; 48(8): 1-5. Educación Física y Deportes (Revista en línea) Disponible desde: URL: <http://www.efdeportes.com/efd48/propioc.htm>. Consultado 15-7-2013
6. Romero-Franco N. Martínez Lopez, E. Lomas-Vega R., Hita-Contreras F. Martínez-Amat A. Effects of proprioceptive training program on core stability and center of gravity control in sprinters. Journal of Strength and Conditioning Research, 2012, 26(8), 2071-2077.
7. Ganong W. Fisiología Médica 19ªEd. México. El manual Moderno. 2004.
8. Bernhardt D. Fisioterapia del Deporte. Barcelona Ed. Jims. 1990.
9. Feverbach J.W. Efecto de una ortosis de tobillo y de la anestesia del ligamento de tobillo sobre la propiocepción de la articulación del tobillo. The American Journal of Sport Medicine. 2004Vol. 22, nº 2.
10. Benjaminse A. Reliability and Precision of Hip Proprioception Methods in Healthy Individuals (Tesis) Universidad de Pittsburgh. EEUU. 2008. Disponible desde: <http://www.etd.library.pitt.edu/ETD/available>. Consultado 7-8-2013.
11. Guillén del Castillo M. Linares Girela D. Bases biológicas y fisiológicas del movimiento humano. Madrid.Ed. Médica Panamericana. 2002.
12. Saavedra M.P. et al. Relación entre fuerza muscular y propiocepción de rodilla en sujetos asintomáticos. Revista Mexicana de Medicina Física y Rehabilitación. 2003; 15(1): 17-23. Disponible: <http://www.medigraphic.com/español> Consultado 28-9-2013.
13. Buz Swanik C. et al. Proprioception, Kinesthesia, and Balance after Total Knee Arthroplasty with Cruciate-Retaining and Posterior Stabilized Prostheses. Am Journal of Bone and Joint Surgery. 2004; 86: 328-334. Disponible: <http://www.ejbs.org/cgi/content/abstract/86/2328> Consultado 28-9-2013
14. Grupo de estudio 757. El papel de los analizadores en la información aferente y eferente como elementos esenciales de la coordinación de la

- motricidad humana. En Kinesiología Deportiva. Tomo II (Material de cátedra) UAI. Rosario. 2008.
15. Bordoli P. Manual para análisis de los movimientos Tomo II. Buenos Aires. Centro Editor Argentino. 1996.
  16. Navarro G. Trabajo de propiocepción de hombro. Una orientación práctica. Apunts. Medicina de l'esport. 2003; 38(142):17-26 Disponible <http://www.apunts.org/apunts>. Consultado 20-6-2013.
  17. Gutiérrez Dávila, M. Biomecánica Deportiva. Bases para el análisis. Madrid. Síntesis. 1999.
  18. Mera F. Consolidación de las bases conceptuales existentes acerca de la propiocepción y la relación que existe entre las alteraciones osteomusculares. (Tesis de grado). Popayán. Servicio de Publicaciones, Universidad del Cauca. 2006.
  19. Grupo de trabajo de la FC Barcelona. La propiocepción, una valiosa técnica de recuperación. Sport sciences. 2006.
  20. Wilmore J. Costill D. Fisiología del esfuerzo y del deporte. 6ª Edición. Barcelona. Paidotribo. 2007.
  21. López Chicharro J. Fernández Vaquero A. Fisiología del ejercicio 2ª Edición. Madrid Ed. Médica Panamericana. 2001.
  22. Díaz Santos Z. Estudio propioceptivo en tiradores elite con plataforma COBS® en relación con la efectividad del disparo. Tesis de Especialista en Medicina del Deporte. La Habana. Instituto de Medicina del Deporte. 2014
  23. Tarantino Ruiz F. Propiocepción: Introducción Teórica. E-Fisioterapia.net (Revista en línea) 2004; 16(4):1-5. Disponible: <http://www.efisioterapia.net/articulos> Consultado 2-8-2013
  24. Snell S. Neuroanatomía clínica. 4ª Ed. Bogotá. Médica Panamericana. 2001.
  25. Panics G. Tallay A. Pavlik A. Berkes I. The effect of propioception training on knee joint position sense in female team handball players. Br J Sports Med. 2008. Apr 7.
  26. Emery C. et al. Effectiveness of a home-based balance-training program in reducing sports-related injuries among healthy adolescents: a cluster

- randomized controlled trial. Canadian Medical Association Journal 2005; 172(6):220-229.
27. Ramírez S.Sales L. Evaluaciones kinésicas funcionales de miembros inferiores en futbolistas. Tesis de Grado.Rosario. Universidad Abierta Interamericana. 2007.
  28. Kinesiología Deportiva. Entrenar los músculos para fortalecerlos. (Apuntes de cátedra) Tomo II. 2008.
  29. Fort Vanmeerhaegh A. et al. Efectos de un entrenamiento propioceptivo sobre la extremidad inferior en jóvenes deportistas jugadores de voleibol. Apunts. Medicina de l'esport. 2008; 147(43):5-13.
  30. Hernández Corvo R. Temas de Estabilografía. Comunidad de Madrid. Dirección General de Deportes. 2007.
  31. Riemann B. Myers J. Lephart S. Sensorimotor System Measurement Techniques. Journal of Athletic Training. 2002; 37(1):85-98.
  32. Mirella R. Las nuevas metodologías del entrenamiento de la fuerza, la resistencia, la velocidad y la flexibilidad. Barcelona. Paidotribo. 2001.
  33. Génot C. et al. Kinesioterapia. Evaluaciones. Técnicas activas y pasivas del Aparato Locomotor. Buenos Aires. Médica Panamericana. 2000.
  34. Renström P. Prácticas clínicas sobre asistencia y prevención de lesiones deportivas.Barcelona. Paidotribo. 2001.
  35. De Rose G. Ferreira F. De Rosa D. Lesoes esportivas: um estudo com atletas do basquetebol brasileiro. Educación Física y Deportes 2006; 94(10):1. <http://www.efdeportes.com>. Consultado 2-8-2013.
  36. Alvis G. Cruz L. Pacheco C. Proprioception. Evaluation. Tests. Validity. Adult. Physiotherapy. Universidad Nacional de Colombia. Disponible desde: <http://www.efdeportes.com/> Buenos Aires - Año 8 - N° 48 - Mayo de 2002. Consultado 7-8-2013.
  37. Physiomed. PlataformaCOBS®.Manualdeusuario. <http://www.physiomed.de/index.php>. Consultado 7-8-2013.

Recibido: 26 de octubre de 2014

Aprobado: 4 de enero de 2015